



FRAMEWORK INTEGRADO BASEADO NAS CORE TOOLS E TEORIA DAS RESTRIÇÕES: OTIMIZANDO A GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

SARAH GATTI GUIMARÃES – sarah.gatti@unesp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP – BAURU - FEB

JOÃO VICTOR ROJAS LUIZ – joao.rojas@unesp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP – BAURU - FEB

ÁREA: 5. ENGENHARIA DO PRODUTO

SUBÁREA: 5.1 – GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

RESUMO: A INDÚSTRIA AUTOMOTIVA EXIGE INOVAÇÃO E QUALIDADE COMO REQUISITOS INDISPENSÁVEIS NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS. NESSE CONTEXTO, FERRAMENTAS DE QUALIDADE COMO APQP, PPAP, FMEA, PLANO DE CONTROLE E 8D SÃO FUNDAMENTAIS PARA RESPONDER ÀS DEMANDAS DOS CLIENTES DE MONTADORAS E SEUS FORNECEDORES. CONTUDO, ESSAS FERRAMENTAS FREQUENTEMENTE NÃO CONSIDERAM OS FATORES RESTRITIVOS INERENTES AOS SISTEMAS, CONFORME PRECONIZA A TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC). ESTE ESTUDO INTEGRA OS PRINCÍPIOS DA TOC ÀS CORE TOOLS POR MEIO DE UM FRAMEWORK VOLTADO A IDENTIFICAR E TRATAR GARGALOS NOS PROCESSOS. CONDUZIDA EM UMA MONTADORA TRANSNACIONAL COM FÁBRICA EM SÃO PAULO, A PESQUISA REVELOU UMA REDUÇÃO DE 20% NAS RFAS 'NO' E DE 5% NOS PPAPS EM ANDAMENTO, ALÉM DE UM AUMENTO SIGNIFICATIVO NO FECHAMENTO DOS APQPS. A PARTIR DO USO DA FERRAMENTA SCRUM | KANBAN, RESULTOU EM UMA REDUÇÃO DE 86,27% NAS PEÇAS REJEITADAS E DE 15,17% NAS IRS ABERTAS APÓS O PRIMEIRO LOTE DE PRODUÇÃO. ASSIM, A INTEGRAÇÃO DAS CORE TOOLS E TOC, APOIADA POR FERRAMENTAS PRÁTICAS COMO SCRUM | KANBAN, MOSTRA-SE EFICAZ NA OTIMIZAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, OFERECENDO UMA ESTRUTURA ROBUSTA PARA MELHORIA CONTÍNUA, DESTACANDO A IDENTIFICAÇÃO E TRATAMENTO DE ELEMENTOS RESTRITIVOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO.

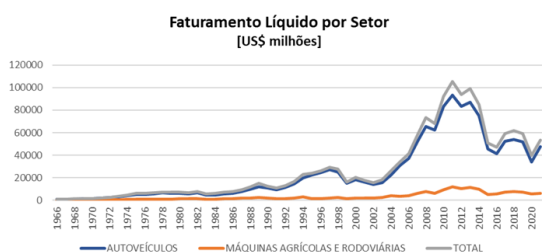
PALAVRAS-CHAVES: CORE TOOLS; TEORIA DAS RESTRIÇÕES; SCRUM; KANBAN; PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS; INDÚSTRIA AUTOMOTIVA.

1. INTRODUÇÃO

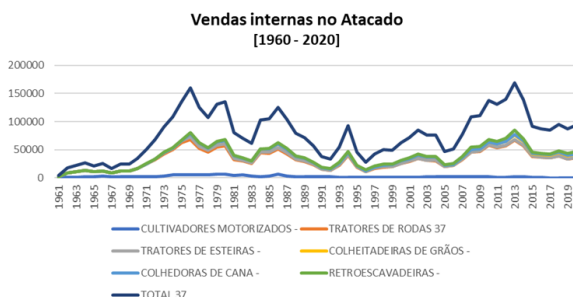
O setor automotivo brasileiro, representado na Figura 1, enfrentou desafios e flutuações ao longo de sua trajetória, revelando-se resiliente diante de crises econômicas globais e internas. A análise desses períodos específicos destaca a complexidade e interconexão da indústria com fatores econômicos e eventos mundiais, sublinhando um processo contínuo de maturidade do setor. Em 2022, o Brasil testemunhou a circulação de mais de 46 milhões de veículos, com a distribuição da frota circulante no período de 2018 a 2022 categorizando os principais tipos de veículos nas categorias leve, caminhões e ônibus. O mercado automotivo brasileiro sustentou diretamente 101.889 empregos nas montadoras, mantendo-se praticamente inalterado desde 2020. Este mercado multifacetado é composto por diversos elementos, cada um desempenhando um papel em sua cadeia de valor, segmentado por montadoras de veículos – formatos completos e especializadas em chassis ou carrocerias –, fabricantes de autopeças para veículos novos e mercado de reposição, fornecedores de serviços – com enfoque na manutenção de sistemas veiculares, comumente oficinas –, atacadistas, varejo e/ou outras lojas que oferecem serviços de instalação de componentes relacionados à segurança, estética ou entretenimento veicular (ANFAVEA, 2023).

FIGURA 1 – Representação do mercado brasileiro.

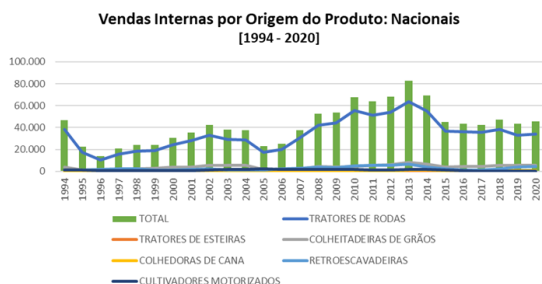
a) Faturamento líquido por setor.



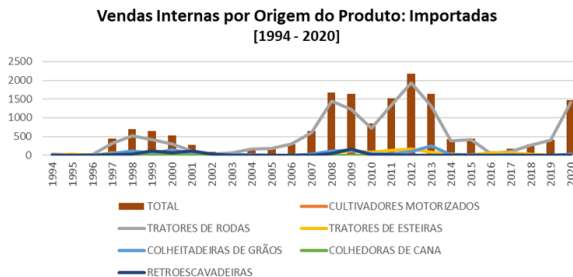
b) Representação de vendas internas no atacado.



c) Representação de vendas internas nacionais.



d) Representação de vendas internas importadas.



Fonte: Adaptado de ANFAVEA (2023).

No conceito mercadológico e preditivo, a prospecção de cenários como prática estratégica oferece inúmeras vantagens ao planejamento, permitindo a antecipação de múltiplos futuros potenciais e a análise das interdependências entre elementos a serem estudados, além

de identificar problemas que métodos menos abrangentes poderiam negligenciar (GODET e DIAS, 2008). No Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), essa abordagem assegura um produto validado e um processo que mantenha a qualidade final, exigindo uma gestão abrangente e estruturada ao longo das diversas etapas do projeto. Montadoras como Ford e GM desenvolveram metodologias padronizadas, como APQP e PPAP, obrigatórias para fornecedores, consolidando diretrizes e práticas reconhecidas como *core tools* na indústria automotiva (AIAG, 2006, 2008). A gestão da qualidade é essencial para garantir a satisfação do cliente e a conformidade dos produtos e serviços no setor automotivo, e a Teoria das Restrições (TOC) apresenta uma abordagem para identificar e eliminar as restrições que limitam o desempenho de um sistema (GOLDRATT, 1990).

A complexidade das exigências levou à necessidade de unificar os requisitos em uma especificação técnica, ISO/TS 16949, padronizando os requisitos dos fornecedores da cadeia automotiva, facilitando a comunicação entre montadoras e fornecedores e melhorando a cadeia de suprimentos (ARNOSTI, NEUMANN, *et al.*, 2013). A revisão IATF 16949:2021 integra-se com a ISO 9001:2015, harmonizando os sistemas de gestão da qualidade e simplificando a certificação, além de enfatizar a gestão de riscos em todas as etapas do processo. Integrar as *Core Tools* aos conceitos da TOC é um desafio e o objetivo deste estudo é propor framework integrado, baseado em um escalonamento conceitual da aplicação das práticas, trazendo o olhar da TOC para a aplicação na indústria automotiva.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Teoria das Restrições (TOC)

A TOC oferece um arcabouço teórico para o gerenciamento holístico das organizações, focando na maximização do ganho por meio da identificação e gestão das restrições de capacidade. Essa abordagem permite uma análise abrangente dos processos, facilitando a tomada de decisões gerenciais alinhadas com os objetivos estratégicos da organização (LACERDA, CASSEL e RODRIGUES, 2010). Concentrando-se na identificação e eliminação das restrições, elementos que limitam o desempenho de um sistema, a TOC considera o sistema como uma corrente de elos interdependentes onde o desempenho é limitado pelo elo mais fraco (GOLDRATT, 1990). A teoria busca a melhoria contínua do desempenho do sistema como um todo, utilizando os cinco passos de focalização: identificação da restrição, exploração das opções para maximizar a restrição, alinhamento dos demais pontos do sistema às decisões tomadas, elevação da restrição aumentando sua capacidade, e reinício do processo para evitar inércia. Ademais, utilizam-se indicadores divididos em globais e locais, para avaliar o progresso

em direção às metas. Para medir o impacto das decisões gerenciais, Kendall (2007) sugere três indicadores locais fundamentais: ganho (receita gerada pelas vendas), investimento (recursos alocados na aquisição de bens e ativos) e despesa operacional (custos associados à transformação do investimento em ganho).

2.2 O Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP)

O PDP engloba não apenas aspectos de custo e desempenho técnico, mas a qualidade do produto conforme os requisitos dos clientes, a rápida introdução no mercado para aproveitar oportunidades e antecipar-se à concorrência, a facilidade de produção e montagem, e o contínuo desenvolvimento de capacitações para futuros projetos (ROZENFELD, FORCELLINI, *et al.*, 2012). O planejamento do PDP detalha: produto a ser oferecido, desempenho esperado, especificações necessárias, processos de produção, movimentação e armazenamento, além de identificar atividades a serem terceirizadas (DIAS, 2003).

Pesquisas de Cormican e Sullivan (2004) indicam que os principais problemas na gestão do desenvolvimento de novos produtos incluem a falta de foco no cliente, o escasso compartilhamento de visão entre áreas especializadas, gestão deficiente de portfólio e falhas na comunicação e transferência de conhecimento entre equipes. Carvalho e Rabechini Junior (2005) reforçam que o gerenciamento de projetos requer habilidades, técnicas e ferramentas específicas, destacando a crescente preocupação com a gestão de projetos como um meio de alcançar alta qualidade com eficiência de recursos (KERZNER, 1987).

Tuman (1983), citado por Pinto e Covin (1989), sublinha que projetos possuem atributos como limitação de orçamento, tempo e estrutura de equipe, além de objetivos de desempenho e atividades complexas inter-relacionadas. Estes atributos ilustram a natureza desafiadora dos projetos, enfatizando a importância do gerenciamento adequado. A gestão de projetos exige a administração aprimorada de nove áreas de conhecimento interligadas aos processos gerenciais: integração, escopo, prazos, custos, recursos humanos, aquisições, qualidade, riscos e comunicação. Estes elementos são essenciais para a integração dos diversos componentes de um projeto, promovendo a eficiência e a produtividade.

2.3 APQP e PPAP

O Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (APQP) e o Processo de Aprovação de Peças de Produção (PPAP) são ferramentas fundamentais na indústria automotiva para assegurar que os produtos atendam aos requisitos rigorosos de qualidade dos clientes. O APQP é um processo sistemático que garante a compreensão e atendimento de todos os requisitos do cliente durante o desenvolvimento do produto, permitindo uma abordagem preventiva na gestão

da qualidade (MITTAL, KAUSHIK e KHANDUJA, 2012), enquanto o PPAP é um processo abrangente de aprovação de peças de produção em massa, assegurando que as peças atendam às especificações de qualidade antes de serem entregues aos clientes finais. Ambos os métodos identificam riscos e implementam medidas preventivas antes do início da produção seriada (SHROTRI e DANDEKAR, 2012). O PPAP, em particular, inclui documentos que são submetidos ao cliente para homologação do produto, abrangendo desde a aprovação de novas peças até modificações no projeto, especificações ou materiais afim de assegurar a conformidade e qualidade contínua (PPAP, 2006).

2.4 8D

A metodologia 8D (*Team Oriented Problem Solving* - TOPS) é uma ferramenta aplicável para a melhoria da qualidade de produtos e processos em qualquer segmento industrial (CAMPAGNARO, REBELATO, *et al.*, 2008). Executada corretamente, essa abordagem padronizada lida com materiais não conformes, identificando erros, analisando causas raízes, limitando perdas e prevenindo a recorrência de falhas, resultando na redução dos custos de produção e no aumento da qualidade. A estrutura compreende oito etapas ou oito disciplinas (8D): formação da equipe responsável, identificação e descrição do problema, definição de métricas de contenção, análise da causa raiz, desenvolvimento e implementação das ações corretivas, mitigação do problema e reconhecimento da equipe – promovendo resolução de problemas em curto prazo enquanto sustenta a melhoria contínua dos processos (KAPLÍK, PRÍSTAVKA, *et al.*, 2013).

Os impactos nos indicadores da TOC podem ser agravados por ações corretivas ineficazes ou demandantes de recursos adicionais, como horas extras ou investimentos em novos equipamentos. A localização do recurso produtivo responsável pela não conformidade também influencia: se estiver no início do processo produtivo, os efeitos negativos podem se propagar rapidamente, afetando o tempo de ciclo e a capacidade de produção total. Após a notificação de não conformidade por meio do *Inspection Report* (IR), o fornecedor deve reagir imediatamente para conter o problema e evitar perturbações na produção ou riscos à qualidade. O fornecedor deve seguir um cronograma para identificar, corrigir e implementar ações corretivas permanentes, aplicando as lições aprendidas a todos os produtos ou processos semelhantes (implantação horizontal). As contramedidas permanentes devem ser implementadas para todas as categorias de defeitos em todas as peças e processos.

2.5 FMEA

O FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) é uma ferramenta de avaliação de risco

que busca identificar e mitigar possíveis falhas em processos ou produtos. Sua análise sistemática permite a identificação de modos de falha, causas raízes e os efeitos dessas falhas, possibilitando o desenvolvimento de medidas preventivas eficazes para evitar ou minimizar os riscos associados (MIKULAK, MCDERMOTT e BEAUREGARD, 2017). Segundo Blache e Shrivastava (1994), o conceito de falha está associado à inadequação de um recurso para o uso, comprometendo a funcionalidade do item em questão, os autores ainda categorizam as falhas em intermitentes e estendidas, completas e parciais, e graduais ou súbitas, resultando em falhas de degradação ou catastróficas. Falha, conforme Rausand e Oien (1996), é o término da capacidade de um item desempenhar sua função requerida, sendo um evento indesejado responsável por erros e mau funcionamento em processos produtivos, segmentada em desgaste, mau uso ou inerentes à fragilidade de materiais ou *design* construtivo.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Este estudo adota uma abordagem metodológica mista, combinando pesquisa exploratória com pesquisa de campo e análises qualitativas e quantitativas, para investigar a interação entre a Teoria das Restrições (TOC) e as *core tools*, analisando se a aplicação conjunta pode resultar em melhorias nos processos. Foi realizado um estudo de caso em uma montadora automotiva no estado de São Paulo, explorando mecanismos subjacentes e sua contribuição para a eficiência e qualidade dos processos, em um período de nove meses. A pesquisa de campo contou com um recorte de 80 fornecedores nacionais, com enfoque nos dez mais representativos, e envolveu a observação direta dos processos de desenvolvimento de novos produtos e controle das produções em série, proporcionando uma visão detalhada e abrangente dos resultados dessa interação.

3.1 Estudo de Campo – Fluxo de desenvolvimento de produtos OEM

A gestão eficaz de um processo requer um vislumbre claro do mesmo, inicialmente representado pelo mapeamento das diversas tarefas envolvidas e suas sequências, conforme Mello e Salgado (2005). O mapeamento adotado pela montadora transnacional, vislumbre deste estudo, é apresentado com linguagem gráfica, exposição gradual e controlada dos detalhes, descrição precisa, foco nas interfaces do processo e uma análise consistente com o vocabulário do projeto como preconiza Tseng, Qinhai e Su (1999). A Figura 2 destaca as interfaces nas ações, as tomadas de decisão, os *inputs* e *outputs*, além das ações independentes e interdependentes entre setores internos e fornecedores. Neste fluxo as cinco fases do desenvolvimento são interligadas e requerem a conclusão autônoma de cada etapa.

Uma lacuna significativa na avaliação de riscos para o desenvolvimento é evidenciada,

revelando um impasse: a priorização da produção física pelo fornecedor, muitas vezes negligencia a documentação essencial que fundamenta o produto e seu processo – *bóton* 2 indicado em vermelho. Aspectos críticos como qualidade, repetibilidade, capacidade e fluxo ideal para a mitigação de erros, além do mapeamento de possíveis falhas, boletins técnicos do material, estrutura e composição química (MDS, *Material Datasheet*) são subestimados. A validação do produto garante a qualidade no lançamento, enquanto a validação do processo assegura a repetibilidade ao longo do tempo, sem degradação das características do produto devido a variações no processo, sendo ambas rigorosamente documentadas no PPAP. A falta de clareza nos objetivos e a ausência de *feedbacks* tempestivos dos *buyers* frequentemente resultam em extensos ciclos de negociação e falta de nomeação para o primeiro fornecimento, prejudicando a tração necessária no início do processo (*bóton* 1, amarelo). Em contraste, a finalização do fluxo (*bótons* 3 e 4) requer novas ações de fechamento pelo *buyer*, incluindo o cadastro e alinhamento do suprimento com a controladoria de materiais para atendimento à linha da montadora, com parâmetros calibrados e configurados sistemicamente na estrutura.

FIGURA 2 – Visão geral do fluxo do processo de desenvolvimento da montadora.

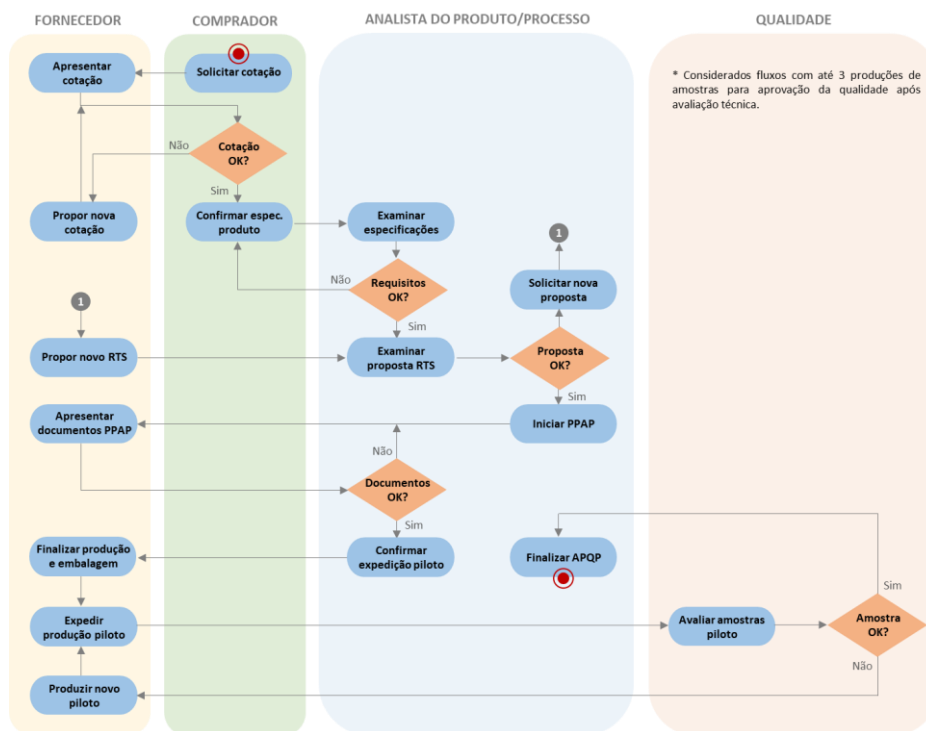


Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Para fornecedores e gestores, compreender a importância do equilíbrio entre produção física, documentação e habilitações sistêmicas é necessário. Um recurso auxiliar, seja método ou ferramenta, pode auxiliar na visualização das etapas, dependências e ações necessárias, garantindo que todos os aspectos do processo sejam abordados de maneira holística e eficaz.

Reordenando o diagrama em blocos de responsabilidades (Figura 3), a falta de clareza na identificação e gestão dos passos ideais penaliza todo o fluxo, comprometendo prazos e a eficiência do processo. Nos últimos 11 anos, foram registrados 7.576 PNs (*part number*) em aberto, sendo 69% truncados na negociação e 31% na fase de nomeação. Isso significa que a alternativa para a disponibilidade da peça recai sobre aquisições de fontes internacionais, resultando em margens de ônus para frete aéreo que penalizam o custo do produto final.

FIGURA 3 – Diagrama sistemático: processo de desenvolvimento do produto na montadora.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

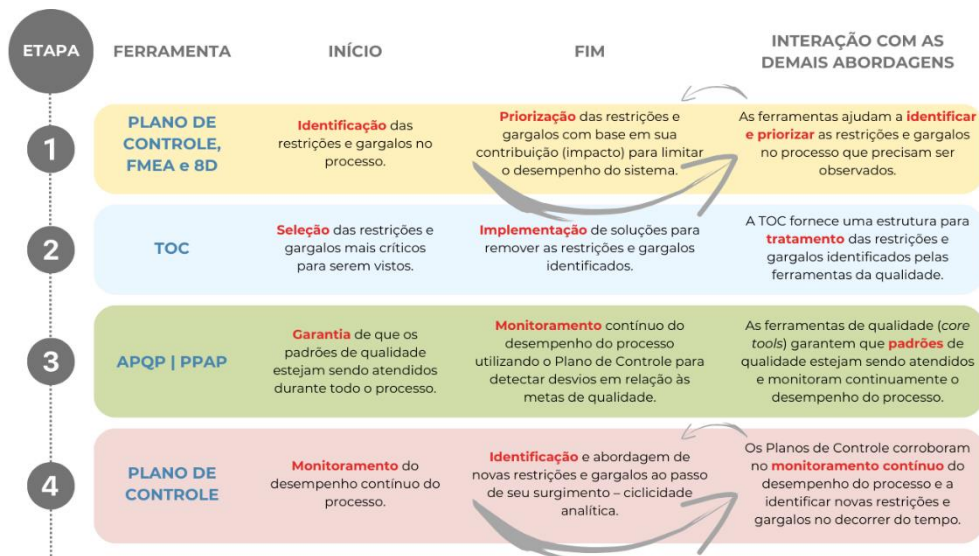
Analisando as lacunas, observa-se que as falhas no processo obscurecem os estágios. Desde as fases de cotação, estudo de viabilidade e submissão de propostas, os fornecedores estão ativos na busca pelo PN. Contudo, com os obstáculos de *feedback* da montadora, perdem a visibilidade do que está em seu controle e do que precisa ser feito para finalizar o processo e iniciar a entrega em série das peças, uma vez nomeado. A dificuldade significativa e os prazos estendidos para a conclusão dos APQPs começam a afetar novos negócios, prejudicando a pontuação no *scorecard* de parceria, um indicador que monitora o desempenho dos fornecedores – calculado a partir de uma média móvel de três meses, classificando o desempenho e condicionando a cadeia de suprimentos a abordar proativamente questões de qualidade (busca tendências negativas de qualidade que justificam o término da parceria).

3.2 Framework proposto

Apesar das diferenças circunstanciais quanto às origens e aplicabilidade das ferramentas

de qualidade e TOC, é possível integrá-las para identificar e abordar restrições e gargalos processuais. Esta integração se fundamenta nos primeiros e terceiros passos de focalização da TOC: identificação da restrição e seleção da melhor opção, respectivamente. Aplicadas em conjunto, a TOC e as *core tools*, podem melhorar a eficiência e a qualidade dos processos, utilizando o fluxo de pensamento TOC para identificar e tratar a restrição, enquanto as *core tools* se concentram na melhoria e desempenho do processo (Quadro 1).

QUADRO 1 – *Framework* das contribuições TOC e *Core tools* no fluxo de desenvolvimento.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

3.2.1 SCRUM | KANBAN: FERRAMENTA PARA A GESTÃO DE AÇÕES

Para mitigar os *gaps* observados, que se mostraram mais significativos que as falhas no processo de fabricação ou na peça em si, a abordagem prática preconiza trazer transparência às etapas e refletir os progressos. Derivativo dos pilares do *framework*, cria-se um instrumento focado na gestão de atividades, ações, prioridades, responsabilidades, prazos e observação para informações relevantes sobre os obstáculos no desenvolvimento específico, redefinição de prioridades, reagendamentos e todas as considerações em ação.

Esse instrumento, SCRUM | KANBAN (Figura 4), combina elementos do Scrum e do Kanban para criar uma abordagem híbrida flexível e adaptável ao gerenciamento de projetos. Na primeira função, Configurações, campos como "Projetos" e "Status" são definidos pela montadora, enquanto "Responsável" e "Contato" devem ser preenchidos pela gerência do fornecedor. A matriz de responsabilidades torna os inter-relacionamentos entre atividades diretos e assertivos, habilitando contatos para manter a matriz atualizada. Na segunda função, Tarefas, a gestão de tarefas (PNs) e suas respectivas etapas são inseridas pelo SQA (*Supplier Quality Engineer*), com preenchimento automático das responsabilidades segundo ordenações anteriores. A prioridade das tarefas é baseada no tempo necessário para completar o ciclo

APQP-PPAP, com classificação alta para desenvolvimentos até 60 dias, média para prazos entre 60 e 120 dias, e baixa para prazos acima de 120 dias – o *status* das tarefas é atualizado pelo responsável do fornecedor e pode variar entre *backlog* (aguardando ação), fazendo (com possibilidade de indicar o percentual concluído), feito (quando concluído), pausado (temporariamente), cancelado (definitivamente) ou agendado (novos alinhamentos são requeridos). A extensão ‘Amostras’ gerencia as solicitações de amostras para avaliação do setor de qualidade da montadora, com datas e provisões que abrangem desde o planejamento até a produção e expedição. No terceiro recurso, Kanban, todas as atividades lançadas em Tarefas são espelhadas, proporcionando uma abordagem visual que facilita a compreensão das atividades e seu *status* com filtros dinâmicos. O quarto recurso, *Dashboard*, oferece um mapa macro com apresentações detalhadas de todas as atividades em andamento, permitindo uma análise abrangente dos condicionais das atividades. Finalmente, a função Gantt oferece uma representação visual temporal de todas as atividades planejadas, permitindo que os usuários ajustem o intervalo de tempo e segmentem as prioridades, além de fornecer um gráfico de *burndown* para ilustrar a evolução das demandas e o consumo de horas previsto.

FIGURA 4 – SCRUM | KANBAN: Ferramenta de aplicação derivativa do *framework*.

a) Matriz de responsabilidades: Configurações.

FORNECEDOR Configurações Tarefas Kanban Dashboard Amostras Gantt

1. Configurações

1.1. Responsável 1.2. Projetos 1.3. Status 1.4. Contato Responsável

Nome	Projeto	Status	E-mail	Telefone
Responsável 1	Atividade 1 (Data)	Backlog	Responsavel1@fornecedor.com.br	(00) contato@responsavel1
Responsável 2	Atividade 2	Agenda	Responsavel2@fornecedor.com.br	(00) contato@responsavel2
Responsável 3	Atividade 3	Cancelado	Responsavel3@fornecedor.com.br	(00) contato@responsavel3
Responsável 4	Atividade 4	Pausado	Responsavel4@fornecedor.com.br	(00) contato@responsavel4
Responsável 5	Atividade 5	Fazendo	Responsavel5@fornecedor.com.br	(00) contato@responsavel5
Responsável 6	Atividade 6	Fazendo	Responsavel6@fornecedor.com.br	(00) contato@responsavel6
Responsável 7	Atividade 7	Fazendo	Responsavel7@fornecedor.com.br	(00) contato@responsavel7
Responsável 8	Atividade 8	Fazendo	Responsavel8@fornecedor.com.br	(00) contato@responsavel8
Responsável 9	Atividade 9	Fazendo	Responsavel9@fornecedor.com.br	(00) contato@responsavel9
Responsável 10	Atividade 10	Fazendo	Responsavel10@fornecedor.com.br	(00) contato@responsavel10
Responsável 11	Atividade 11	Fazendo	Responsavel11@fornecedor.com.br	(00) contato@responsavel11
Responsável 12	Atividade 12	Fazendo	Responsavel12@fornecedor.com.br	(00) contato@responsavel12
Responsável 13	Atividade 13	Fazendo	Responsavel13@fornecedor.com.br	(00) contato@responsavel13

b) Fluxo de atividades e prioridades: Tarefas (PNs).

FORNECEDOR Configurações Tarefas Kanban Dashboard Amostras Gantt

2. Tarefas

Tarefa	Projeto	Responsável	Prioridade	Data de Início	Data de Fim	Chamado	Status	%	Em Andamento	Comentário
1111111	Atividade 1	Responsável 2	Alta	10/01/2024	10/01/2024	40	Fazendo	0%	Não	
1111112	M01 (CDK)	Responsável 6	Alta	25/06/2023	10/01/2024	200	Agenda	0%	Sim	Reprogramar para 20/01/2024
1111113	PPON	Responsável 10	Alta	10/11/2023	14/01/2024	120	Fazendo	0%	Sim	
1111114	M01 (CDK)	Responsável 6	Alta	07/11/2023	14/01/2024	100	Fazendo	0%	Sim	
1111115	M01 (CDK)	Responsável 6	Alta	03/10/2023	14/01/2024	15	Fazendo	0%	Sim	
1111116	M01 (CDK)	Responsável 6	Alta	14/07/2023	20/01/2024	200	Fazendo	0%	Não	
1111117	PPM	Responsável 11	Alta	14/09/2023	20/01/2024	180	Fazendo	0%	Não	
1111118	PPM (Documentos)	Responsável 9	Alta	06/09/2023	24/01/2024	200	Fazendo	0%	Não	
1111119	PPM (Documentos)	Responsável 9	Alta	29/10/2023	24/01/2024	50	Fazendo	0%	Não	
1111120	PPM (Documentos)	Responsável 9	Alta	02/10/2023	24/01/2024	10	Fazendo	0%	Não	
1111121	PPM	Responsável 11	Alta	25/01/2024	30/01/2024	40	Fazendo	0%	Não	
1111122	PPM	Responsável 11	Alta	06/09/2023	01/04/2024	300	Fazendo	0%	Não	
1111123	PPM	Responsável 11	Alta	06/10/2023	01/04/2024	180	Fazendo	0%	Não	

c) Provisão do desenvolvimento e produção piloto: Amostras – Primeira Produção.

FORNECEDOR Configurações Tarefas Kanban Dashboard Amostras Gantt

2. Amostras

PN	APQP	Kickoff	Planejamento do Processo	Desenvolvimento do Processo	Produção das Amostras	Fechamento APQP
1111111	2000228864	10/01/2024	20/01/2024	14/02/2024	29/02/2024	20/03/2024
1111112	2000214884	25/06/2023	22/01/2024	16/02/2024	02/03/2024	22/03/2024
1111113	2000214974	10/11/2023	24/01/2024	04/03/2024	04/03/2024	24/03/2024
1111114	2000214977	07/11/2023	26/01/2024	20/02/2024	06/03/2024	26/03/2024
1111115	2000254754	03/03/2024	28/01/2024	22/02/2024	08/03/2024	28/03/2024
1111116	2000254755	14/07/2023	30/01/2024	24/02/2024	10/03/2024	30/03/2024
1111117	2000254756	19/09/2023	01/02/2024	26/02/2024	12/03/2024	01/04/2024
1111118	2000254757	06/09/2023	03/02/2024	28/02/2024	14/03/2024	03/04/2024
1111119	2000222448	25/02/2024	05/02/2024	01/03/2024	16/03/2024	05/04/2024
1111120	2000194739	02/02/2024	07/02/2024	03/03/2024	18/03/2024	07/04/2024
1111121	2000254759	25/01/2024	09/02/2024	05/03/2024	20/03/2024	09/04/2024
1111122	2000254760	06/06/2023	11/02/2024	07/03/2024	22/03/2024	11/04/2024
1111123	2000254762	06/10/2023	13/02/2024	09/03/2024	24/03/2024	13/04/2024

d) Painel de acompanhamento dos *status* das atividades: Kanban.

FORNECEDOR Configurações Tarefas Kanban Dashboard Amostras Gantt

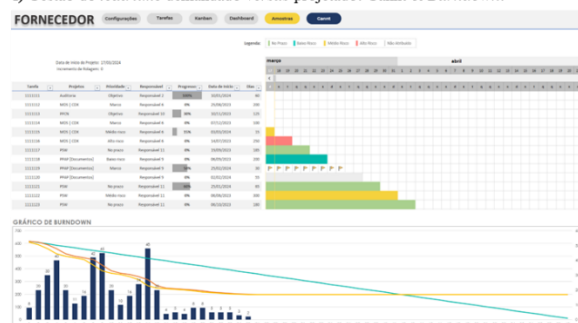
3. Quadro Kanban

Backlog	Agenda	Cancelado	Fazendo	Pausado	Fazido
1111111	1111112	1111113	1111114	1111115	1111116
1111117	1111118	1111119	1111120	1111121	1111122
1111123					

e) Mapa macro das atividades *versus* responsabilidades e prioridades: *Dashboard*.



f) Gestão do *lead time* demandado *versus* projetado: Gantt & *Burndown*.

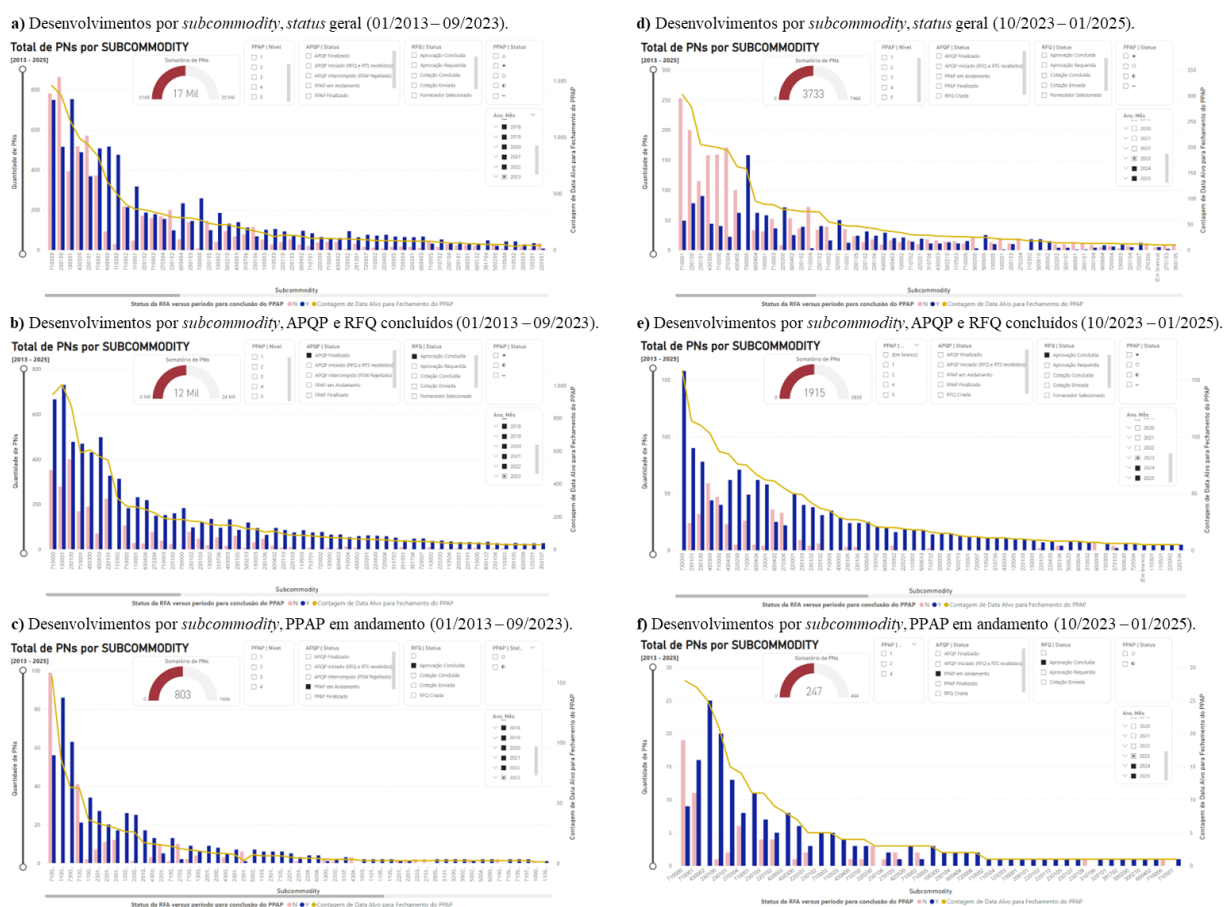


Fonte: Elaborado pela autora (2024).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 5 revela o cenário dos desenvolvimentos de APQP e PPAP realizados pela montadora ao longo de mais de uma década. Durante esse período, de um total de 21.229 APQPs criados, apenas 74,92% tiveram a aprovação da cotação concluída (RFQ - *Request for Quotation*), em cuja nomeação de fornecimento se deu a 78,22% deste montante (RFA - *Request for Application*), *status Y=Yes*, impactando que fases dependentes não sejam iniciadas, cascadeando novas etapas tanto na estrutura da montadora quanto no fornecedor.

FIGURA 5 – Comparativo antes e depois do *framework*.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Gráfica e numericamente, fica evidente que um número expressivo de RFAs 'No', seguiram de forma autônoma para mitigar impactos. É importante ressaltar que, na RFA, ocorre a segunda avaliação da viabilidade orçamentária do negócio pelo *buyer* e, quando mantida como não procedente (N=No), o APQP deve ser finalizado e recebe um *status* de cancelado para não pontuar nos desenvolvimentos correntes. Quando considerada procedente (Y), são iniciadas as etapas de desenvolvimento do PPAP com documentações e produção inicial das amostras. De um total de 20.622 PNs ativos, 8.474 PNs encontram-se em RFA 'No', ou seja, aproximadamente 41% dos PNs não foram avaliados e permanecem pendentes para as fases de

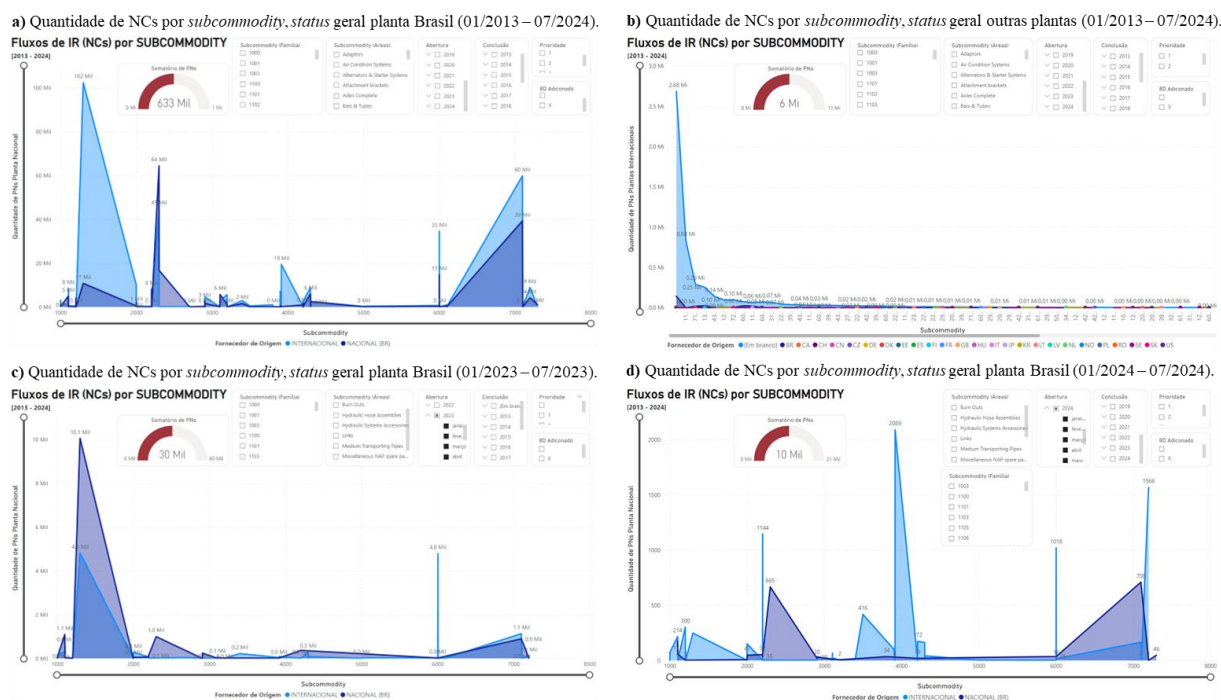
desenvolvimento do produto. Desse total, 22% possuem cotações completas (filtro em RFQ | *Status* = Aprovação Concluída) e avançaram de forma autônoma para as próximas fases. Como resultado, é identificado que a data alvo para o fechamento do PPAP e, conseqüentemente, do APQP, não é alcançada conforme a programação inicialmente estabelecida no lançamento do projeto – *target* demarcado pela linha auxiliar amarela.

Considerando um recorte temporal comparando os períodos antes e depois da implementação do *framework*, conforme apresentado na Figura 5 a), b), c) (antes) e Figura 5 d), e), f) (depois), nota-se uma clara evolução no cumprimento dos prazos de desenvolvimento. A partir de outubro de 2023, com a adoção das práticas integradas, os prazos começaram a ser cumpridos dentro ou antes do alvo projetado, minimizando os impactos da indisponibilidade de peças para produção e controlando adversidades como fretes aéreos. De um total de 3.733 APQPs abertos e em desenvolvimento, 51,30% já seguiram com a conclusão da cotação e RTS em dia, o que significa que as produções iniciaram e atenderam o *pipeline* conforme planejado. Por outro lado, apenas 247 PNs seguem com PPAP em andamento – na fase de concepção das amostras e documentações –, sendo a quantidade complementar já finalizada e com entrega seriada firmada.

A análise de causa raiz e a metodologia 8D lidam com “perdas por produtos defeituosos” no processo produtivo de gestão de *problem solving*. Quando produtos defeituosos não são identificados pelo fornecedor antes do envio ao cliente, no caso a montadora, as consequências incluem desperdício de matéria-prima, rejeição das peças, custos operacionais de reprocessamento e a necessidade de nova produção em substituição. Na montadora, o *problem solving* ocorre no período pós-lançamento, a partir da produção e suprimento seriado dos PNs. Nos primeiros seis meses, as falhas são vinculadas ao processo de desenvolvimento, enquanto depois desse período a tratativa é de contenção, com possíveis níveis de embarque controlado. Existem duas origens para esse mapeamento visando a planta da montadora de destino: fornecedores nacionais e internacionais, representados em azul escuro e claro, respectivamente, na Figura 6. Entre 01/2013 e 06/2024, foram criadas 17.026 notificações (IRs), com 72,70% e um volume de 239.904 peças representado por fornecedores nacionais. A quantidade auferida não é proporcional ao número de IRs, pois uma IR pode representar desde 1 unidade até 1000 do referido PN, sendo toda a quantidade observada com 'avaria' considerada perda de qualidade na planta da montadora. Os PNs são classificados pelo seu tipo e destinação, agrupados em commodities de 1 a 7, respectivamente: *Cab* (6,82% de IRs e 11,60% do volume), *Structures* (47,23% das IRs e 41,57% do volume), *Powertrain* (4,44% das IRs e 4,74% do volume), *Hydraulics* (3,86% das IRs e 5,01% do volume), *Attachments* (0,22% das IRs e 0,05% do

volume), *Electrical + Electronics* (4,66% das IRs e 7,62% do volume), e *Sheet Metal + Plastics + Paint* (32,77% das IRs e 29,41% do volume).

FIGURA 6 – *Valuation* da cadeia de suprimentos nacional versus internacional.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

É notório que, ao comparar os períodos de 01/2023 – 07/2023 e 01/2024 – 07/2024, conforme apresentado na Figura 6 c) e d), o uso do *framework* nas ações de desenvolvimento nacionais resultou em uma redução significativa de 2/3 do total global de IRs. Esse avanço é atribuído principalmente aos fornecedores nacionais, que alcançaram uma diminuição de 86,27% no número de peças rejeitadas e 15,17% menos IRs abertas. Nota-se que os picos azuis claros, representando suprimentos internacionais, tornaram-se mais evidentes, indicando que esses suprimentos têm gerado maiores distúrbios atualmente na planta brasileira. Por outro lado, conforme Figura 6 b), a participação de fornecedores brasileiros nas falhas de contexto global é mínima, ao longo de 11 anos, representam apenas 4,13% das IRs e 4,88% do volume de peças defeituosas, destacando que os problemas de qualidade são menos frequentes em nível internacional. Isso sugere que, embora tenhamos um impacto limitado nas plantas globais, ainda há espaço para melhorias significativas nas operações nacionais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do *framework* traduzido em uma ferramenta de controle e gestão prática e visual foi implementada na unidade brasileira de uma montadora transnacional, que conta com uma carteira de 80 fornecedores locais. Ao comparar as janelas temporais de desenvolvimento de peças de 10/2022 – 07/2023 e 10/2023 – 07/2024, observou-se uma redução significativa de

20% nas RFAs 'No', uma redução de 5% no PPAP em andamento, e um aumento expressivo no fechamento dos APQPs. Esses resultados demonstram um notável avanço em maturidade e usabilidade do fluxo de desenvolvimento, evidenciando que as informações foram geridas de forma eficaz e as tratativas acionadas com uma margem adequada para reação e ação, representando aumento de eficácia em 51,30% em nove meses de operação no PDP.

A maturidade alcançada nos desenvolvimentos resultou em uma melhora geral nos suprimentos seriados, refletida pela redução das IRs de *problem solving*, 86,27% menos quando comparado ao período anterior. No entanto, apesar das melhorias observadas em todas as *commodities*, desafios persistem especialmente nas *commodities 2 (Structures)* e *7 (Sheet Metal + Plastics + Paint)*. Esses setores continuam a ser pontos críticos, justificando a necessidade de manutenção do foco na melhoria contínua, e manutenção do método.

O impacto positivo do *framework* é claro, mas o trabalho de otimização deve continuar, utilizando ferramentas coadjuvantes, como o SCRUM | KANBAN, que proporcionam transparência e *feedbacks* aos fluxos tanto na montadora quanto na cadeia de suprimentos. A implementação integrada das *core tools* à TOC, proporcionou uma melhoria significativa na gestão do desenvolvimento, assegurando o cumprimento dos prazos e aumentando a eficiência do processo. Isso resultou em um controle mais eficiente das etapas e uma redução das contingências relacionadas à indisponibilidade de peças.

Em suma, a integração das *core tools* à TOC versada neste *framework* otimizou o fluxo de desenvolvimento e fortaleceu a cadeia de suprimentos, contribuindo para um processo de produção mais robusto e eficaz. A continuidade desse processo de melhoria é essencial para enfrentar os desafios automotivos remanescentes e alcançar a excelência operacional.

REFERÊNCIAS

AIAG. Production Part Approval Process (PPAP). **AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP**, n. 4ª, março 2006.

AIAG. Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan. **AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP**, n. 2ª, julho 2008.

ANFAVEA. Anuário da indústria automobilística brasileira. **Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores**, São Paulo, p. 158, 2023.

ARNOSTI, Jose C. M. *et al.* ISO/TS 16949 – Ganhos e vantagens da certificação na indústria automobilística. **XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, Salvador, 2013. 1-14.

BLACHE, M. K.; SHRIVASTAVA, B. A. Defining Failure of Manufacturing & Equipment. **ANNUAL RELIABILITY AND MAINTAINABILITY SYMPOSIUM**, 1994. 69-75.

CAMPAGNARO, C. A. *et al.* Um estudo sobre métodos de análise e solução de problemas (MASP) na cadeia de fornecimento das montadoras automotivas nacionais. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENESEP)**, Rio de Janeiro, p. 14, 2008. ISSN 28.

CARVALHO, D. E. *et al.* Construção De Cenários: Apreciação de Métodos Mais Utilizados na Administração Estratégica. **XXXV Encontro da ANPAD**, Rio de Janeiro, 2011. 1-17.

CORMICAN, K.; SULLIVAN, D. Auditing best practice for effective product innovation management. **Technovation**, 24, 2004. 819-829.

DIAS, A. V. C. Produto mundial, engenharia brasileira: integração de subsidiárias no desenvolvimento de produtos globais no setor automotivo. **Tese Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2003. 303.

GODET, M. D.; DIAS, J. P. **A prospectiva estratégica para as empresas e os territórios**. IEESF. Lisboa: [s.n.]. 2008.

GOLDRATT, Eliyahu M. **A meta**: um processo de melhoria contínua. [S.l.]: Nobel, 1990.

GUARNIERI, P.; HATAKEYAMA, K. Supply chain management na indústria automobilística. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 1, p. 478-486, 2005. ISSN 4.

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

KAPLÍK, Pavol *et al.* Use of 8D method to solve problems. **Advanced Materials Research (Volume 801)**, 2013. 95-101.

KENDALL, G. I. **Visão Viável**: Transformando o Faturamento em Lucro Líquido. 1ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. 160 p.

KERZNER, H. In search of excellence in project management. **Journal of Systems Management**, 38, 1987. 30-39.

LACERDA, D. P.; CASSEL, R. C.; RODRIGUES, L. H. Service process analysis using process engineering and the theory of constraints thinking process. **Business Process Management Journal**, 16, 2010. 264-281.

MELLO, C. H. P.; SALGADO, E. G. Mapeamento dos processos em serviços: estudo de caso em duas pequenas empresas da área de saúde. **ENESEP**, Porto Alegre, 2005. ISSN 25.

MIKULAK, Raymond J.; MCDERMOTT, Robin; BEAUREGARD, Michael. **The basics of FMEA**. [S.l.]: CRC press, 2017.

MITTAL, Kapil; KAUSHIK, Prabhakar; KHANDUJA, Dinesh. Evidence of APQP in quality improvement: An SME case study. **International Journal of Management Science and Engineering Management**, 7, n. 1, 2012. 20-28.

PINTO, J. K.; COVIN, J. G. Critical factors in project implementation: a comparison of construction and R&D projects. **Technovation**, 9, 1989. 49-62.

PPAP. Processo de Aprovação de Peça de Produção (PPAP). **Instituto da Qualidade Automotiva**, Indianópolis, n. 4^a, 2006.

RAUSAND, M.; OIEN, K. The basic concepts of failure analysis. **Reliability Engineering and System Safety**, 53, 1996. 73-83.

ROZENFELD, Henrique *et al.* **Gestão do desenvolvimento de produtos**: Uma referência para a melhoria do processo. 1^a. ed. São Paulo: Saraiva Uni, 2012. 576 p.

SHROTRI, A. P.; DANDEKAR, A. R. PPAP an effective tool for vendor quality management. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, 2, n. 4, 2012. 369-372.

TSENG, M. M.; QINHAI, M.; SU, C. J. Mapping Customers' Service Experience for Operations Improvement. **Business Process Management Journal**, v. 5, p. 50-64, 1999.

TUMAN, G.J. **Development and Implementation of Effective Project Management Information and Control Systems**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1983.