

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO MANFROI GUIMARÃES

ROGGER MANOEL DE FARIA

**MODELO DE INFORMAÇÃO PARA GERENCIAMENTO DE MUDANÇAS DE
ENGENHARIA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA**

CURITIBA

2022

EDUARDO MANFROI GUIMARÃES
ROGGER MANOEL DE FARIA

**MODELO DE INFORMAÇÃO PARA GERENCIAMENTO DE MUDANÇAS DE
ENGENHARIA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA**

**Information model for engineering modification management in the automotive
industry**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do departamento Acadêmico de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador (a): Prof. Dr. Walter Luís Mikos.

CURITIBA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

EDUARDO MANFROI GUIMARÃES
ROGGER MANOEL DE FARIA

**MODELO DE INFORMAÇÃO PARA GERENCIAMENTO DE MUDANÇAS DE
ENGENHARIA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do departamento Acadêmico de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 20 de Junho de 2022

Walter Luís Mikos
Professor Doutor
DAMEC – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Tiago Rodrigues Weller
Professor Doutor
DAMEC – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Cleina Yayoe Okoshi
Professor Doutora
DAMEC – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CURITIBA
2022

RESUMO

A indústria, de forma geral, passa por uma série de transformações com o passar do tempo. Na indústria automobilística, mudanças são valiosas tanto no aspecto de redução dos custos quanto na qualidade dos produtos e processos envolvidos. O maior objetivo da indústria automotiva, atualmente, é reduzir os custos e ao mesmo tempo promover uma otimização dos processos, mantendo, assim, a qualidade de seus produtos. Durante as etapas do projeto e/ou vida série (período em que um produto é manufaturado de forma seriada), demandas de modificações de engenharia são inerentes de acontecer, sejam elas internas ou derivadas do cliente. A gestão dessas mudanças, quando malfeitas, podem acarretar em custos e problemas dos mais variados tipos. Dessa maneira o trabalho proposto visa analisar o impacto das mudanças de engenharia na indústria automobilística, criando um modelo de informação que sirva como guia para o controle de gerenciamento das alterações de engenharia. Como metodologia de pesquisa, a *Design Science Research* auxilia para a realização de um sequenciamento ordenado, através de suas etapas constituintes. Para a etapa de solução do problema é feita a escolha de um artefato do tipo modelo IDEF0. Alguns modelos IDEF0 foram criados para o gerenciamento de alterações de engenharia, esse foram validados contrapondo os objetivos iniciais, e fazendo uma ponderação com os resultados obtidos na matriz SWOT, executada pelos potenciais usuários que a avaliaram pós apresentação do guia, que apontaram melhorias, porém com resultado final satisfatório.

Palavras-chave: gestão de mudanças; mudanças de engenharia; automotiva.

ABSTRACT

The industry, in general, undergoes a series of transformations over time. In the automotive sector, changes are valuable not only in terms of cost reduction but also in the quality of the products and processes involved. Nowadays, the main objective of the automotive industry is reducing costs and at the same time, promoting processes optimization, thus maintaining the quality of its products. During the stages of a project and/or the serial life of a product, (period in which a product is serially manufactured) demands for engineering changes are inherent to happen, whether internal or derived from the customer. The management of these changes, when poorly done, can cause costs and problems of all kinds. The proposed work aims to analyze the impact of engineering changes in the automotive industry, creating an information model that serves as a guide for the management control of engineering changes. The research methodology was based on Design Science Research that helps to carry out an orderly sequencing, through its constituent stages. Some IDEF0 models were created for the management of engineering changes, they were validated against the initial objectives, and making a weight with the results obtained in the SWOT matrix, performed by potential users who evaluated it after the presentation of the guide, which pointed out improvements, however with a satisfactory end result.

Keywords: change management; engineering change; automotive

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Representação de um sistema de gestão de qualidade	18
FIGURA 2 – Estrutura da cadeia automotiva	20
FIGURA 3 – Fases do planejamento avançado da qualidade do produto (APQP)	21
FIGURA 4 - O número de ECRS em função do tempo para um produto em uso.....	25
FIGURA 5 - Sistema de funcionamento do IDEF0	29
FIGURA 6 – Estrutura metodológica da abordagem DSR.....	31
FIGURA 7 – Atividades de gerenciamento de alteração de engenharia	37
FIGURA 8 – Diagrama IDEF0 de gerenciamento de mudanças de engenharia	40
FIGURA 9 – Modelo de atividade gerenciamento de mudanças de engenharia.....	42
FIGURA 10 – Decomposição modelo de revisão de uma alteração de engenharia.	44
FIGURA 11 – Modelo de executar uma ECO.	45
FIGURA 12 – Modelo de decomposição funcional da implementação da ECO	47
FIGURA 13 – Modelo de avaliação pós implementação.....	48
FIGURA 14 – Matriz swot resultante após apresentação do IDEF0	50
QUADRO 1 – Métodos para avaliação de artefatos.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIAG	Automotive Industry Action Group
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
APQP	Advance Product Quality Planning
AVSQ	Associazione nazionale dei Valutatori di Sistemi Qualità
BOM	Bill of Material
DSR	Design Science Research
EAQF	Evaluation Aptitude Qualité Fournisseur
EC	Engineering Change
ECM	Engineering Change Management
ECO	Engineering Change Order
ECR	Engineering Change Request
FCA	Fiat Chrysler Automobiles
FIPE	Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
IATF	International Automotive Task Force
IDEF	Integrated Definition Language
ISO	International Organization for Standardization
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
OEM	Original Equipment Manufacturer
PMEs	Pequenas e Médias Empresas
PPAP	Processo de Aprovação de Peças de Produção
PSA	Peugeot S.A.
PSW	Part Submission Warrant
QRQC	Quick Response Quality Control
RFQ	Request for Quotation
SWOT	Strengths Weaknesses Oportunities Threats
SGQ	Sistema de Gestão de Qualidade
TQM	Total Quality Management
TS	Technical Specification
VDA	Verband der Automobilindustrie

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	A indústria automotiva no Brasil	10
1.2	Papel da gestão de qualidade na indústria automotiva	11
1.3	Certificações na gestão de qualidade da indústria automotiva	11
1.4	O controle de mudanças de engenharia no âmbito das certificações na gestão da qualidade na indústria automotiva	12
1.5	Formulação do problema de pesquisa	12
1.6	Objetivos gerais	13
1.6.1	Objetivos específicos	13
1.7	Justificativa	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Sistema de gestão de qualidade automotiva	15
2.2	ISO 9001:2015	17
2.3	IATF 16949:2016	18
2.4	Cadeia de suprimentos automotiva	19
2.5	APQP <i>Advance Product Quality Planning</i>	20
2.6	PPAP Processo de Aprovação de Peças de Produção	22
2.7	QRQC <i>Quick Response Quality Control</i>	23
2.8	Mudanças de Engenharia	24
2.8.1	Definições de Mudanças de Engenharia	24
2.8.2	ECR (<i>Engineering Change Request</i>)	24
2.8.3	Implicações das Alterações de Engenharia	27
2.9	IDEF <i>Integrated Definition Language</i>	28
2.10	DSR <i>Design Science Research</i>	29
2.11	Matriz SWOT (<i>Strengths Weaknesses Oportunities Threats</i>)	32
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	34
3.1	Procedimento metodológico	34
3.1.1	Identificação do problema e motivação	34
3.1.2	Definição dos objetivos da solução	34
3.1.3	Projeto e desenvolvimento da Solução	34
3.1.4	Demonstração da Solução	35
3.1.5	Avaliação da solução	35
4	ANALISES E RESULTADOS	36

4.1	Identificação do Problema e Motivação	36
4.2	Definição dos Objetivos de Solução.....	36
4.3	Projeto da Solução	36
4.3.1	O Processo de Alteração de Engenharia	37
4.3.2	Modelagem.....	39
4.4	Demonstração da Solução	49
4.5	Avaliação da Solução.....	50
4.5.1	Validação.....	50
4.5.1.1	Forças	51
4.5.1.2	Fraquezas	52
4.5.1.3	Oportunidades.....	52
4.5.1.4	Ameaças	52
5	CONCLUSÃO	53
5.1	Trabalhos Futuros	53
	REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

A sociedade está em constante transformação, devido às mudanças e demandas que ocorrem no decorrer do tempo. No contexto industrial, as revoluções ocorridas trouxeram mais do que novas tecnologias e maior produtividade, mas também influenciaram na filosofia econômica e padrão de consumo, criando uma nova realidade na indústria de forma geral (BRUNO, 2019).

Desde o início da industrialização, muitas mudanças ocorreram no processo de fabricação, gerenciamento de produção, design e inovação. Pode-se dizer que a indústria de automóveis é um clássico exemplo que passa por inúmeras modificações durante toda sua linha do tempo, até os dias atuais.

1.1 A indústria automotiva no Brasil

De forma geral, a indústria automotiva tem uma grande importância para a economia brasileira. Nas citações que justificam tal afirmação, podem ser mencionadas a alta empregabilidade que o setor proporciona, consideráveis ligações produtivas e a colocação de recursos para pesquisas de inovação (DAUDT; WILLCOX, 2018).

No ano de 2020, o percentual que o segmento representou no PIB industrial nacional foi de 22%, e 5% no PIB geral (DIEESE, 2021). Esse considerável percentual no PIB do país, não se limita apenas às montadoras de automóveis e sim a toda uma extensa cadeia derivada delas, como os fornecedores, empresas de peças de reposição e as concessionárias.

O Brasil concentra a maioria dos grandes fabricantes mundiais, ocupando a lista dos dez maiores mercados para vendas de automóveis e capacidade produtiva (ANFAVEA, 2021). No ano de 2020, as marcas com maior número de vendas no planeta foram respectivamente: Toyota, Volkswagen, Aliança Renault - Nissan -, Mitsubishi e o Grupo Stellantis, que foi criado da união da PSA (*Peugeot S.A.*) com a FCA (*Fiat Chrysler Automobiles*). No Brasil, o cenário muda um pouco com Chevrolet, Volkswagen, Stellantis e Hyundai, formando o grupo das quatro marcas mais vendidas (KARVI, 2021).

1.2 Papel da gestão de qualidade na indústria automotiva

Baseado no entendimento da relevância econômica da indústria automotiva no mundo e no Brasil, é preciso analisar o aspecto da gestão da qualidade. Com uma cadeia produtiva tão extensa, as montadoras buscam aprimorar seus produtos obtendo o melhor custo-benefício, o que gera uma demanda da boa condução dos processos em todas as fases de desenvolvimento e vida série (período em que um produto sai da etapa de projeto até o fim de sua vida útil) de um produto.

Na cadeia produtiva em sequência das montadoras de veículos, encontram-se as sistemistas - usualmente chamadas de “*tier*” 1 (camada de fornecedores) -, elas são as responsáveis pela produção e fornecimento de subconjuntos, módulos e sistemas. Essas empresas estão em postos com características peculiares, já que tem uma função tática dentro da cadeia. Bosch, Magna, Denso, Faurecia e ZF têm papel de destaque como sistêmicas (VAZ; BARROS; CASTRO, 2015).

Atualmente, já é constatado mundo afora que a indústria brasileira fabrica produtos de mesmo nível qualitativo ou até superiores aos análogos importados (FERNANDES, 2011).

O que o setor busca é ter benefício em igualdade na abertura do seu valoroso leque, em especial no que tange à qualidade, em geral, de sua extensa cadeia de fornecedores, assegurando um produto final em conformidade com as premissas de projeto (BORTOLUCCI; CARLETTO, 2017).

1.3 Certificações na gestão de qualidade da indústria automotiva

Cabe salientar que os grupos que compõe os níveis da cadeia de fornecimento da indústria automobilística precisam passar por auditoria e, conseqüentemente, serem certificados com a IATF (*International Automotive Task Force*), a norma que rege o sistema de gestão de qualidade.

Essa norma é fundamental para toda a indústria automobilística e traz inúmeros benefícios, tais como a melhoria da relação com os clientes, a gestão concisa das regras de qualidade e a melhoria dos resultados financeiros das empresas do ramo.

Assim como na ISO 9001:2015, a IATF traz como um aspecto importante a análise baseada em riscos com o objetivo de satisfazer as necessidades dos clientes, melhorando o desempenho operacional e evitando possíveis falhas.

1.4 O controle de mudanças de engenharia no âmbito das certificações na gestão da qualidade na indústria automotiva

As empresas do setor automotivo projetam e fabricam produtos complexos e personalizados, os quais podem sofrer mudanças à medida que ele evolui. Estas medidas podem ser solicitadas formalmente tanto pelo cliente, por meio de novos requisitos, quanto pela empresa fornecedora, com base em novas especificações decorrentes de mudanças nos processos de fabricação.

Neste sentido, essas solicitações são chamadas de Solicitações de Mudança de Engenharia (*Engineering Change Request* - ECR), as quais podem ocorrer ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Normalmente, quanto mais ao final do processo elas ocorrem, mais significativo é o tempo e o esforço necessários para implementá-las (PIKOSZ; MALMQVIST, 1998). E, como o tempo de lançamento no mercado é um fator competitivo importante, é desejável processar e implementar as ECRs com a máxima eficácia e eficiência.

Neste contexto, a implementação de uma Solicitação de Mudança de Engenharia (ECR) pode afetar significativamente várias áreas de uma empresa fornecedora, tais como: vendas, engenharia de produto e manufatura, compras, controle de estoque, contabilidade, entre outras.

Dentro desta perspectiva, a literatura destaca que este processo de mudanças pode implicar em altos custos devido à necessidade de desenvolvimento de novos projetos de produto e processos, aquisição de máquinas, ferramentas, dispositivos e sistemas de medição, bem como por possíveis descartes de peças obsoletas, atrasos na produção das novas versões de peças, novas compras, substituição de componentes no estoque, entre outras (DIPRIMA, 1982).

1.5 Formulação do problema de pesquisa

Para serem bem-sucedidas e competitivas, as empresas não apenas precisam atender às solicitações de alteração de Engenharia, mas também gerenciá-las com eficiência.

Em uma organização fabril, há um grande número de ECRs. Estas surgem de várias fontes, desde aquelas iniciadas pelas mudanças nas especificações dos clientes, até aquelas decorrentes de um design de produto inseguro.

Considerando a imprecisão das análises técnicas das mudanças de engenharia no setor automotivo, e considerando também os problemas relacionados à falta de clareza dos custos envolvidos, e de sua respectiva sequência, a problemática dessa pesquisa aponta para a necessidade de averiguar com profundidade sobre esses problemas e formular uma ferramenta para orientar o gerenciamento de alterações de engenharia.

1.6 Objetivos gerais

Diante do exposto, o presente trabalho busca criar um modelo do processo baseado no método de representação IDEF0 para gestão de modificações na indústria automotiva.

1.6.1 Objetivos específicos

- Facilitar a gestão ordenada e eficaz do processo de alteração de Engenharia, e seus dados.
- Captar dados, necessidades e o fluxo de alterações de engenharia na indústria automotiva para criar um modelo de trabalho capaz de gerenciar as mudanças de Engenharia.
- O modelo deve ser genérico para as ECRs, ou seja, ser trabalhado com qualquer tipo de ECR.

1.7 Justificativa

Mesmo que um projeto tenha passado por uma boa execução, um produto ou processo durante sua vida série requer mudanças pelos mais variados motivos, como por exemplo uma alteração de componente por um motivo regulamentar, uma

troca de matéria prima, por escassez da determinada em fase de projeto, ou um balanceamento de linha para otimização de processo fabril entre outros. Uma mudança, independentemente de sua natureza e/ou complexidade, gera impactos que desencadeiam em vários setores da planta fabril e em todo time multiprofissional envolvido.

Essas mudanças podem ser de caráter emergencial ou não, porém, todas possuem um custo atrelado. Em alguns casos, pode-se gerar a necessidade de investimentos que terão um *payback* a longo prazo.

O levantamento de todos os impactos, e a gestão seguindo as prerrogativas da norma IATF, da norma ISO e os requisitos específicos do cliente, são de extrema importância para evitar custos e a falta de análises, que podem ser gerados por um possível problema. Uma análise com falta de critérios pode causar prejuízos financeiros, tanto para a montadora quanto para seus fornecedores.

Aliado a isso, é preciso ter um prazo bem delineado para a resposta ao cliente, pois é sabido que a demora infringe a norma, perde-se respaldo para com quem está acima na cadeia produtiva e a frente dela. Visando a satisfação do cliente, é crucial haver um processo bem claro para entregar uma resposta precisa e coesa.

É necessário também gerir as mudanças de engenharia para reduzir os custos que uma má gestão causa, sem também superestimar valores, fazendo, com isso, com que a empresa se torne cada vez mais competitiva e com uma boa relação perante seus clientes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda as definições e os conceitos base para o entendimento do presente trabalho e está dividido em onze seções. Inicialmente, apresenta-se o conceito de um sistema de gestão de qualidade automotiva, que posteriormente é relacionado com as normas ISO e IATF nas seções 2.2 e 2.3. Na seção 2.4, são destacados aspectos sobre a cadeia de suprimentos automotiva. Destacam-se, adiante, as ferramentas de qualidade APQP, PPAP e QRQC explicadas nas seções 2.5, 2.6 e 2.7, que possuem papel importante na indústria automotiva, onde termina a revisão da literatura no aspecto automotivo quanto ao que é julgado necessário para esse trabalho. As próximas seções são destinadas aos temas não exclusivos da indústria automotiva, porém necessários para fazer a junção de conhecimentos. A seção 2.8 discorre sobre o controle de mudanças de Engenharia, já a seção 2.9 traz o embasamento teórico da metodologia IDEF0, escolhida para o modelo. A seção 2.10 explana os conceitos da metodologia DSR, para sequencial da pesquisa. Por fim a seção 2.11 explicita sobre a matriz SWOT que é a ferramenta a ser utilizada na etapa de avaliação desse trabalho.

2.1 Sistema de gestão de qualidade automotiva

Um sistema é uma série de funções e atividades que atuam dentro de uma organização com trabalho conjunto, focando o objetivo dessa organização (DEMING, 2013). As partes do sistema são interdependentes e, portanto, exigem gerenciamento para mantê-las em equilíbrio.

Um sistema de gestão da qualidade é uma forma de dirigir e controlar uma organização no que diz respeito à qualidade. Nesse sistema, esforços sistemáticos e orientados para o processo são essenciais para atender aos objetivos de qualidade. Normalmente, um SGQ (Sistema de Gestão da Qualidade) é baseado em algumas características principais de uma companhia, como a sua estrutura organizacional, recursos, processos envolvidos e procedimentos (HARO; CATEN, 2003).

A organização de um sistema de gestão da qualidade é uma decisão tática para uma organização. A sua aplicação ajuda a melhorar o desempenho do fornecimento de produtos e serviços, com foco nos requisitos do cliente e garantia

da conformidade com os requisitos especificados nesse sistema (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015).

Para a implementação de um SGQ, alguns princípios são necessários e estes incluem as seguintes categorias: documentos e registros, organização, pessoal, equipamentos, compras e inventário, gestão de processos, gestão de informações, gestão de eventos não conformes, avaliações, contínua melhoria, foco no cliente e instalações e segurança (HARO; CATEN, 2003).

Como parte da gestão da qualidade, a metodologia TQM (*Total Quality Management*) é crucial no entendimento de algumas etapas do processo de gestão. A mesma é baseada em seis etapas e pode ser usada como complementação ao SGQ, sendo uma administração comprometida e envolvida em fornecer suporte organizacional de longo prazo, um foco inabalável no cliente, tanto interna quanto externamente, um envolvimento e aproveitamento efetivos de toda a força de trabalho, uma melhoria contínua do processo empresarial e produtivo, a forma de tratar fornecedores como parceiros e estabelecer medidas de desempenho para os processos (BESTERFIELD *et al.*, 2012).

Os padrões de qualidade contêm diretrizes que se adaptam a uma ampla variedade de casos industriais. Os padrões ISO de gestão compartilham características comuns, sendo compatíveis e complementares entre si com as normas ISO 9001 – Sistemas de gestão de qualidade (SGQ) e a ISO 14001 - Sistemas de Gestão Ambiental. Estes compartilham os mesmos requisitos para controle de documentos, gestão política, controle de operações, treinamento, auditoria, monitoramento e avaliação.

A indústria automotiva, em complementação à ISO 9001:2015 - norma que se aplica para todas as indústrias e pode ser definida como genérica -, adaptou uma norma mais específica, chamada de IATF 16949, com última versão realizada em 2016 e validada pela organização da ISO. Essa norma baseia-se nos conceitos de SGQ e visa a atender aos requisitos dos clientes de forma eficaz e eficiente (MELLO *et al.*, 2008).

Na indústria automotiva, o posicionamento de quem avalia a qualidade e em que se baseia a avaliação é sempre decisiva. No entanto, o resultado final é sempre determinado pelos requisitos dos clientes ou partes interessadas (NAGYOVA; PACAIOVA, 2010). As técnicas e ferramentas de gestão da qualidade são

instrumentos e métodos que ajudam a resolver problemas específicos em diferentes níveis da organização (COMITÉ DE AUTOMOCIÓN, 2004).

2.2 ISO 9001:2015

A ISO 9001:2015 apresenta orientações para sistematizar e normalizar uma série de processos de uma empresa em uma relação de procedimentos que serão documentados na sequência. A ISO 9001 padroniza procedimentos, deveres e funções, ao invés de metas ou resultados (BRAUN,2005; GULER *et al.*, 2002).

A ISO 9001: 2015 especifica as exigências para um SGQ quando uma organização precisa se mostrar apta a fornecer produtos e serviços em consonância com os requisitos. Além disso, a normativa auxilia a elevar o nível satisfatório para o cliente por meio da aplicação eficaz do regimento. Isso envolve uma série de melhorias no processo, que trazem a garantia da produção nos parâmetros conforme os requisitos legais e a regulamentação. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015).

Todos os requisitos da ISO 9001: 2015 são genéricos e podem ser aplicados em qualquer organização, independentemente do seu tipo ou porte, ou dos produtos e serviços que oferecem (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015).

A abordagem utilizada na ISO 9001:2015 é baseada no ciclo PDCA, que, fundamentalmente, pode ser utilizado para os todos os sistemas de gestão de qualidade e os processos envolvidos. Esse método é muito útil para o gerenciamento de uma forma geral e também quando forem necessárias a verificação de possíveis melhorias de processo e a análise dos riscos envolvidos.

A Figura 1 mostra a representação de um sistema de gestão da qualidade.

Figura 1 - Representação de um sistema de Gestão de Qualidade



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015)

Na indústria automotiva, a ISO 9001:2015 é comumente utilizada em paralelo com a norma IATF, pois ambas são complementares e podem conter informações úteis, dependendo dos processos e métodos necessários para cada aplicação.

2.3 IATF 16949:2016

Em 2016, a ISO/TS 16949 foi substituída pela IATF 16949:2016, tornando-se base a nível mundial mandatório para SGQ na indústria automotiva (VILA, 2016). O objetivo da nova normativa era implementar um sistema global de gestão da qualidade visando enfatizar a melhoria contínua e a prevenção de defeitos de veículos para componentes em toda a cadeia de abastecimento.

Em se tratando das diferenças entre a IATF e a ISO/TS 16949, a norma atual deixa de ser uma especificação da ISO, todavia sem deixar de ser utilizada de forma exclusiva. Além disso, esta deve andar em conjuntura com a ISO 9001:2015.

A criação da IATF auxilia na padronização das normativas da indústria automotiva, auxiliando até mesmo nas auditorias do segmento para que não tenham mais pontos distintos. Além disso, instiga a melhoria e o desenvolvimento em todo o leque de fornecedores, bem como no trâmite de certificação. Esta norma é obrigatória para todos os níveis hierárquicos da cadeia de fornecimentos do segmento.

Além das principais montadoras de veículos do mundo, os especialistas em seus grupos da ISO criaram, de forma adjunta, um conjunto normativo específico,

contendo requisitos extras que levam em conta as particularidades de outras regiões do mundo (BORTOLUCCI; CARLETTTO, 2017). Cita-se as associações de requisitos:

- VDA – Alemanha
- AIAG – Estados Unidos
- AVSQ – Itália
- EAQF – França
- SMMT – Reino Unido
- JAMA – Japão

No que tange ao tema desta pesquisa, tem-se a citação direta da cláusula da norma que cita as modificações de Engenharia, a fim de não haver diferentes interpretações.

8.5.6.1 Controle de mudanças – suplemento

A organização deve ter um processo documentado para controlar e reagir às mudanças que impactam a realização do produto. Os efeitos de qualquer mudança, incluindo aquelas mudanças causadas pela organização, pelo cliente ou qualquer fornecedor, devem ser avaliados.

A organização deve:

- a) Definir as atividades de verificação e validação para assegurar a conformidade com os requisitos do cliente;
- b) Validar as mudanças antes da implementação;
- c) Documentar a evidência da análise de riscos relacionada;
- d) Reter registros de verificação e validação.

Mudanças, incluindo as efetuadas nos fornecedores, deveriam requerer uma corrida piloto de produção para verificação das mudanças (tais como, mudanças no projeto da peça, local de manufatura ou processo de manufatura) para validar o impacto de quaisquer mudanças no processo de manufatura.

Quando requerido pelo cliente, a organização deve:

- e) Notificar o cliente de quaisquer mudanças de realização do produto planejadas após a aprovação mais recente do produto;
- f) Obter aprovação documentada, antes da implementação da mudança;
- g) Completar os requisitos adicionais de verificação ou identificação, tais como a corrida piloto de produção e validação do novo produto. (IATF, 2016, p. 61 e 62).

2.4 Cadeia de suprimentos automotiva

A cadeia de fornecimentos na indústria automotiva tem uma importância grande, devido ao tamanho e complexidade dela. A quantidade de interdependências criada pela cadeia, bem como o que é trazido por ela, e

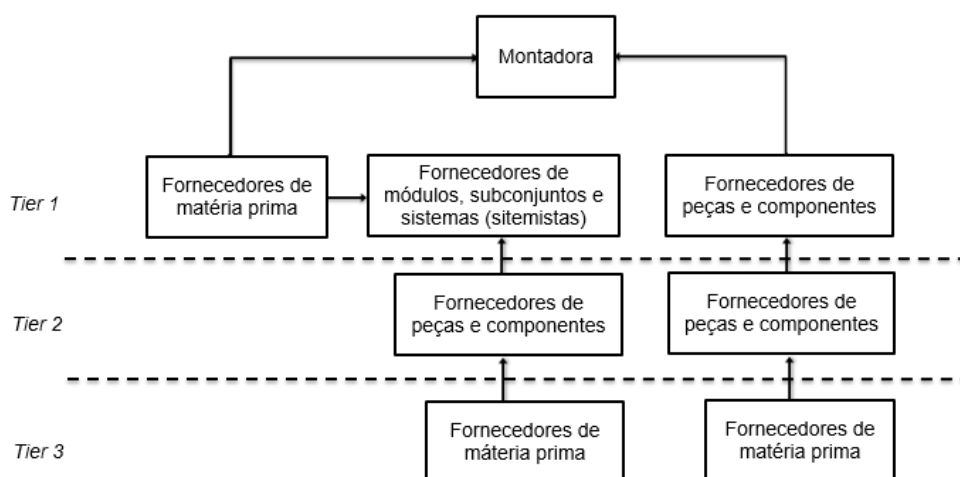
consequentemente para a produção de fato, é algo amplamente debatido na indústria.

Ao buscar aumentar a eficiência de uma montadora, constata-se que haverá ineficiência se atacar apenas o problema específico atrelado a essa mesma indústria. Passa-se, então, pelo crivo de, consequentemente, aumentar toda a cadeia de suprimentos (DISERIO; SANTOS, 2005).

Os elos da cadeia automotiva são compostos por OEM (montadoras), *tier 1*, 2 e 3 (Santos, Kato, Frega. 2016). Quem fornece diretamente as montadoras são os *tier 1*, que recebem componentes, peças e matéria prima de fornecedores de segundo nível, e assim por diante. Estes, que são os fornecedores mais próximos das montadoras, têm a responsabilidade de entregar conjuntos montados ou peças em estado acabado, são denominados de sistemistas (ROCHA, 2009). Já o *tier 2*, é quem supre a necessidade do *tier 1*; geralmente se encaixam nesse grupo as fabricantes de peças e componentes. Por fim o *tier 3*, último elo da cadeia, é constituído em geral por fornecedores de matéria prima.

A Figura 2 demonstra os níveis de forma estruturada.

Figura 2 – Estrutura da cadeia automotiva



Fonte: Adaptado de Santos, Kato e Frega (2016, p. 5)

2.5 APQP *Advance Product Quality Planning*

A APQP é uma metodologia utilizada na indústria automotiva que tem como finalidade guiar, facilitar a comunicação entre os envolvidos no processo e um

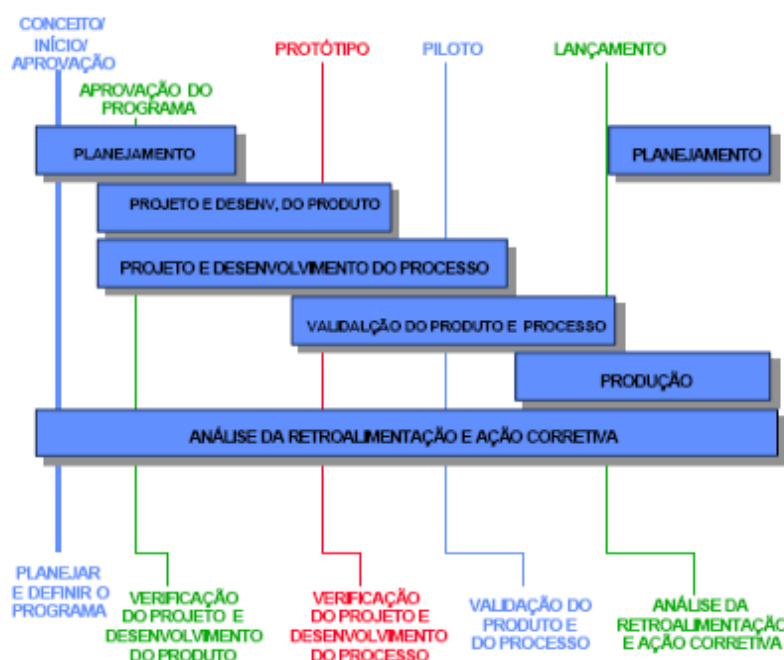
controle com primor na análise do fluxo de trabalho, e no desenvolvimento ou alteração de produtos e processos (SCHNEIDER; GASPAROTO, 2020). Entretanto, sua principal função é estabelecer todas as atividades a serem feitas em cada etapa do processo, seguindo cronologicamente o que foi planejado (ROCHA, 2009).

A indústria automobilística procura desenvolver e produzir com qualidade, aliada ao menor custo, e dentro dos prazos. Com isso tem-se como benefícios na utilização do APQP alocar os recursos de forma correta, tendo visão antecipada das modificações necessárias, para ter tempo de reação e evitar surpresas, produzindo produtos no mais alto nível de qualidade, no menor valor e dentro do prazo pré-estabelecido (IRION; SOUZA, 2013).

Incluem-se dentro da APQP processos como: Análise de viabilidade, Engenharia, qualidade e logística (IRION; SOUZA, 2013).

O APQP é dividido em etapas para auxiliar no uso da metodologia. São cinco as fases, conforme consta na Figura 3.

Figura 3 – Fases do Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (APQP)



Fonte: Adaptado de Santos, Kato e Frega (2016)

De acordo com Silva (2007), define-se o time de envolvidos e o cronograma de trabalho, seguindo as fases do APQP, que, por sua vez, estão subdivididas em etapas.

Para Rocha (2009), a gestão de desenvolvimento ou mudanças de produto ou processo precisa de uma ampla robustez para se ter eficácia na gestão, haja vista que o objetivo mais importante é a validação do produto ou processo após sua conclusão. No fim, o APQP terá exercido sua função e o Processo de Aprovação da Peça de Produção (PPAP) será o documento que trará a evidência de seu resultado ter sido satisfatório.

2.6 PPAP Processo de Aprovação de Peças de Produção

A APQP faz a orientação e o acompanhamento de forma estruturada de todo fluxo de desenvolvimento ou alteração de um produto ou processo, sendo este de caráter preventivo, tendo como foco principal sempre a qualidade.

Toda a documentação que é inserida na base APQP é anexada a um conjunto de documentos de forma organizada, conjunto esse denominado PPAP, que, ao final da atividade de desenvolvimento e/ou modificação, deve ser submetida à aprovação do cliente para a liberação do fornecimento de peças para o cliente acima da cadeia.

Um PPAP deve conter algumas documentações, das quais as mais importantes são os registros dos projetos de engenharia, bem como a sua total evidência de que estes possuem clareza e atendem aos requisitos pré-determinados pelo cliente. Além dos aspectos técnicos do produto em questão, a empresa deve garantir a capacidade produtiva com volumes delineados no escopo.

O documento que registra a aprovação do PPAP para o fornecimento de peças é chamado de PSW (*Part Submission Warrant* ou Certificado de Submissão de Peças).

De forma prática, o PPAP, durante sua elaboração, precisa seguir uma sequência de atividades explicitadas na IATF e detalhadas nos manuais da indústria automotiva, atentando-se à particularidade dos requisitos específicos dos clientes.

Dentre os elementos do PPAP estão:

1. Registros de Projetos;
2. Autorização para Mudanças de Engenharia;
3. Aprovação do Cliente;
4. FMEA de projeto;

5. Fluxograma de processos;
6. FMEA de processo;
7. Plano de Controle;
8. Análise do sistema de medição;
9. Resultados dimensionais;
10. Análises de material;
11. Estudos iniciais de processo;
12. Documentação de laboratório qualificado;
13. Aprovação de aparência
14. Amostra de peças de produção;
15. Amostra Padrão
16. Auxílios de verificação de processo;
17. Requisitos Específicos;
18. PSW (Part Submission Warrant).

2.7 QRQC *Quick Response Quality Control*

A metodologia QRQC enfatiza a abordagem de equipe e consiste em uma resposta rápida e controle de qualidade de um determinado problema. O principal objetivo é a necessidade de proteger os clientes e os processos envolvidos de uma maneira rápida e efetiva.

O QRQC tem como foco o controle de qualidade, de forma a garantir que os problemas encontrados sejam primeiramente isolados, e que, em paralelo, seja encontrada uma solução rápida e eficaz como forma de mitigação e/ou eliminação dos problemas (NIGGL, 2014).

O QRQC baseia-se em uma lógica de pensamento conhecida como *logical thinking* para a resolução dos problemas. Como forma de garantia para essa lógica, o método PDCA é utilizado em paralelo com outras ferramentas de qualidade, como MQA, 5W2H, 5 porquês e 4M, para primeiramente garantir a identificação do problema, em seguida realizar o levantamento das causas e, por fim, realização de ações preventivas, evitando possíveis recorrências.

No âmbito da indústria automotiva, o QRQC também visa garantir a satisfação do cliente e evitar a recorrência de avarias. Permite fabricar produtos/veículos com o nível de qualidade requerido, graças à implementação de

ações rápidas, assim que surjam anomalias ou defeitos na linha de produção. Este é um sistema de gestão para melhorar a qualidade embutida na linha de produção e permite a satisfação total do cliente, evitando maiores problemas e girando o ciclo PDCA.

2.8 Mudanças de Engenharia

2.8.1 Definições de Mudanças de Engenharia

Terwiesch e Loch (1999), definem mudanças de engenharia como mudanças e modificações nas formas, ajustes, materiais, dimensões, funções e processos para a fabricação de um produto ou componente.

Nadia (2006), define a mudança de engenharia (EC) como uma tarefa pela qual as empresas solicitam, implementam e afetam mudanças em produtos, documentos, processos ou mesmo matérias-primas.

Wright (1997) define ECs como modificações em um produto, após as matérias-primas terem entrado em processo de produção. As mudanças podem ser tão simples quanto alterações na documentação relacionada ao projeto de um produto, ou podem ser tão complicados quanto um redesenho completo de todo o produto e seus processos de fabricação relacionados. Dec *et al* (1998) afirmam que a mudança de engenharia é uma tarefa pela qual as empresas solicitam, implementam e afetam mudanças em produtos, documentos, componentes, peças fabricadas ou compradas, processos ou mesmo suprimentos. As ECs têm sérias implicações em qualquer empresa, pois podem envolver todas as funções em toda a organização. Vários departamentos funcionais de uma organização podem não ser apenas a fonte, mas também as vítimas de uma alteração de Engenharia. As empresas de manufatura precisam atender e ajustar constantemente suas atividades.

2.8.2 ECR (*Engineering Change Request*)

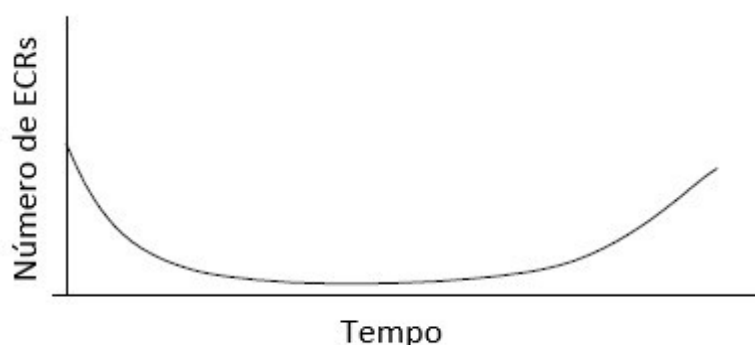
As solicitações de mudança de Engenharia (ECR) são o ponto de partida após recebimento de uma demanda, seja ela de qualquer uma das áreas como

Engenharia de Produto, Manufatura, Qualidade, logística, entre outras, e de várias origens, como o cliente, interna e fornecedores (PIKOSZ; MALMQVIST, 1998).

Todas as empresas devem fazer alterações no design de seus produtos, a fim de se adaptar às mudanças nos requisitos do cliente, nas mudanças de tecnologias, e nos processos ou mudanças no ambiente. Além disso, uma ECR pode ser emitida para problemas relacionados à qualidade ou revisão de uma parte, correção de um erro documental, revisão e/ou renovação de um documento, desenvolvimentos recentes em tecnologia ou resultados de testes de protótipo (PIKOSZ; MALMQVIST, 1998).

As ECRs surgem como parte do ciclo de vida do produto. Uma vez que um produto foi vendido, existem diversas possibilidades de sugestão de mudanças, tanto no início do uso do produto (produto não funcionando corretamente ou não atendendo às expectativas), ou após o período de uso inicial (um período relativamente longo de uso estável) ou ao final do ciclo de vida (adaptação por obsolescência do produto). O diagrama na Figura 4 mostra a tendência no número de ECRs ao longo da vida de um produto (curva em forma de banheira semelhante a uma curva de confiabilidade).

Figura 4 - O número de ECRs em função do tempo para um produto em uso



Fonte: Adaptado de Nadia, Gregory e Vince (2006)

Um formulário de solicitação de mudança de engenharia (ECR) é usado para descrever uma sugestão de melhoria ou correção para o design de um produto ou processo. O formulário inicia o processo de mudança e promove discussões dentro da equipe de engenharia para ajudar a determinar o impacto de uma mudança e a melhor solução possível.

O formulário ECR é distribuído e revisado entre as principais equipes de engenharia antes de ser compartilhado com as equipes de produto estendidas. Uma

vez que a ECR é aprovada, ele gera uma ordem de mudança de engenharia (ECO), que descreve, ainda mais, os detalhes da mudança proposta e permite um processo de revisão e aprovação mais formal com todas as equipes que estarão envolvidas no planejamento, aquisição, teste, montagem, e apoiando o produto final.

Uma solicitação de mudança de engenharia deve incluir informações documentadas, como:

1. Uma descrição do problema encontrado
2. A razão pela qual a mudança é necessária
3. Uma mudança proposta (opcional)
4. O (s) número (s) de peça afetado (s) pelo problema
5. As descrições das peças
6. O nome do originador da solicitação
7. A data de envio da solicitação de mudança
8. Os nomes e funções das principais partes interessadas
9. A opinião das partes interessadas sobre a solicitação de mudança
10. A ação de disposição necessária para resolver o problema original

Sendo um formulário padrão para que os funcionários revisem e entendam um problema ou façam uma sugestão de alteração em um produto ou processo, o formulário ECR ajuda a facilitar as decisões de negócios. Além disso, ele fornece um método para documentar problemas, levantar questões, capturar respostas, propor soluções e definir consequências ao adiar questões. Ele captura a ação que o grupo deseja realizar em um problema específico ou mudança sugerida. E ao contrário de um ECO (*Engineering Change Order*), que documenta uma mudança real, um ECR mostra as origens de um problema, discussões de opções e pensamentos por trás da ação escolhida. As informações capturadas no ECR geralmente podem ser úteis no futuro, ao serem observadas as modificações anteriores.

Quando ocorrem ECRs durante o processo de desenvolvimento de produto ou posteriormente no ciclo de vida de um produto, o processamento de ECRs é muito semelhante, senão idêntico. A quantidade de esforço e duração para efetuar uma ECR também é semelhante.

O quão bem uma empresa responde a um cliente ou a uma mudança impulsionada pela empresa, com frequência determina se um novo produto é entregue no prazo e com lucro.

Claramente as ECRs precisam ser bem controladas e implementadas para minimizar atrasos e custos.

2.8.3 Implicações das Alterações de Engenharia

O controle efetivo sobre o gerenciamento de mudanças de engenharia facilitará a execução adequada, especialmente em termos de *lead time* e custos incorridos, aumentando assim a lucratividade. Pikonz e Malmqvist (1998) destacam que o controle ineficiente sobre as ECs pode resultar em impactos adversos que incluem efeitos no tempo de entrega, cronogramas de produção, refugo, retrabalho e baixa precisão da BOM (*Bill Of Materials*). Nadia (2006) relata custos administrativos relativos a mudanças de engenharia no valor de US\$ 3,4-7,7 milhões e custos de execução para 10% do volume de negócios anual. Mudanças de engenharia que ocorrem frequentemente, determinam 70-80% do custo do produto (PIKOSZ; MALMQVIST, 1998).

2.8.4 Gatilhos das Alterações de Engenharia

Mudanças organizacionais, tecnológicas e operacionais são, muitas vezes, causas de mudanças de engenharia (Terwiesch; Loch, 1999). Existem vários tipos de ECRs que surgem em uma organização. Elas podem aparecer em vários estágios do projeto ou vida série. As possíveis causas dessas são identificadas abaixo:

- Decorrentes de alterações nas especificações dos clientes;
- Decorrentes de falhas na transformação das necessidades dos clientes em requisitos técnicos.
- Devido a mudança no projeto arquitetônico;
- Devido a mudanças no design dos componentes;
- Devido a mudanças no desenho do processo;
- Devido à mudança na utilização de recursos;
- Decorrentes de dificuldades na fabricação ou montagem de peças;
- Mudança de uma peça dependendo da função alterada ou necessidade de produção;
- Alteração na aplicação de uma peça/componente/subcomponente.

- Introdução / substituição / retirada de uma nova peça / componente / subcomponente.

2.9 IDEF *Integrated Definition Language*

O IDEF é uma metodologia de modelagem de processos gráficos usada para implementar sistemas e software de engenharia. Esses métodos são usados em modelagem funcional de dados, simulação, análise orientada a objetos e aquisição de conhecimento.

O IDEF foi concebido e desenvolvido pela Força Aérea dos Estados Unidos, em meados da década de 1970. Ele foi desenvolvido como um método padrão de documentação e análise de processos de negócios. Agora, essa metodologia é usada como uma abordagem regulamentada para analisar uma empresa, capturando modelos de processo "no estado em que se encontra" e para modelar atividades dentro de um grupo de negócios. (MELO, 2006, p. 26).

Os modelos IDEF, por meio de uma notação simples, ajudam a mostrar o que deve ser realizado em um processo e a maneira em que se deve realizar. O resultado ajuda a ter uma visão ampla da eficácia do processo e uma abrangência ou até mesmo o escopo da análise em questão (ALVARENGA, 2004).

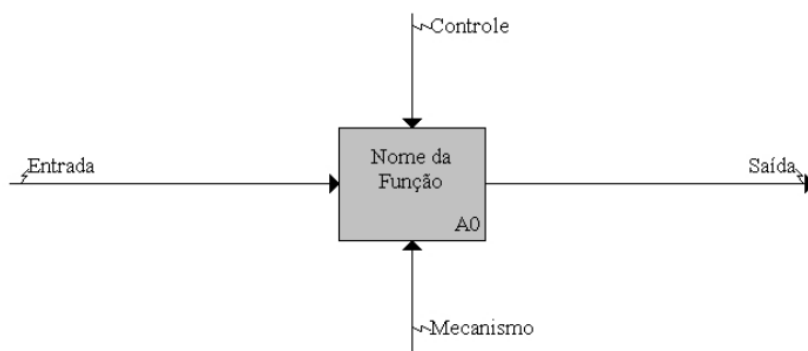
O método IDEF serve, de forma geral, como uma orientação por meio de padrões e fundamentos de análise para simplificar a dificuldade de um processo, e esse método em si não altera a complexidade do sistema.

As quatro funções utilizadas no IDEF0 devem ser corretamente utilizadas no modelo, para os quais se encontram quatro categorias:

- Entrada: Resume materiais, itens ou informações que serão modificadas durante o processo
- Controle: Direcionam ou agem sobre o processo como por exemplo regras de segurança.
- Mecanismos: Tudo o que for necessário para a realização da atividade como equipamentos, máquinas e pessoas.
- Saída: Os resultados obtidos do processo.

A figura 5 demonstra o sistema de funcionamento do IDEF0

Figura 5 - Sistema de funcionamento do IDEF0



Fonte: US Air Force (1981)

O IDEF0 (*Integration Definition for Function Modeling*) foi desenvolvido a fim de representar atividades ou processos que normalmente são realizados de uma forma organizada e maneira padrão dentro de um sistema e é utilizado para modelar ações, decisões e atividades de uma organização. Por definição, o IDEF0 de uma função é um conjunto de atividades que são influenciadas por certos *inputs* que são controlados por mecanismos e controles, a fim de se obter os *outputs*. Esses *inputs*, controles, *outputs* e mecanismos podem ser utilizados para modelar relacionamentos entre diferentes atividades.

Geralmente, a modelagem IDEF0 se inicia por meio da definição de um diagrama de contexto. Isso representa o propósito geral do sistema e suas interfaces com um ambiente externo. Normalmente, os modelos IDEF0 compreendem uma hierarquia de diagramas relacionados, que são decompostos hierarquicamente de cima para baixo. Essa decomposição hierárquica resulta em representações de amplo escopo, além de representações detalhadas de atividades ambientais ou de sistema.

A metodologia IDEF0 será utilizada como forma de modelagem dos processos envolvidos no controle de mudanças de produto e processo considerando o âmbito da indústria automobilística.

2.10 DSR *Design Science Research*

Para o desenvolvimento da metodologia deste trabalho, utiliza-se o paradigma DSR proposto por HEVNER *et al.* (2004). O DSR tem ganhado cada vez

mais atenção na indústria automobilística e nas comunidades de pesquisa, e é um método construtivo que visa a criação de um artefato de design tangível, enquanto ao mesmo tempo, fornece conhecimento valioso sobre o problema e a solução. O método utiliza uma abordagem iterativa para criar o artefato e cada ciclo visa fornecer mais conhecimento para o desenvolvimento do mesmo (CARLSSON *et al.*, 2011).

A natureza dos artefatos visa a solução de problemas, assim estruturando-se em uma base prescritiva (VAN AKEN; BEREDENS; VAN DER BIJ, 2012). Os artefatos são projetados visando a reestruturação de um sistema, podendo ser utilizados tanto para melhorar o desempenho quanto para resolver possíveis problemas (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JUNIOR, 2015).

Seguindo esse contexto, os artefatos podem ser tratados como métodos, modelos, construções e instanciações. Os métodos podem ser algoritmos e boas práticas, enquanto que os modelos podem ser representações e abstrações, por sua vez, as construções podem ser símbolos e vocabulários e as instanciações, execuções de sistema e protótipos.

Com base na estruturação do trabalho proposto, seleciona-se um modelo baseado em DSR para atingir os objetivos citados. Por meio dos modelos, que são baseados em hipóteses ou asserções, os problemas e soluções são representados e expressam o relacionamento entre construções. Os modelos necessitam retratar a estrutura da realidade com o objetivo de analisar o contexto em que são aplicados. (LACERDA *et al.*, 2013).

A sequência das etapas definidas pela abordagem DSR, para a implementação de um artefato consolidado, são baseadas nas seguintes fases de trabalho: (I) Identificação do problema e motivação; (II) Definição dos objetivos da solução; (III) Projeto e desenvolvimento da solução; (IV) Demonstração da solução; (V) Avaliação da Solução (PEFFERS *et al.*, 2007). A Figura 6 apresenta um fluxograma com essas fases.

Figura 6 – Estrutura metodológica da abordagem DSR



Fonte: Peffers et al. (2007)

Fase 1 - Identificação do problema: Consiste da definição do problema de pesquisa específico e de uma justificativa para uma solução proposta. Os recursos necessários para essa fase incluem o conhecimento do estado do problema e da importância da solução.

Fase 2 – Definição dos objetivos da solução: Tem como objetivo criar uma especificação para uma solução potencial. Usando o conhecimento obtido na etapa anterior, aqui é a etapa criativa na qual é decidido o tipo de artefato a ser criado para possíveis soluções serão desenvolvidas.

Fase 3 - Projeto e desenvolvimento da Solução: É baseado na constituição do artefato e da descrição de sua arquitetura e funcionalidade desejada.

Fase 4 – Demonstração da solução: O artefato é aplicado para verificação em algumas instâncias do problema. Isso é feito com simulações, estudo de caso ou outras atividades que atendam a demonstração.

Fase 5 - Avaliação da Solução: Nessa etapa, deve-se observar e medir quão bem o artefato auxilia na solução do problema, através da comparação dos objetivos da Solução com os resultados obtidos através da sua demonstração. Segundo Hevner *et al.* (2004), a avaliação pode ser:

- Observacional (estudo de caso e estudo de campo);
- Analítica (análise estática, análise de arquitetura, otimização e análise dinâmica);
- Experimental (experimento controlado e simulação);
- Teste (funcional – caixa preta e estrutural – caixa branca); e
- Descritiva (argumento informado e cenários).

O quadro 1 discorre detalhadamente sobre os métodos propostos por cada avaliação:

Quadro 1 – Métodos para avaliação de artefatos

Forma de Avaliação	Métodos propostos
Observacional	<p>Estudo de Caso: Estudar o artefato existente, ou não, em profundidade no ambiente de negócios.</p> <p>Estudo de Campo: Monitorar o uso do artefato em projetos múltiplos. Esses estudos podem, inclusive, fornecer uma avaliação mais ampla do funcionamento dos artefatos configurando, dessa forma, um método misto de condução da pesquisa.</p>
Analítico	<p>Análise Estatística: Examinar a estrutura do artefato para qualidades estáticas.</p> <p>Análise da Arquitetura: Estudar o encaixe do artefato na arquitetura técnica do sistema técnico geral.</p> <p>Otimização: Demonstrar as propriedades ótimas inerentes ao artefato ou então demonstrar os limites de otimização no comportamento do artefato.</p> <p>Análise Dinâmica: Estudar o artefato durante o uso para avaliar suas qualidades dinâmicas (por exemplo, desempenho).</p>
Experimental	<p>Experimento Controlado: Estudar o artefato em um ambiente controlado para verificar suas qualidades (por exemplo, usabilidade).</p> <p>Simulação: Executar o artefato com dados artificiais.</p>
Teste	<p>Teste Funcional (Black Box): Executar as interfaces do artefato para descobrir possíveis falhas e identificar defeitos.</p> <p>Teste Estrutural (White Box): Realizar testes de cobertura de algumas métricas para implementação do artefato (por exemplo, caminhos para a execução).</p>
Descritivo	<p>Argumento informado: Utilizar a informação das bases de conhecimento (por exemplo, das pesquisas relevantes) para construir um argumento convincente a respeito da utilidade do artefato.</p> <p>Cenários: Construir cenários detalhados em torno do artefato, para demonstrar sua utilidade.</p>

Fonte: Adaptado de Hevner, March e Park (2004)

2.11 Matriz SWOT (*Strengths Weaknesses Opportunities Threats*)

A matriz SWOT (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças) consiste em uma ferramenta de planejamento estratégico usada para analisar e avaliar os pontos fortes, fracos, pontos de oportunidade e de ameaça de um projeto para identificar estratégias possíveis para alcançar objetivos predefinidos.

Na identificação dos aspectos críticos, os pontos fortes e fracos são geralmente internos ao negócio, enquanto que as oportunidades e ameaças são fatores externos. Uma vez que essas quatro categorias de fatores são identificadas, elas são colocadas em uma matriz chamada SWOT, com base em definições de

estratégias necessárias para alcançar os objetivos previamente definidos (BUCELLI; POPADIUK, 2007).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Esse capítulo apresenta a caracterização da pesquisa proposta e os procedimentos metodológicos empregados visando atingir os objetivos propostos.

3.1 Procedimento metodológico

3.1.1 Identificação do problema e motivação

A identificação da necessidade foi dada por meio do diagnóstico identificado pelos autores, a partir da experiência adquirida no dia a dia, no decorrer do trabalho em indústrias automotivas, as quais trabalham com processos industriais de modificações, bem como todos seus entes envolvidos, tais como engenheiros de produto, manufatura, qualidade, logística, entre outros departamentos de indústrias automotivas.

3.1.2 Definição dos objetivos da solução

Nesta etapa deve-se analisar como chegar à solução daqueles problemas identificados nos objetivos propostos. É necessário, como mencionado, escolher entre as opções que a metodologia DSR dispõe. A mais adequada para este caso é de criação de um artefato do tipo modelo, o qual deve conter um fluxo de trabalho generalista que atenda a todas ou quase todas as variáveis no controle de modificações de engenharia.

Este modelo deve funcionar como um guia de padrões que norteie os departamentos na avaliação de impactos dos mais diferentes tipos de modificações que ocorrem na indústria de automóveis, seja ela por qualquer natureza.

3.1.3 Projeto e desenvolvimento da Solução

Aqui se dá de fato a etapa construtiva do artefato do tipo modelo. A construção deste modelo se dará por um fluxo de trabalho baseado na metodologia IDEF0, na qual serão contempladas as atividades macros das modificações de

Engenharia, e posteriormente detalhadas essas, com *inputs* e *outputs*, tendo nelas mecanismos de controle.

A arquitetura será feita através do *software* da Microsoft Visio, que é o programa mais usado para criar diagramas IDEF.

3.1.4 Demonstração da Solução

Com o objetivo de responder à pergunta sobre se a solução de fato funciona, é preciso demonstrar que a aplicação teve êxito por algum meio.

A demonstração se dará por uma apresentação do diagrama criado a potenciais usuários.

3.1.5 Avaliação da solução

A etapa de avaliação tem como objetivo questionar se a solução funciona de forma eficaz, se é fidedigna quanto às informações e a aplicabilidade no meio de inserção.

Das várias formas apresentadas disponíveis para avaliação, a escolhida foi a observacional, usando a matriz SWOT, feita para os potenciais usuários que foram apresentados à demonstração da solução.

O objetivo da aplicação da matriz SWOT nesse trabalho, é a avaliação de forma geral do modelo IDEF0, analisando o processo das ECRs com doze profissionais de quatro empresas do ramo automotivo da região metropolitana de Curitiba, tais como OEM, sistemistas e fornecedores de segundo nível. Será levado em consideração tanto o lado do fornecedor, como o do cliente, para verificar os pontos fortes e fracos, além da identificação de possíveis melhorias e definição de estratégias para potencializar o resultado do processo.

As normas de engenharia ISO 9001:2015 e IATF 16949:2016 devem ser levadas em conta para avaliação do processo existente junto com o novo modelo IDEF0 criado para o processo.

4 ANALISES E RESULTADOS

Este capítulo tem o objetivo de apresentar os resultados obtidos nesta pesquisa, os quais seguem as etapas do *Design Science Research* explicadas na seção de Metodologia da Pesquisa.

4.1 Identificação do Problema e Motivação

Essa etapa de identificação da necessidade foi dada pelo diagnóstico percebido através da vivência na indústria automotiva de ambos os autores. Na troca de experiência diária foi constatado que empresas da Região Metropolitana de Curitiba, do ramo automobilístico tem falhas no gerenciamento de alterações de Engenharia.

Para certificar-se que o problema existe, realizou-se uma sondagem com perguntas semiestruturadas e aplicadas de maneira informal, sem, no entanto, constituir uma entrevista, com colaboradores de indústrias do ramo, de forma a certificar que o diagnóstico previamente percebido possuía sentido.

4.2 Definição dos Objetivos de Solução

Nessa fase, os objetivos para a resolução do problema são colocados em confronto com as possibilidades que a metodologia DSR nos apresenta. Nessa comparação em que o artefato do tipo modelo foi escolhido, buscou-se na literatura alguma ferramenta existente que pudesse ser capaz de auxiliar na construção do artefato.

A metodologia IDEF0 foi a escolhida por não haver necessidade de maiores investimentos, haja vista que a criação dela se dá geralmente pelo *software* Microsoft Visio, e também porque sua definição atende aos requisitos dos objetivos anteriormente traçados.

4.3 Projeto da Solução

Esta sessão concentra-se no desenvolvimento lógico do modelo de informação de alteração de engenharia. O gerenciamento do processo de alteração

de engenharia e de suas informações deve ocorrer de forma integrada tanto dentro da empresa, quanto fora, entre seus parceiros aliados. Várias métricas são usadas para medir a eficiência de um processo de alteração de engenharia, algumas das quais são tempo e custo. O tempo pode ser medido em termos de: tempo para solicitar, revisar e implementar uma ECR, além do tempo não programado para processar uma ECR. O custo pode ser: de realização, administrativo, retrabalho, o custo não estimado para processar uma alteração e os custos finais para implementar essas alterações.

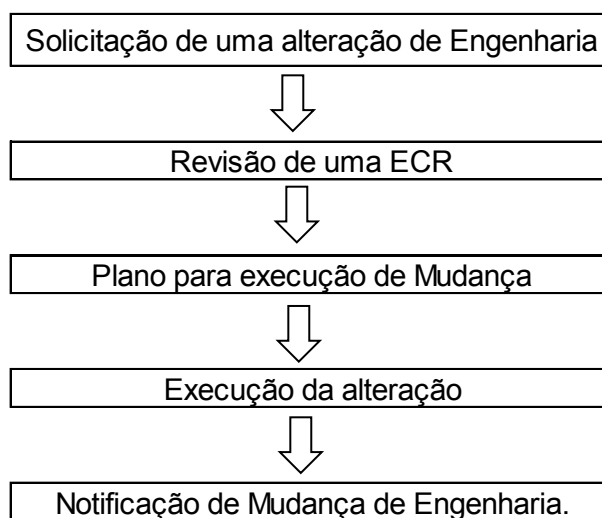
4.3.1 O Processo de Alteração de Engenharia

O modelo de processo de alteração de engenharia desenvolvido nesta pesquisa suporta comunicação extensiva entre muitas disciplinas (departamentos funcionais) dentro da empresa e também outras entidades externas, fora da empresa. Isso inclui solicitações de mudança advindas do lado dos clientes. Conforme visto, os estudos de ECM concordam que a comunicação através das linhas funcionais pode ajudar a evitar muitos problemas.

Um processo de alteração de engenharia, em geral, consta nas seguintes etapas, que incluem as atividades constituintes do negócio:

1. Solicitação de uma alteração de Engenharia.
2. Revisão de uma ECR.
3. Plano para a execução da mudança.
4. Execução da alteração.
5. Notificação de Mudança de Engenharia.

A figura 7 apresenta esquematicamente as atividades de gerenciamento de alteração de engenharia.

Figura 7 – Atividades de Gerenciamento de Alteração de Engenharia

Fonte: Os Autores

Todas as atividades acima são usadas para desenvolver o modelo de informação, que é um modelo genérico para gerenciar mudanças de engenharia. O processo começa com uma ECR apresentado por um cliente ou por uma funcionalidade interna (departamento funcional). A ECR é encaminhada para a equipe de trabalho da alteração de Engenharia. A próxima atividade de 'Revisar um ECR' é dividida em revisão técnica e revisão econômica. Qualquer alteração de engenharia relacionada a um projeto de produto se resume aos processos relativos à sua fabricação, aos materiais usados na fabricação, à montagem e também ao teste do produto.

As seguintes revisões são realizadas para determinar se o ECR é viável ou não: A 'Revisão de Projeto' determina os componentes / subcomponentes / peças que são afetados pela mudança. A 'Revisão do processo de fabricação' determina o efeito da alteração no processo de fabricação. A mudança também afetará a qualidade, que se torna responsabilidade do departamento de controle / garantia de qualidade, para garantir a conformidade com as especificações, como resultado da mudança. A 'Revisão de Qualidade' determina como a EC afetará a qualidade do produto / componente / subcomponente que é realizado pelo Controle de Qualidade. Mudanças de engenharia e atrasos de tempo também estão intrinsecamente

relacionados. As alterações de engenharia também afetam o tempo de conclusão dos trabalhos, atingindo, assim, o agendamento das alterações de engenharia.

Assim, uma 'Revisão de cronograma' deve ser realizada para determinar os atrasos de tempo que surgirão devido à implementação de alterações de engenharia. As operações de gargalo e o tempo de inatividade não programado também são os fatores que devem ser considerados nessa revisão. Após a realização de uma ECR, esta é analisada pela comissão de alteração de engenharia e pelo respectivo departamento funcional. Todas as revisões técnicas acima mencionadas servirão como uma plataforma certa para o conselho da EC fazer uma análise de custos detalhada, denominada 'Revisão de Custos'. Esta é realizada para determinar a viabilidade econômica da execução da modificação. O resultado da revisão da alteração de engenharia será um ECR aprovado, um ECR rejeitado ou uma cotação/estimativa da alteração fornecida ao cliente. Uma vez obtida a aprovação do cliente, o conselho/comitê do EC criará a ECO. Esta será, então, encaminhada ao (s) departamento (s) funcional (is) responsável (is) para implementá-la. A atividade de implementação da ECO pode resultar em incorporar a mudança na fabricação, na montagem ou nos testes.

Uma vez que a ECO é implementada, uma notificação é criada pelo departamento que implementa a mudança, e encaminhada para a equipe de trabalho da alteração e outros departamentos afetados pela mudança.

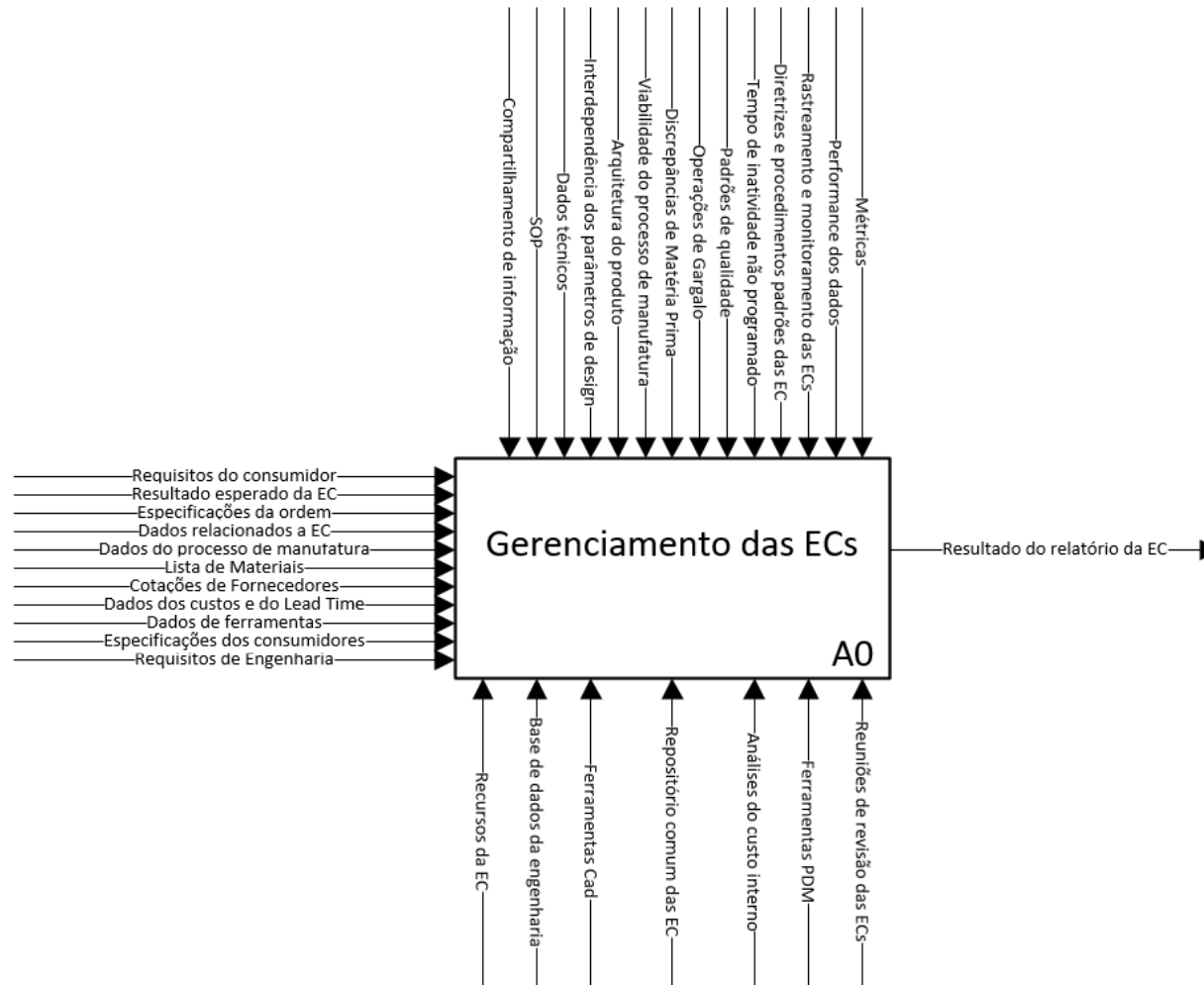
O próximo passo é a avaliação pós-implementação, que determina se a mudança implementada atingiu suas metas e objetivos desejados (respectivamente, avaliação qualitativa), aos quais podem ter particularidades nas avaliações para cada tipo de mudança e empresa. De forma primordial, é importante ter em mãos a cronologia dos acontecimentos bem delineada durante o ciclo de mudança, bem com a integração de documentos em bases APQP e a aprovação de PPAP e PSW. A atividade de avaliação quantitativa, por sua vez, envolve avaliar os dados de desempenho obtidos após a implementação e comparar os dados de desempenho com os dados técnicos existentes antes da execução da EC.

4.3.2 Modelagem

Para iniciar processo de modelagem, descreve-se claramente os diferentes tipos de solicitações e as atividades que devem ser realizadas durante a execução

de uma alteração de engenharia. As atividades descritas são divididas em suas subatividades lógicas a fim de desenvolver um modelo de atividades abrangente para a execução de mudanças de engenharia. O diagrama IDEF0 é aplicado para modelar e gerenciar o processo das mudanças de engenharia, como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Diagrama IDEF0 de Gerenciamento de Mudanças de Engenharia.



Fonte – Os Autores

As atividades das ECs mencionadas foram analisadas quanto às entradas, saídas, recursos e mecanismos necessários para executá-las e, em seguida, diagramas IDEF0 foram desenhados para cada atividade. O primeiro, e mais óbvio passo, após identificar uma alteração de engenharia, é convertê-lo em um ECR. Cada ECR é caracterizada pelas seguintes entradas: requisitos do cliente, que são o gatilho para iniciar uma alteração, os requisitos técnicos de engenharia e as especificações do pedido, conforme mencionado pelo cliente.

Os mecanismos que controlam diretamente todas essas atividades são: as ferramentas CAD (software CAD/CAM/CAE), os bancos de dados de engenharia, os repositórios comuns da EC, e os recursos e equipamentos de engenharia, que desempenham um papel vital na execução de cada atividade.

Sempre que houver um RFQ (*Requisição para cotação*) solicitada pelo cliente para uma mudança, três questões importantes devem ser respondidas pelo time multiprofissional responsável pela modificação:

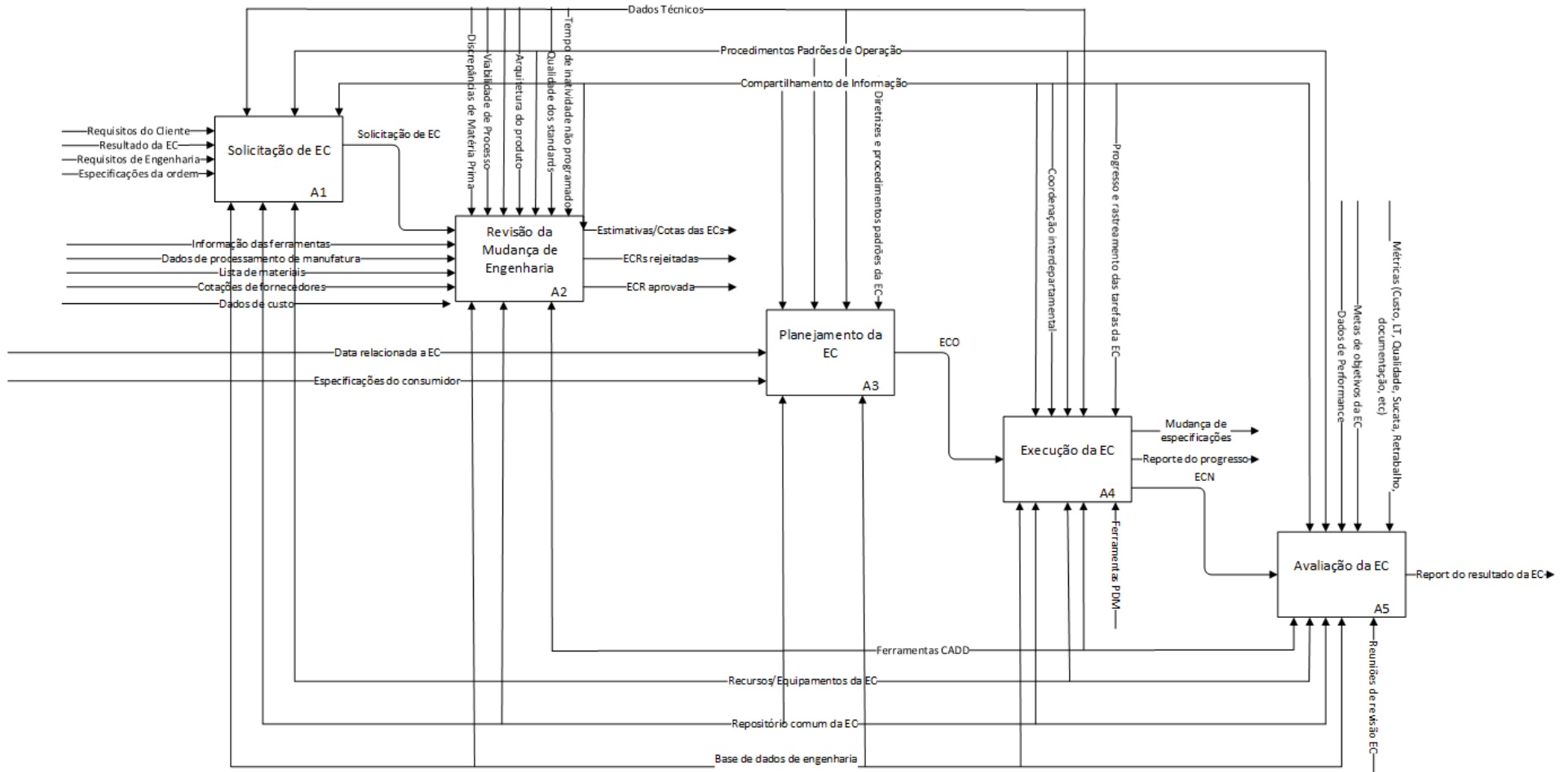
1- A alteração pode ser executada?

2 - Quais serão as implicações técnicas - processos de fabricação afetados, materiais (BOM) afetados devido à mudança, impactos na qualidade, impactos na programação?

3 - Qual será o custo incorrido?

A saída da revisão da alteração será na forma de ECRs rejeitados, cotações/estimativas de mudança para clientes, que arcarão com o custo da EC ou as próprias requisições aprovadas, que estão prontas para serem implementadas. As ECRs que precisam ser modificadas são enviadas de volta à parte solicitante. A atividade de execução terá uma saída do relatório de progresso da EC apresentado ao time multifuncional. No caso de alterações de engenharia completamente implementada, uma notificação é emitida para informar todas as entidades envolvidas sobre a implementação da alteração. O modelo de atividade completo é mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Modelo de Atividade Gerenciamento de Mudanças de Engenharia.



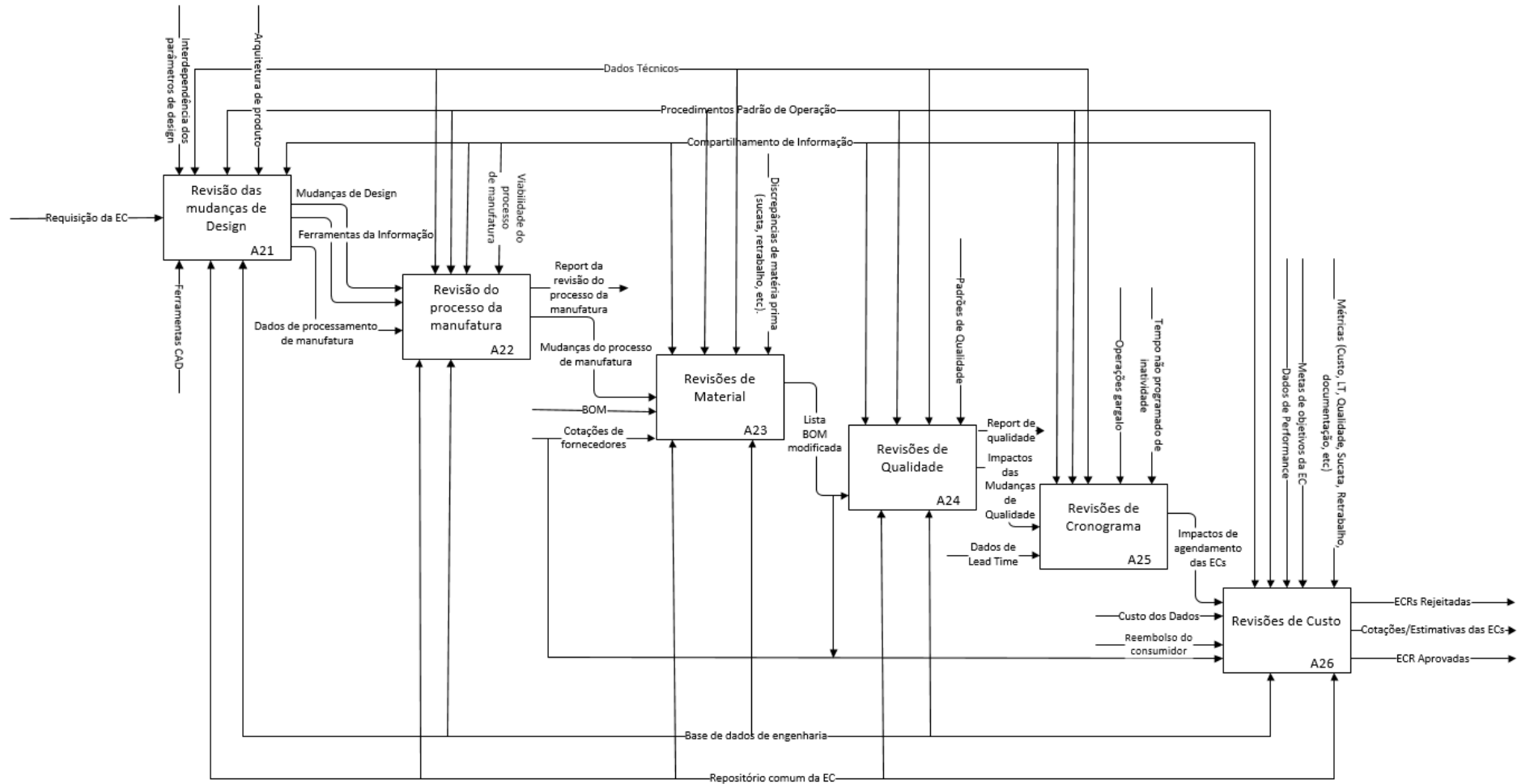
Fonte – Os Autores

Cada atividade na Figura 9, mostrada acima, será representada em suas subatividades, começando com a atividade A2. Na figura 10 apresenta-se divisão lógica da atividade A2. Esta atividade começa com a revisão do projeto que analisa o produto para qualquer mudança, seguida pela revisão do processo de fabricação, que levará em consideração os processos de fabricação que serão afetados. Além das revisões acima mencionadas, outros fatores que seriam afetados pela mudança serão os materiais utilizados para a fabricação. A BOM e as cotações do fornecedor atuarão como entradas para a revisão de materiais a ser realizada como parte da revisão da EC. O resultado de uma revisão de materiais será uma BOM modificada. O departamento de controle de qualidade também levará em conta os impactos na qualidade do produto devido à mudança de engenharia.

Outro aspecto a ser considerado será o efeito sobre o escalonamento, pois é realmente importante determinar se a alteração pode ser implementada a tempo. Por último, mas não menos importante, as conclusões das revisões acima mencionadas fornecerão a base certa para realizar uma análise de custos, além de revisão de custos para chegar a uma estimativa ou cotação a ser fornecida ao cliente, tais como custos a serem incorridos para implementar a modificação.

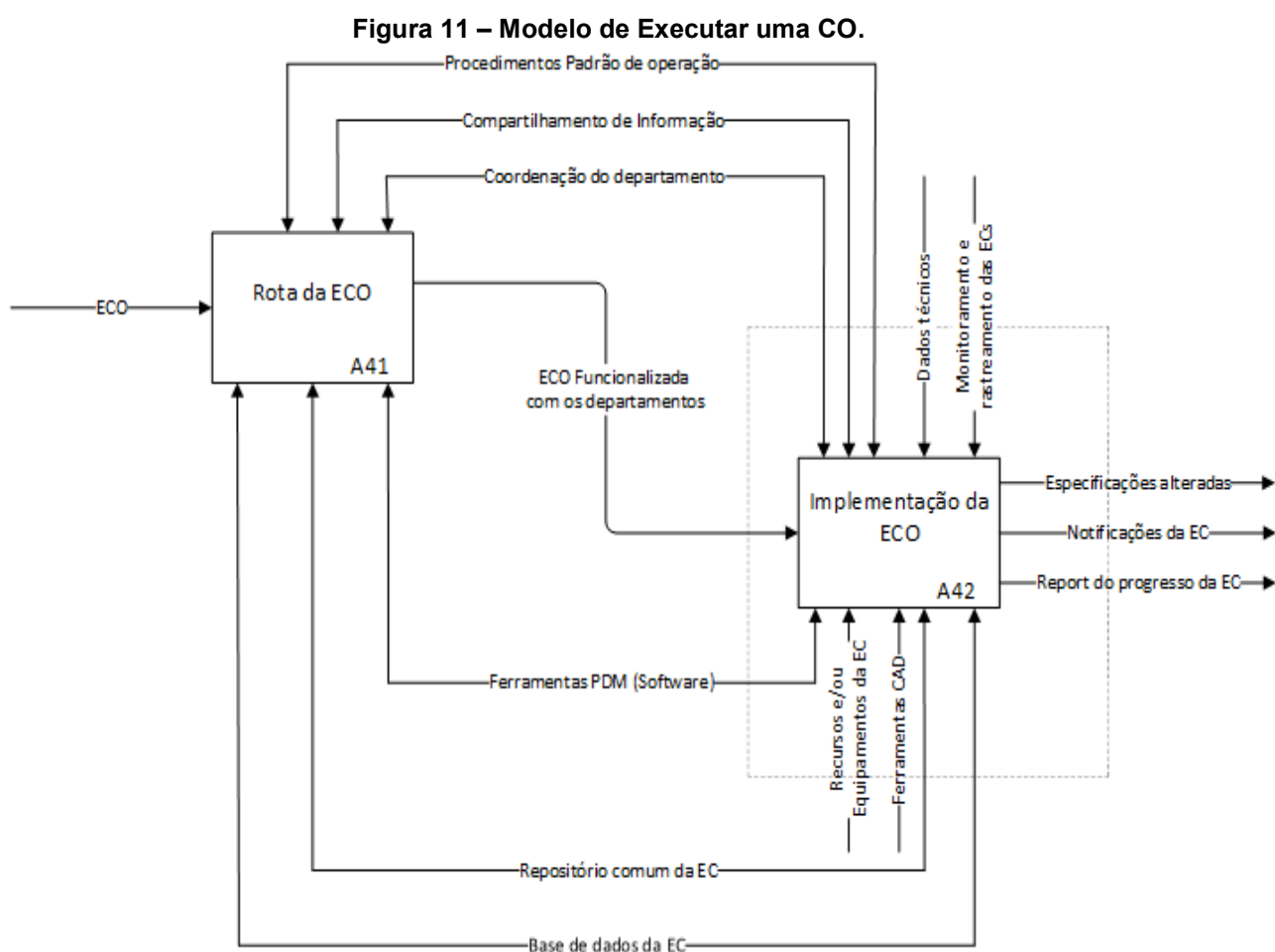
O modelo IDEF0 decomposto para a atividade de 'revisar uma mudança de engenharia' em suas subatividades, é mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Decomposição Modelo de Revisão de uma Alteração de Engenharia.



Fonte – Os Autores

A atividade de execução da ECO basicamente é composta pela rota que ela percorre até chegar na implementação que pode ser dividida nas opções de subatividades, que basicamente são as áreas em que essa mudança pode ser implementada, conforme será mostrado mais adiante. Dentre esse intervalo de rota das execuções, até a implementação como um todo, ocorre a funcionalização com os departamentos, nas quais cada área deverá, de acordo com o cronograma de implementação antes apresentado, efetuar suas atividades. Essas entradas e saídas da rota, aliadas aos mecanismos e controles existentes nessa etapa, podem ser vistos no IDEF0 da figura 11.



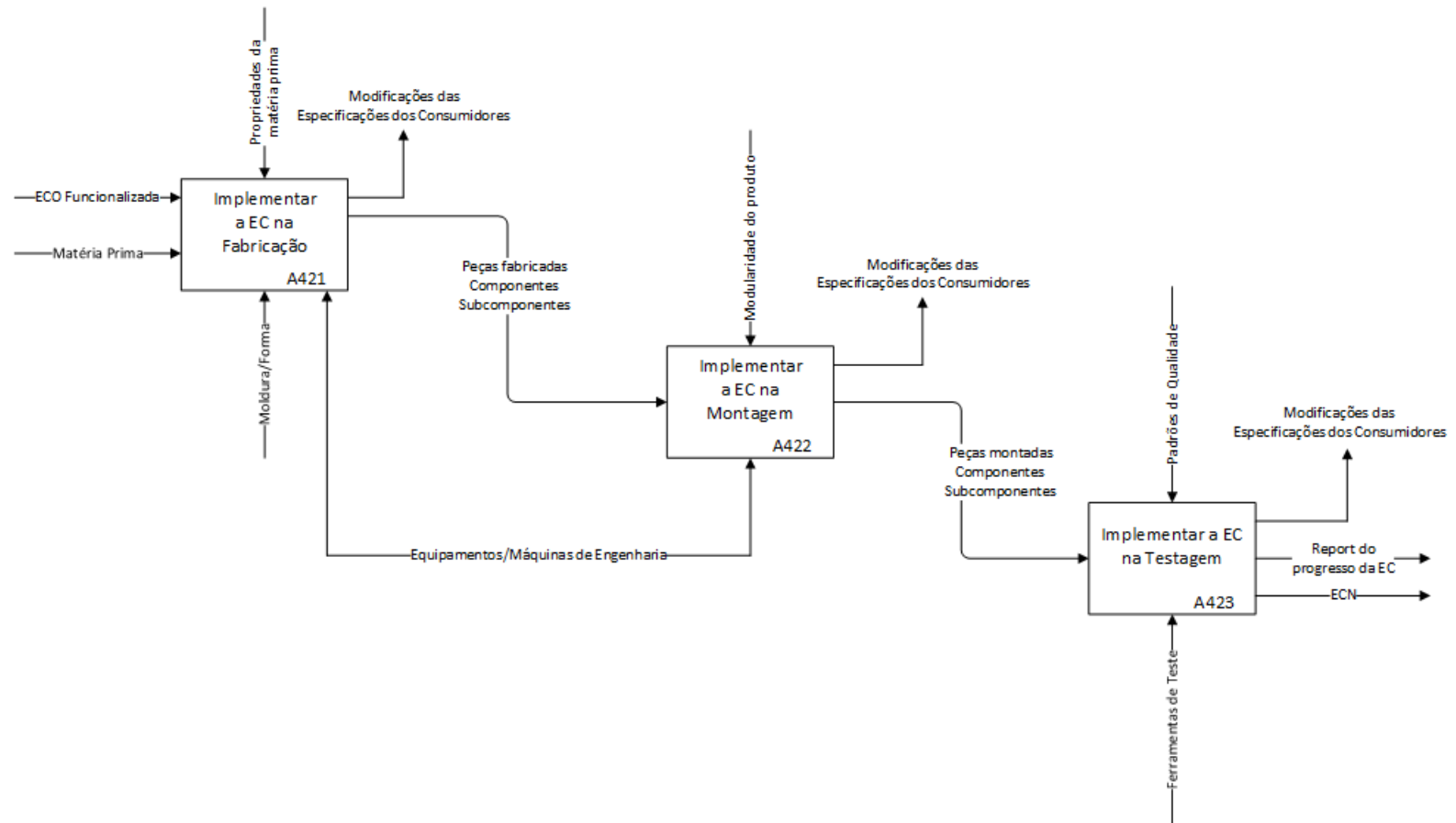
Fonte – Os Autores

Na Figura 12, a subatividade A42 (implementar a ECO) pode ser dividida em suas subatividades lógicas - ou seja, 'implementar EC na fabricação', 'implementar EC na montagem' e 'implementar EC no teste'. O diagrama IDEF0 para a

subatividade mencionada também é mostrado na figura 12. Uma EC pode afetar a fabricação de uma peça/subcomponente/componente. A função de fazer um produto/peça/componente a partir de suas matérias-primas constituintes é chamada de “fabricação”, e os insumos desta atividade são as matérias-primas que vão para a sua fabricação. As propriedades do material atuam como um controle sobre essa atividade.

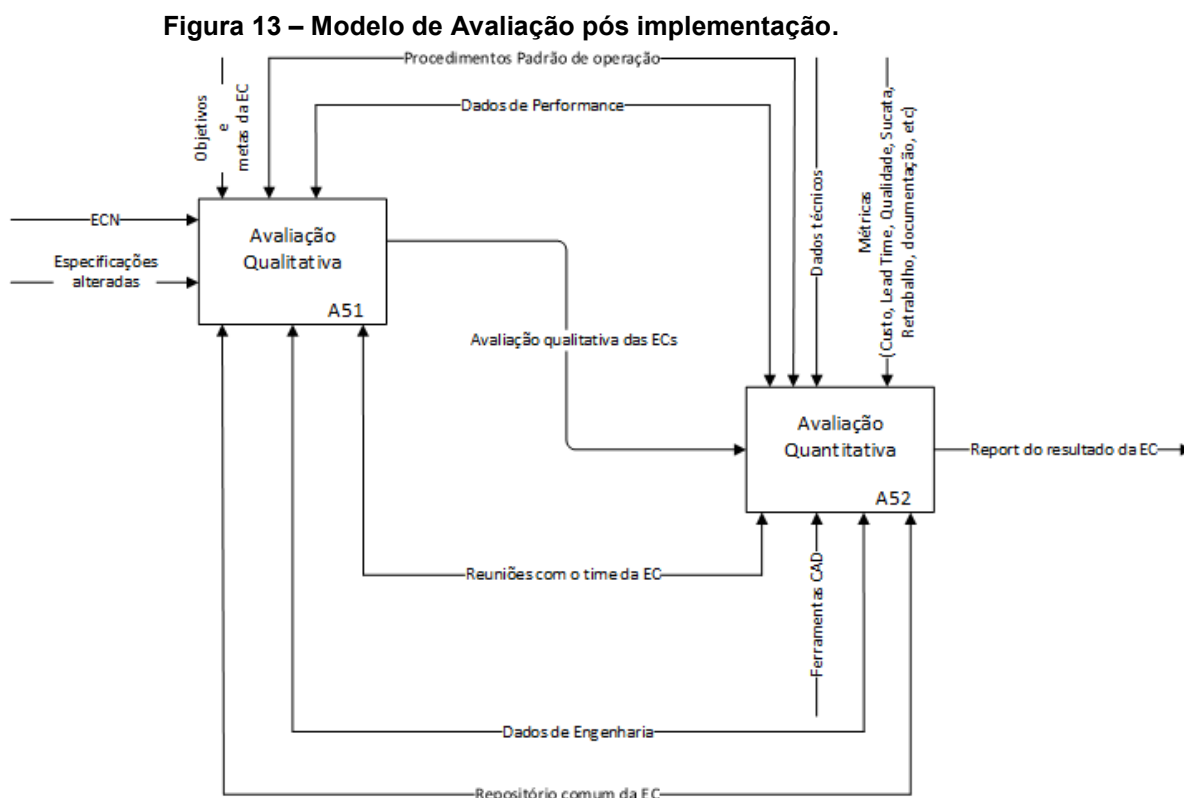
Uma alteração de engenharia pode, portanto, afetar a fabricação do componente e a EC deve ser incorporada no processo de fabricação. A fabricação também pode dar origem a modificações que precisam ser feitas de acordo com as especificações do cliente. A saída desta subatividade será uma peça / componente / subcomponente fabricado que vai para a montagem. Após a montagem, a peça / componente / subcomponente deve ser testada de acordo com os padrões de qualidade e especificações do cliente. O fato mais importante a ser lembrado aqui é que fabricação, montagem e teste podem resultar em modificações que precisam ser feitas nas especificações do cliente, dependendo do tipo de EC, conforme mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Modelo de Decomposição Funcional da implementação da CO.



Fonte – Os Autores

A última macro etapa, 'Avaliação pós implementação' é o *check* final de quanto a alteração foi bem-feita em todos os requisitos. Essa avaliação é feita qualitativamente e quantitativamente, tendo como saída o reporte do resultado final da modificação de Engenharia. A figura 13 mostra com detalhes esta etapa.



Fonte – Os Autores

4.4 Demonstração da Solução

A ideia inicial para a execução deste trabalho seria realizar o caminho do modelo guiado diante de um problema real apresentado em uma indústria. Porém, sem conseguir a liberação em tempo hábil para implementação, foi decidido apresentar aos potenciais usuários, engenheiros e profissionais de indústrias automotivas que trabalham com modificações de produto e processo na Engenharia, o modelo de informação IDEF, para que os mesmos pudessem compreender o que foi proposto e avaliar na etapa seguinte do DSR.

4.5 Avaliação da Solução

4.5.1 Validação

Como forma de validação da ferramenta IDEF0 criada, inicialmente foi considerado a realização de um questionário para os possíveis usuários do artefato, porém, avaliando e objetivando a melhoria do processo, a matriz SWOT foi considerada mais adequada para avaliação devido à complexidade e quantidade de possíveis perguntas que deveriam ser consideradas para o questionário

A matriz SWOT, no âmbito de gerenciamento de projetos, encaixa-se perfeitamente em uma avaliação de grupo e em um processo complexo, pois ela traz detalhes sobre os impactos positivos, negativos, de ameaça do processo e de melhoria.

Conforme mencionado na etapa anterior do DSR, o modelo foi demonstrado no formato de apresentação para os potenciais usuários. Além disso, no final também foi apresentado o modelo de análise SWOT para avaliação, e foi solicitado aos presentes que elencassem alguns adjetivos, de acordo com cada segmento da matriz SWOT. Posterior a isso, foram unidas as palavras sinônimas mais mencionadas e essas foram organizadas na figura 14:

Figura 14 – Matriz SWOT resultante após apresentação do IDEF0

Análise SWOT- IDEF0			
S	W	O	T
Forças	Fraquezas	Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Visão geral do processo • Padronização do processo • Redução de custos • Facilidade de avaliação 	<ul style="list-style-type: none"> • Complexidade • Dupla interpretação de alguns processos • Falta de automação 	<ul style="list-style-type: none"> • Simplificação • Melhor organização do diagrama • Melhoria na descrição de alguns processos 	<ul style="list-style-type: none"> • Aceitação da hierarquia • Forma de aplicação inicial • Engajamento dos usuários na utilização da ferramenta

Fonte – Os Autores

Como forma de seguimento do trabalho para uma melhor avaliação do modelo, foram especificadas as subdivisões da matriz SWOT nos sub-tópicos abaixo.

4.5.1.1 Forças

Foram elencadas para a divisão Força, a visão geral do processo no qual compete a ter uma ampla visibilidade dos seus estágios concebidos, ou seja, início meio e fim, também encontra-se a padronização do processo que é sempre necessário numa indústria seja no processo que for, com isso a avaliação técnica pelo time multiprofissional foi vista de forma positiva, haja visto que todos os envolvidos poderão fazer suas análises, e por fim ter o custo atrelado calculado da forma mais segura possível.

4.5.1.2 Fraquezas

Nos adjetivos da divisão fraqueza, o primeiro mais citado foi a complexidade, já que num primeiro momento o modelo informacional com sua estrutura mostrou-se robusto a ponto de transparecer ser algo um tanto quanto engenhoso de se utilizar. A variedade estrutural, aliado a particularidade existentes no processo de alteração de engenharia em cada empresa, gerou a dupla interpretação em algumas das entradas, controles mecanismos e saídas do modelo, faltando também a pré-existência de softwares para que seja alocado o modelo.

4.5.1.3 Oportunidades

Em um paralelo com a divisão Fraquezas, fica como oportunidade o resumo do diagrama, desde que sem perder seus conteúdos, com isso uma melhor organização e descrição de algumas etapas e sub-etapas constituintes.

4.5.1.4 Ameaças

Como toda mudança no trabalho, inicialmente gera-se uma resistência por parte dos usuários seja de uma máquina, ferramenta entre outros. As palavras dessa divisão comprovam que existe a possibilidade de difícil aceitação inicial por parte do time multiprofissional envolvido no tema nas empresas, assim se faz necessária uma boa apresentação do modelo a fim de engajar os colaboradores a sair da situação atual e fazer usufruto da ferramenta seguindo o escopo da mesma.

5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como foco o desenvolvimento de um modelo de informação para a gestão de alterações de engenharia. O objetivo foi alcançado ao ser desenvolvido um modelo baseado em técnicas de modelagem padronizadas com o IDEF0 para desenvolver modelo de informação. O trabalho forneceu um modelo genérico de informação, cujo foco estava no processo de execução de alteração de engenharia, em termos de suas atividades e subatividades hierárquicas constituintes. Também foram identificadas entradas para cada função (atividade), saídas de cada função e os mecanismos que representam recursos para realizar essas atividades (funções). Um modelo genérico foi desenvolvido para o processo de mudança de engenharia para a indústria automotiva.

A abordagem básica desta pesquisa foi trazer e alinhar o processo de mudança de engenharia o mais próximo possível do processo de uma empresa. Com isso trazido à tona como solução voluntariosa para o problema, é possível concluir que o segmento dela nos moldes propostos minimiza os riscos de problemas justificados neste trabalho, tais como a imprecisão nas análises técnicas, falhas na cronologia e sequenciamento lógico dos acontecimentos, trazendo onerosos gastos para a alteração, e perda de competitividade perante ao cliente.

É possível concluir também, de forma satisfatória, usando como base além da checagem para com os objetivos, a matriz SWOT com o *feedback* dos avaliadores. Ponderando os pontos positivos e os de oportunidade, é perceptível que, em boa parte do que se dispõe, o modelo teve um resultado esperado.

As melhorias e possibilidades de ampliação do estudo são descritas na próxima seção.

5.1 Trabalhos Futuros

Essa sessão aborda, de maneira breve, a melhor forma de refinar o modelo desenvolvido neste trabalho para torná-lo mais adaptável a um ambiente colaborativo.

Primeiramente, deve-se efetuar a etapa de demonstração em um estudo de caso real, e posteriormente validá-lo trará ainda mais embasamento para a pesquisa.

Além disso, seria importante promover alterações de arquitetura, bem como pós-validado, colocá-lo em um *software* de programação, a fim de facilitar para o usuário. Estas também seriam uma possibilidade de continuidade deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, C. **Proposta de modelo de mapeamento e gestão por macroprocessos**. São Paulo, 2004. 146f. Tese (doutorado) - Engenharia de Produção. Escola politécnica da Universidade de São Paulo - USP. São Paulo: São Paulo, 2004
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9001:2015: informação e documentação: referências: elaboração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (ANFAVEA). **Desempenho da Indústria Automobilística Brasileira**. Apresentação de slides. 04 fev. 2021. Disponível em: https://anfavea.com.br/docs/apresentacoes/apresentacao_fevereiro_2021.pdf. Acesso em: 20 nov. 2021.
- BESTERFIELD, D. H. *et al.* **Total Quality Management**. 3. ed. India: Dorling Kindersley, 2012.
- BRAUN, B. Building Global Institutions: The Diffusion of Management Standards in the World Economy – An Institutional Perspective. *In: ALVSTAM, C. G.; SCHAMP, E. W. Linking Industries Across the World*. Londres: Ashdate, 2005. p. 3-27.
- BRUNO, F. S. A primeira revolução social da indústria e o princípio da conectividade contínua. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 24, n. 48, p. 57-80, jan/jun 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339228064_A_primeira_revolucao_social_da_industria. Acesso em: 14 nov. 2021.
- BORTOLUCCI, D. F.; CARLETTO, B. Impactos da implantação da IATF 16949 em uma empresa do setor automotivo na região dos Campos Gerais. *In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS*, 1., Ponta Grossa, 2017. **Anais...** Ponta Grossa, 2017.
- BUCELLI, D.O; POPADIUK, S. Integração dos ativos intangíveis no processo de planejamento estratégico: uma revista à matriz SWOT. **FACEP Pesquisa**, São Paulo – SP, v. 10, n. 3, p-284-298, dez. 2007.
- CARLSSON, S. A. *et al.* Socio-technical IS design science research: developing design theory for IS integration management. **Information Systems and e-Business Management**, v. 9, n. 1, 2011. p. 109-131.
- COMITÉ DE AUTOMOCIÓN. Herramientas para la calidad. **Revista Calidad**. 2014, n. III. Madrid: Asociación Española para la Calidad.
- DAUDT, G.; WILLCOX, L. D. Indústria automotiva. *In: PUGA, F. P.; CASTRO, L. B. (org.). Visão 2035: Brasil, país desenvolvido: agendas setoriais para alcance da meta*. 1. ed. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2018. p. 183-208.

DEC, FUJITSU, IBM, MATRIX ONE, METAPHASE, SDRC, SHERPA, (1998) PDM enablers. **Joint proposal to the OMG in response to OMG manufacturing domain task force**. RFP1, 1998. mgf/1998-01-01, 248 p.

DEMING, W. E. **The Essential Deming: Leadership Principles from the Father of Quality W**. Nova York: Mc-Graw Hill, 2013.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS – DIEESE. **Nota Técnica nº 259 - A desindustrialização e o setor automotivo: retomada urgente ou crise sem fim**. 01 jul. 2021. Disponível em:
<https://www.dieese.org.br/notatecnica/2021/notaTec259desindustrializaSetorAutomotivo.pdf>. Acesso em: 24 out. 2021.

DIPRIMA, M.R. Engineering change control and implementation considerations. **Production and Inventory Management**, v. 23, n. 1, p. 81-87, 1982.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. [s.l.]: Bookman, 2015.

FERNANDES, W. A. **O movimento da qualidade no Brasil**. Barueri: Essential Idea Publishing, 2011, 155 p.

FERNÁNDEZ-BREIS, J. T.; ARANGUREN, M. E.; STEVENS, R. A quality evaluation framework for bio-ontologies. **Nature Precedings**, 2009, p. 127-130.

GULER, I.; GUILLÉN, M. F.; MACPHERSON, J. M. Global competition, institutions, and the diffusion of organizational practices: the international spread of ISO 9000 quality certificates. **Administrative Science Quarterly**, v. 47, n. 2, p. 207-232, 2002.

HARO, D. G.; CATEN, C. S. Sistemas da qualidade na indústria automobilística uma visão geral das normas existentes e as que estão por vir. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 02. **Anais**. Uberlândia, 2003. p. 1-10.

HEVNER, A. R.; MARCH, S.T.; PARK, J. Design Science in Information Systems Research. **MIS Quaterly**, v. 28, n. 1, 2004.

INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. Planejamento Avançado da Qualidade do Produto e Plano de Controle (APQP). 2 ed. Indianópolis: IQA, 2008.

INTERNATIONAL AUTOMOTIVE TASK FORCE. **IATF 16949: 2016**: Quality management system for organizations in the automotive industry. Berlim: IATF, 2016.

IRION, C.; SOUZA, F. C. Introdução de um processo de manufatura do Planejamento Avançado da Qualidade do Produto – APQP na Indústria Automobilística. *In*: SILVA, J. A. O.; HANRIOT, P. M. (Org.). **Qualidade e produtividade dos processos organizacionais: cenários e análises**. São Paulo: Editora Vale dos Livros, 2013. Disponível em:
http://www.univas.edu.br/docs/biblioteca/Livro_ICongressoCientificodaProducao_2012.pdf#page=179. Acesso em: 15 nov. 2021.

KARVI. **Qual a marca de carro mais vendida em 2020?** Homepage. 25 fev. 2021. Disponível em: https://www.karvi.com.br/blog/qual-a-marca-de-carro-mais-vendida-em-2020/#1_-_Chevrolet. Acesso em: 20 nov. 2021.

LACERDA, D. P. *et al.* Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & produção**, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.

MELLO, C. H. P. *et al.* **ISO 9001:2008**: Sistema de gestão da qualidade para operações de produção e serviços. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MELO, I. S **Administração de Sistemas de Informação**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006

NADIA, B., GREGORY, G.; VINCE, T. Engineering change request management in a new product development process. **European Journal of Innovation Management**, v. 9, n. 1, 2006. p. 5-19.

NAGYOVA, A.; PACAIOVA, H. Quality Evaluation Methodology for Research projects. *In*: DAAAM INTERNATIONAL VIENNA. **DAAAM International Scientific Book 2010**. Viena, 2010. p. 219- 226.

NIGGL, J. Solve your Production Issues in 24 hours with QRQC. Homepage. **Global Sources**. out. 2014. Disponível em: <https://www.globalsources.com/NEWS/SIC-solve-your-production-issues-in-24-hours-with-qrqc.HTM>. Acesso em: 15 nov. 2021.

PEFFERS, K. *et al.* A design science research methodology for information systems research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, 2007. p. 45-77.

PIKOSZ, P.; MALMQVIST, J. A comparative study of engineering change management in three Swedish companies. *In*: ASME CONFERENCE PROCEEDINGS. **Proceedings of DETC98 1998 ASME Design Engineering Technical Conference**. Atlanta: Amer Society of Mechanical September, set. 1998. p. 1-11.

ROCHA, J. R. **A gestão do desenvolvimento de produto via APQP na indústria automobilística**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). 120f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2009.

SANTOS, C. B.; KATO, H. T.; FREGA, J. R. Orientação da cadeia de desempenho do fornecedor na indústria automotiva brasileira. eGestão. **Revista eletrônica de gestão de negócios**, v. 2, n. 1, p. 59-77, mar. 2016.

SERIO, L.C.; SANTOS, R, C. Acelerando a estrada da conectividade. *In*: **Lucratividade pela inovação**. 1a ed. Rio de Janeiro: Elieser, 2005. pp 138-172.

SCHNEIDER, O. A.; GASPAROTTO, A. M. S. . O PAPEL DO APQP (ADVANCE PRODUCT QUALITY PLANNING) NO PRODUTO FINAL. **Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 755–766, Taquaritinga – SP, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i2.998. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/998>. Acesso em: 30 maio. 2022.

SILVA, D. C. H. **APQP: planejamento avançado da qualidade do produto**. Universidade Federal de Itajuba, 2007. Disponível em: <https://silo.tips/download/apqp-planejamento-avanado-da-qualidade-do-produto>. Acesso em 22 mar 2022.

TERWIESCH, C.; LOCH, C. H. Managing the Process of Engineering Change Orders: The Case of the Climate Control System in Automobile Development. **Journal of Product Innovation Management**, Vol. 16, No 2, 1999, pp. 160-172.

US AIR FORCE, ICAM ARCHITECTURE. **Part II, Functional Modeling Manual (IDEFO)**, vol. IV, AFWAL-TR-81-4023, Materials Laboratory, Wright-Patterson Air Force Base, OH, 1981.

VAN AKEN, J.; BERENDS, H.; VAN DER BIJ, H. **Problem solving in organizations: A methodological handbook for business and management students**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

VAZ, L. F. H.; BARROS, D. C.; CASTRO, B. H. R. Veículos híbridos e elétricos: Sugestões de políticas públicas para o segmento. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 41, p. 295-344, mar. 2015. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4284/1/BS%2041_Ve%c3%adculos%20h%c3%adbridos%20e%20el%c3%a9tricos_P.pdf. Acesso em: 14 nov. 2021.

VILA, J. M. **Projeto de implantação da ISO/TS 16949 em uma indústria metal mecânica**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia. Universidade Estadual de Maringá (UEM) – Maringá - PR, 2016.

WRIGHT, I.C. Engineering Changes: A case Study, production and Inventory. **Management Journal**, Vol. 25, Issue 1, Jan 1997, pp. 33-42.