



**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM MBA EM GESTÃO DA
MANUTENÇÃO**

CAIO FERRAZ RIBEIRO

**ANÁLISE DA CONFIABILIDADE HUMANA NO DESENVOLVIMENTO
DE PROJETO DE MANUFATURA NO SETOR AUTOMOBILÍSTICO**

Salvador

2018



**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC - CURSO
DE ESPECIALIZAÇÃO EM MBA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO**

CAIO FERRAZ RIBEIRO

**ANÁLISE DA CONFIABILIDADE HUMANA NO DESENVOLVIMENTO
DE PROJETO DE MANUFATURA NO SETOR AUTOMOBILÍSTICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de pós-graduação do MBA em Gestão da Manutenção do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito final para obtenção do título de especialista.

Orientadora: Prof^a. M.Sc. Marinilda Lima Souza

Salvador

2018

ANÁLISE DA CONFIABILIDADE HUMANA NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE MANUFATURA NO SETOR AUTOMOBILÍSTICO

Caio Ferraz Ribeiro¹

Marinilda Lima Souza²

RESUMO

Este trabalho aborda a análise do desempenho humano nos estudos de viabilidade de um projeto de manufatura no setor automobilístico, devido aos custos elevados de mudanças, nas fases de avaliação física do projeto, após compra e implementação de equipamentos e ferramental e, também, devido à alta competitividade do setor automobilístico. Assim, o objetivo deste trabalho é identificar possíveis melhorias para aumento da confiabilidade humana. A metodologia utilizou-se de pesquisa bibliográfica, revisão literária, pesquisa descritiva e explicativa através de questionário qualitativo, desenvolvimento de lições aprendidas a partir da análise dos questionários e aplicação de metodologia CARMAN. Os resultados obtidos apontaram três principais modos de falha: atualizações de peças não avaliadas, má transição de responsabilidade e *checks* preenchidos incorretamente, que foram destrinchados em dez causas raízes e dezessete possíveis soluções, sendo uma das principais soluções, um cartão de auxílio visual, criada a partir da metodologia CARMAN.

Palavras-chave: confiabilidade humana; desempenho humano; viabilidade; setor automobilístico; setor automotivo.

¹ Pós-Graduando em Gestão da Manutenção. Graduado em Engenharia Mecânica. E-mail: caio.fribeiro@hotmail.com

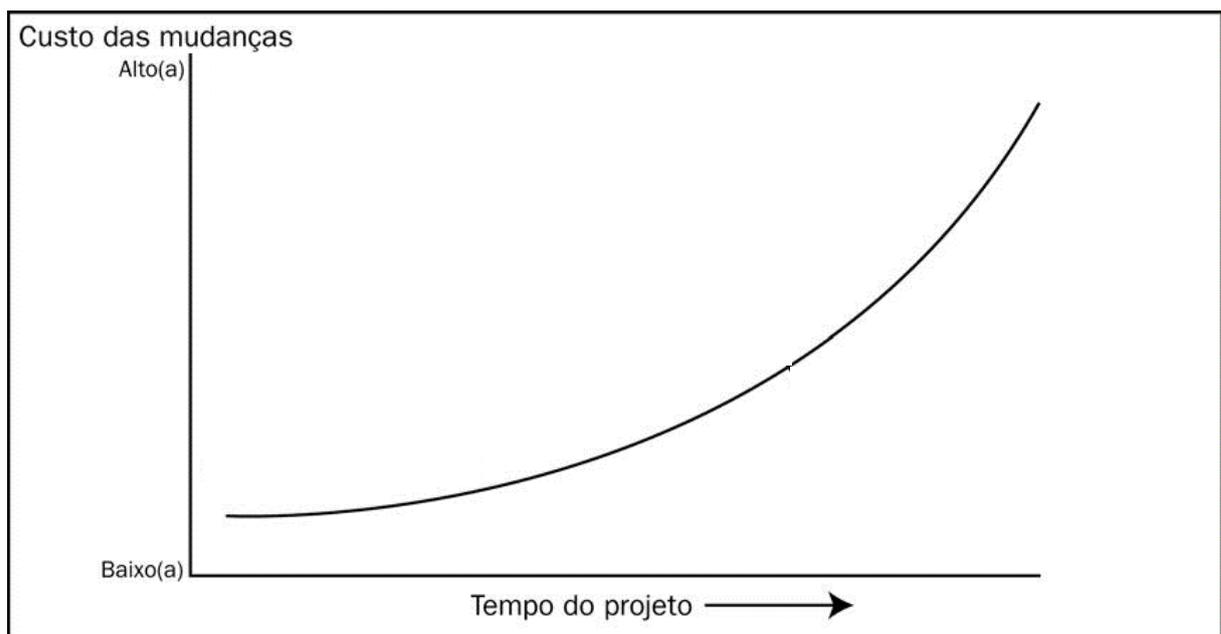
² Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial. Pós-Graduada MBA Gestão da Manutenção. Centro Universitário SENAI- BA. E-mail: marinilda.lima@fieb.org.br.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um projeto de manufatura no setor automobilístico é gerenciado através da subdivisão do projeto em diversas etapas, a primeira divisão mais abrangente que é possível fazer é a divisão entre a fase de estudos virtual e fase de implementação física, que são diferentes em conceito basicamente pela primeira ser a ideia inicial de um projeto até antes da compra de qualquer equipamento, incluindo assim os moldes e máquinas que constroem as peças e a segunda ser após o início da compra até atingir o ponto de produção em série.

De acordo com o PMI (2008) a capacidade de influenciar as características finais do produto do projeto, sem impacto significativo sobre os custos, é mais alta no início e torna-se cada vez menor conforme o projeto progride. A Figura 1 ilustra que custos das mudanças e correções de erros geralmente aumentam significativamente conforme o projeto se aproxima do término.

Figura 1 – Impacto do custo das mudanças no tempo decorrido do projeto



Fonte: Adaptado de PMI (2008)

Um erro de manufatura encontrado durante a fase de estudos virtual do desenvolvimento de um produto ocasiona um custo de mão de obra para buscar a solução do erro, redesenhar e reavaliar o produto, podendo também ocasionar um custo ou uma economia para a futura fabricação do produto. Já um erro encontrado durante a fase de análise física do produto, implica nos mesmos custos da fase de estudos virtual e, além disto, implicará em uma nova cotação com o fornecedor e custos para modificar uma ferramenta de produção já finalizada. Este custo para modificar a ferramenta se torna expressivamente maior que o custo somente da mão de obra e, por isto, é necessário evitar erros durante as fases virtuais.

Durante a fase virtual, o setor de manufatura analisa a viabilidade de manufatura dos produtos e como os sistemas utilizados são bem robustos, geralmente os erros de análise são causados por fatores humanos, sejam eles do setor de manufatura ou de outros setores. A norma API 770 (2001), que é um guia do gerente para redução de erros humanos elaborado pelo Instituto Americano do Petróleo e é considerada uma norma referência em confiabilidade humana, apresenta diversos estudos sobre causas de acidentes e conclui que os erros humanos são considerados a causa de uma fração dominante dos acidentes em sistemas nos quais há um alto grau de redundância de hardware, os erros humanos podem compreender cerca de 90% da probabilidade de falha do sistema.

1.1 JUSTIFICATIVA

No intuito de garantir competitividade, o setor produtivo busca incessantemente a utilização de ferramentas e análise que são capazes de dar respostas de melhoria de produtividade bem como, redução de custos. A partir desta visão, percebe-se a necessidade de busca pela melhoria da confiabilidade humana e conseqüentemente,

a redução de perdas e paradas de processos, que implicam na redução de custos na implementação de um projeto no setor automobilístico.

1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo analisar o desempenho humano durante o desenvolvimento do projeto de manufatura, especificamente durante a fase de avaliação virtual, no setor automobilístico. O foco do trabalho é analisar os modos de falha causadores da diminuição da confiabilidade humana e quais são os principais fatores envolvidos bem como, propor soluções mais eficazes.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 OS ESTUDOS SOBRE FATOR HUMANO

Como destaca Figueirôa Filho e Souza (2011) no final da década de 40 surgem os centros de pesquisa pioneiros nos estudos de fatores humanos, onde o estudo das Ciências Humanas (*Human Engineering*) e sua aplicabilidade a novas tecnologias (*Human Factors Engineering*) passaram a trabalhar em conjunto constantemente.

Por definição compreende-se que a expressão Confiabilidade Humana é a probabilidade de que um sistema que requer ações, tarefas ou trabalhos humanos seja completado com sucesso dentro de um período requerido, assim como a probabilidade que nenhuma ação humana estranha seja desempenhada em detrimento a confiabilidade e disponibilidade do sistema. (MAIDA, 1996 *apud* FIGUERÔA; SOUZA, 2011).

O erro humano geralmente é trabalhado como falhas individuais com culpa exclusiva do agente, porém a confiabilidade humana utiliza como referência um

conjunto de fatores como contribuintes que são capazes de potencializar a probabilidade e aumento do risco do erro humano, aumentando ou diminuindo assim, a confiabilidade do processo. Reason (2000) destaca que o erro humano pode ser visto de duas formas:

- Abordagem da pessoa: define que os erros vêm de negligência, esquecimento, falta de motivação e descuido e devem ser combatidos com medidas disciplinares, sensação de medo, definição de culpado entre outros;
- Abordagem sistêmica: define que humanos não são a prova de falhas e erros devem ser esperados até na melhor das organizações e, portanto, são mais vistos como consequências e não como causas, tendo origem nos modos de falha do ambiente de trabalho, suas contramedidas são baseadas em modificar as condições de trabalho e criar defesas para que o erro humano não impacte o sistema.

Reason (2000) destaca ainda que as empresas que optam por utilizar a abordagem sistêmica são as empresas com uma cultura robusta de segurança e alta confiabilidade humana.

2.2 FATOR HUMANO NA MANUFATURA NO SETOR AUTOMOBILÍSTICO

Para fundamentar a pesquisa foi efetuada uma revisão literária sobre os estudos da confiabilidade humana no setor automobilístico. Como base de dados da pesquisa foi utilizado periódicos, livros e publicações realizadas nos últimos 5 anos nas bases de dados eletrônicos da Capes Periódicos, Scopus e Science Direct utilizando-se as seguintes palavras chaves em português: “erro humano” ou “confiabilidade humana”

associado a automotivo ou autopeças ou automobilístico e inglês “*human error*” ou “*human reliability*” associado a *automotive* ou “*auto parts*”. A Tabela 1 a seguir mostra o resultado da revisão literária:

Tabela 1 – Revisão da Literatura

	Erro Humano ou Confiabilidade e Humana	Erro Humano e (Automotivo ou Autopeças ou automobilístico)	Confiabilidade Humana e (Automotivo ou Autopeças ou automobilístico)
CAPES (Português)	32	0	0
CAPES (Inglês)	15966	519	42
SCOPUS (Português)	0	0	0
SCOPUS (Inglês)	3567	33	4
SCIENCE DIRECT (Português)	36	2	0
SCIENCE DIRECT (Inglês)	7929	286	45

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Neste cenário apresentado na tabela acima, é possível perceber que o tema é muito mais abordado no sentido do erro humano do que da confiabilidade humana no sistema, o que demonstra ainda uma visão mais comum da abordagem da pessoa ao invés da abordagem sistêmica. Dos 931 artigos encontrados correlacionados com o setor automobilístico, 840, ou aproximadamente 90%, falam de erro humano ao invés de confiabilidade humana.

É possível também perceber que existe uma vasta literatura sobre o tema erro e confiabilidade humana disponível em inglês e uma limitada literatura em português. Quando se aborda especificamente, o setor automobilístico, somente foram encontrados dois resultados em português os quais, quando avaliados, mostram não tratar sobre estudos de erro humano no setor automobilístico. Portanto, na pesquisa da literatura em português não foi encontrado nenhum resultado de estudos de erro

humano no setor automobilístico, o que demonstra a escassez de pesquisa e necessidade de maior do estudo sobre o tema.

Para Petruni *et al* (2017) a indústria automotiva se desenvolveu em um setor altamente automatizado e complexo e este nível de automação e complexidade levou a um ambiente de trabalho, onde a interface homem máquina e confiabilidade humana são atualmente fatores críticos de desempenho.

Petruni *et al.* (2017) destacam a importância e aprofundam os estudos das técnicas de análises de confiabilidade humana, ou HRA (do inglês Human Reliability Analysis), fazendo um comparativo entre as diferentes técnicas baseado em critérios relevantes para a segurança e avaliação de risco na indústria automotiva. Dentre estas técnicas Petruni *et al.* (2017) ressaltam a análise de operabilidade e perigo humano, ou Human HAZOP (do inglês Hazard and Operability Analysis). A Human HAZOP é uma abordagem qualitativa do fator humano baseada em palavras guia aplicadas a procedimentos, que identifica os potenciais riscos de falha humana e faz recomendações para melhorar o desempenho humano.

Mesmo considerando as limitações da ferramenta, devido à dificuldade em quantificar a falha humana, a Human HAZOP ainda é considerada uma importante ferramenta para a avaliação de risco na indústria automotiva.

Em estudo realizado em uma indústria de autopeças Reyes *et al.* (2012) encontrou mais de 30 fatores humanos, identificados em questionário aberto, que podem levar a acidentes e ressaltou que os estudos que abordam a confiabilidade humana se encontram principalmente no setor aeroespacial e são insuficientes nas indústrias de manufatura.

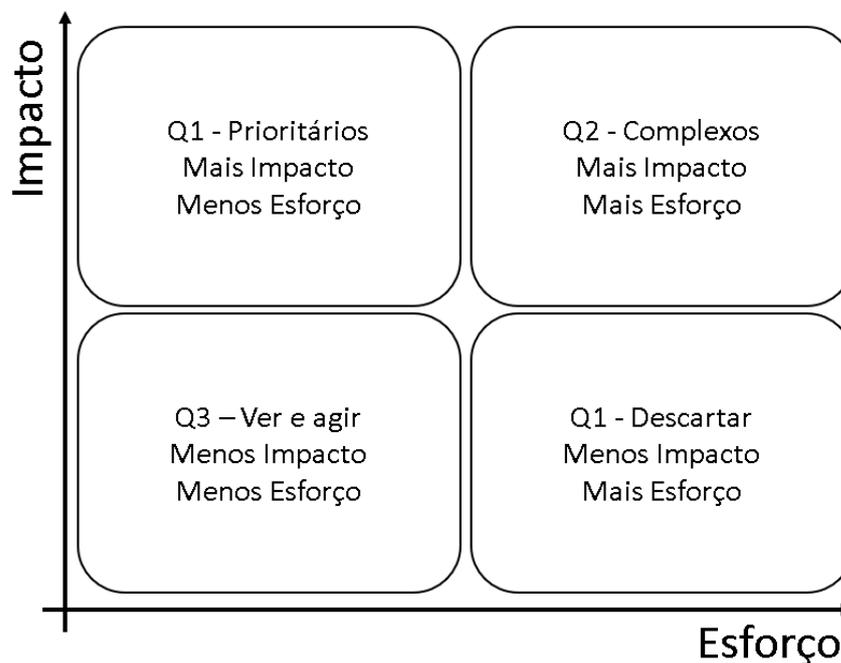
3 MÉTODOS E METODOLOGIA

Como aporte metodológico o trabalho utilizou a pesquisa bibliográfica, e revisão literária, questionário qualitativo, matriz esforço impacto e aplicação de metodologia CARMAN.

A revisão da literatura, tópico 2.2 - fator humano na manufatura no setor automobilístico, demonstrou a lacuna existente de estudos e pesquisas que abordem a confiabilidade humana no setor automobilístico. A pesquisa bibliográfica permitiu conceituar os temas e embasar a necessidade do estudo da pesquisa em questão. A revisão literária do tema foi utilizada para fazer um recorte da necessidade de pesquisa focada no tema, principalmente em português.

O questionário aplicado (**APÊNDICE A**) teve como finalidade investigar primeiramente quais eram os modos de falha.

A matriz esforço impacto, como usada por Rissi (2007), é uma ferramenta de qualidade usada para priorizar projetos ou soluções na metodologia seis sigma, e baseia-se na análise de ideias de projetos ou soluções pontuando-se o esforço para implementá-las. Com notas de 1 a 10, é analisado e avaliado visualmente o impacto que o projeto ou solução traz como resultado, desta maneira se prioriza por ordem de implementação o projeto ou solução que pode ser desenvolvido com menor esforço, mas, é capaz de trazer maior impacto. A Figura 2 ilustra a matriz.

Figura 2 – Matriz Esforço Impacto

Fonte: Adaptado de Hors *et al* (2012)

Já no método CARMAN (Consensus based Approach to Risk Management), Embrey (2000) descreve a importância da elaboração de padrões e procedimentos para a realização de atividades em sistemas complexos. Para Embrey (2000) os padrões e procedimentos devem ser elaborados a partir da criação de uma cultura onde o time que opera o sistema participa ativamente na avaliação dos riscos no sistema e ajudam a desenvolver as melhores práticas para controlar os riscos fazendo com que a melhor prática seja usada.

O modelo CARMAN proposto por Embrey (2000) é a formulação baseada em três critérios: familiaridade com a tarefa, complexidade da tarefa e criticidade da tarefa. O Quadro 1 demonstra o modelo CARMAN.

Quadro 1 – Método CARMAN

Criticidade da tarefa	Alta			Média			Baixa		
Familiaridade da tarefa	Freq	Infreq	Rara	Freq	Infreq	Rara	Freq	Infreq	Rara
Complexidade da Tarefa									
Baixa	SIE	SIE	AT	SIE	SIE	AT	SIE	SIE	SIE
Média	SIE	AT	PAP	SIE	SIE	AT	SIE	SIE	SIE
Alta	AT	AT	PAP	SIE	AT	PAP	SIE	SIE	AT

Sem necessidade de instrução escrita (SIE)
 Auxílio a tarefa requerido. Ex: Checklist/Auxílio a Memória (AT)
 Instrução Passo a passo necessária (PAP)

Fonte: Embrey (2000).

Assim, para selecionar o nível do padrão e procedimento escrito, o modelo efetua a análise dos três critérios. Como exemplo, uma tarefa crítica de alta complexidade e familiaridade rara é adequado à utilização de uma instrução passo a passo, enquanto uma tarefa de alta complexidade e com familiaridade frequente é recomendado a utilização de um check list ou auxílio a memória.

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma empresa do setor automobilístico, localizada em Camaçari na Bahia, especificamente no setor de manufatura na fase de análise virtual de montagem, onde se analisa, utilizando o desenho assistido por computador, ou CAD (do inglês Computer Aided design), o produto, os equipamentos de montagem e o layout da fábrica.

Vale ressaltar que, nesta etapa é analisado se é viável montar o novo produto, verificando, por exemplo, a ergonomia e segurança do operador, o acesso das peças, operador e ferramentas no veículo, os equipamentos necessários (robô, manipulador, mesa, parafusadeira, scanner, rack, etc.) e as estratégias para garantir que a peça correta seja montada no sentido correto com o aperto correto dentro da especificação

de posição da forma mais eficiente possível evitando trabalhos sem valor para suprir todas as necessidades da manufatura de um novo produto.

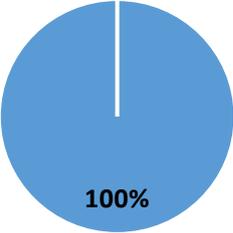
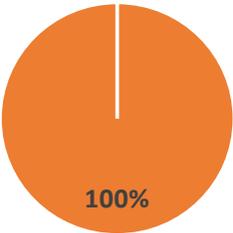
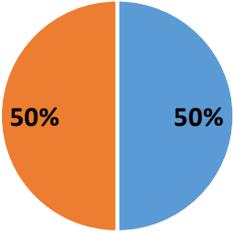
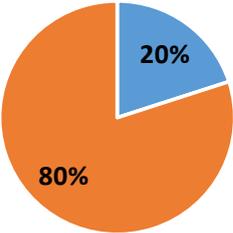
O questionário aplicado (**APÊNDICE A**) buscou investigar primeiramente quais eram os modos de falha. Foram propostos 3 modos de falha e aberto espaço para se adicionar outros em que os entrevistados tinham conhecimento de já ter ocorrido e levado a um problema físico. A proposta também buscou identificar algumas das causas raízes para os problemas levantadas pela API (2001) como comunicação deficiente (tanto entre áreas como na gestão de informação das evidências de cumprimento dos check lists), carga de trabalho pesada, procedimentos deficientes e com sinalizações inadequadas, conhecimento insuficiente (especificamente quanto a transição de responsabilidade no meio do projeto) e falta de dupla checagem.

Vale ressaltar que, foi colocado espaço para propostas de soluções para o item crítico que é a carga de trabalho pesada, levando em consideração que a variável mão de obra não poderia ser considerada uma solução possível para o problema, devido às limitações presentes em qualquer empresa privada.

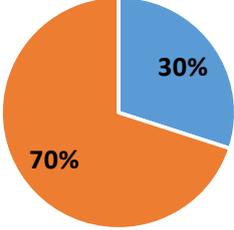
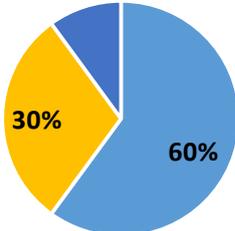
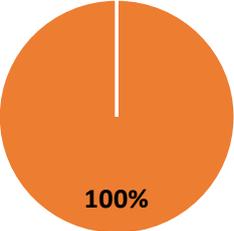
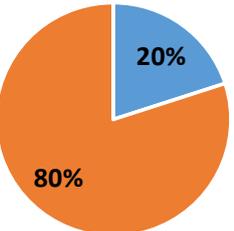
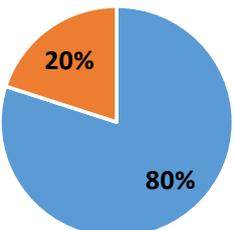
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pelo questionário aplicado a uma amostra de 66% da população de 15 pessoas que realizam este trabalho na filial da empresa estudada apontaram que todos os questionamentos levantados pela pesquisa foram validados pelos entrevistados. Todas as respostas apresentaram validação acima de 70%, exceto a questão três que apresentou 50%. Vale destacar que os resultados mostram que metade das pessoas acredita que o *check list* aplicado pela empresa não é de fácil entendimento, o que o torna um item possível de evento de causa raiz de erro humano. O Quadro 2 ilustra os resultados.

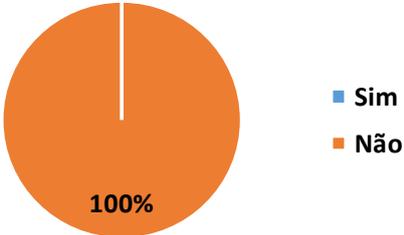
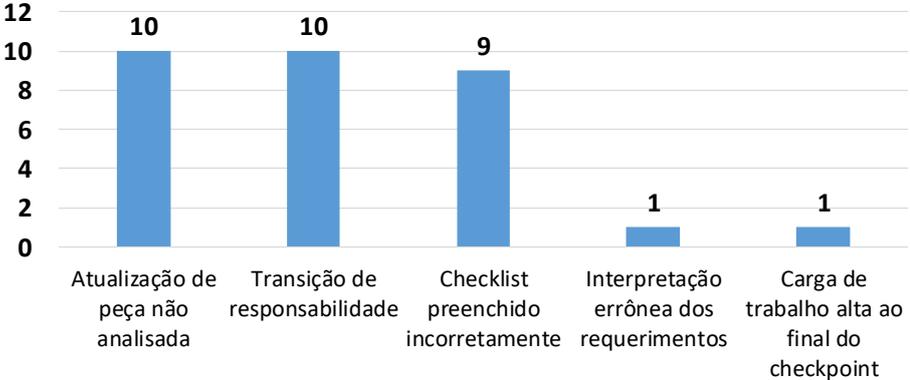
Quadro 2a – Pesquisa e Resultado

Pergunta	Resposta
1) É possível que uma mudança na peça não seja reanalisada entre a primeira checagem e a liberação efetiva da peça por problemas de comunicação da atualização entre o time de desenvolvimento e o time de análise virtual?	 <p>100%</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Sim ■ Não
2) Todas as análises são feitas com a mesma quantidade de tempo e mesma qualidade em qualquer momento do projeto (longe e perto de milestones)?	 <p>100%</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Sim ■ Não
Se não, como é possível melhorar tanto o planejamento, como a qualidade?	<ol style="list-style-type: none"> 1) Criação de mais checkpoints intermediários para evitar um grande volume de liberações próximo ao milestone; 2) Quando houvesse mudança de design deveria estar em procedimento realizar um novo checklist; 3) Evitando frequentes alterações nas peças; 4) Workload das análises depende do time de desenvolvimento. As peças ficam disponíveis apenas no final do checkpoint. A carga de trabalho fica alta e a qualidade cai; 5) Garantindo que todos os problemas encontrados na primeira análise sejam devidamente registrados e reverificados tanto pelo fornecedor quanto pelo cliente.
3) Existe um checklist que é de fácil entendimento, seja com escrita simplificada ou auxílio visual, tornando o checklist eficaz na redução do erro humano?	 <p>50% 50%</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Sim ■ Não
4) O checklist é curto ou identifica prioridade para os itens mais críticos, auxiliando na eficácia na redução do erro humano?	 <p>20% 80%</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Sim ■ Não

Quadro 2b – Pesquisa e Resultado

Pergunta	Resposta
5) Existe dupla checagem utilizando os <i>checklists</i> ?	 <p>■ Sim ■ Não</p>
6) Se sim, como você classificaria a qualidade, considerando o tempo empregado nesta dupla checagem?	 <p>■ Não existe ■ Muito Ruim ■ Ruim ■ Intermediária ■ Boa ■ Muito Boa</p>
7) Existe dupla checagem com checklist por mais de uma pessoa para dar uma visão externa?	 <p>■ Sim ■ Não</p>
8) Caso ocorra erro humano na utilização do checklist, quando ele provavelmente seria descoberto?	 <p>■ Durante a dupla checagem ■ Quando a peça for produzida</p>
9) No caso de transição de responsabilidade, se assume que tudo avaliado até o momento está correto?	 <p>■ Sim ■ Não</p>

Quadro 2c – Pesquisa e Resultado

Pergunta	Resposta												
<p>10) Você considera a gestão de informação das análises e evidências eficiente? Ex: Qualquer pessoa consegue atestar uma análise de acesso de peça a partir das evidências deixadas.</p>	 <p>100%</p> <p>■ Sim ■ Não</p>												
<p>11) Marque todas as opções que tenha conhecimento onde já ocorreu erro humano gerando um problema encontrado somente nos testes físicos:</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Opção</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Atualização de peça não analisada</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Transição de responsabilidade</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Checklist preenchido incorretamente</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Interpretação errônea dos requerimentos</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Carga de trabalho alta ao final do checkpoint</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Opção	Quantidade	Atualização de peça não analisada	10	Transição de responsabilidade	10	Checklist preenchido incorretamente	9	Interpretação errônea dos requerimentos	1	Carga de trabalho alta ao final do checkpoint	1
Opção	Quantidade												
Atualização de peça não analisada	10												
Transição de responsabilidade	10												
Checklist preenchido incorretamente	9												
Interpretação errônea dos requerimentos	1												
Carga de trabalho alta ao final do checkpoint	1												

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

No total, o questionário identificou três modos de falha, sendo eles: atualizações de peças não avaliadas, má transição de responsabilidade e *checks lists* preenchidos incorretamente. Foram identificados também cinco causas raízes e três possíveis soluções. Esta contagem leva em consideração que alguns dos itens levantados pelos entrevistados como modo de falha eram na verdade causas raízes de outros modos de falha e que algumas das soluções propostas não continham, de fato, soluções.

A partir dos três problemas identificados, de acordo com o indicado na metodologia CARMAN, foi realizada uma reunião com o time de trabalho e, analisando as lições aprendidas de erros anteriores e utilizando o conhecimento de processos que melhoram a confiabilidade humana tendo como referência a Norma API 770

(2001), a quantidade de causas raízes encontradas aumentou para dez e as possíveis soluções aumentaram para dezessete.

O primeiro resultado do estudo foi a sugestão que as lições aprendidas e suas possíveis soluções fossem debatidas em um fórum específico da empresa para posterior estudo da viabilidade e possível implementação para futuros projetos. As lições aprendidas podem ser vistas na Figura 3 e no **APÊNDICE B**.

Figura 3a – Organogramas de Lições Aprendidas

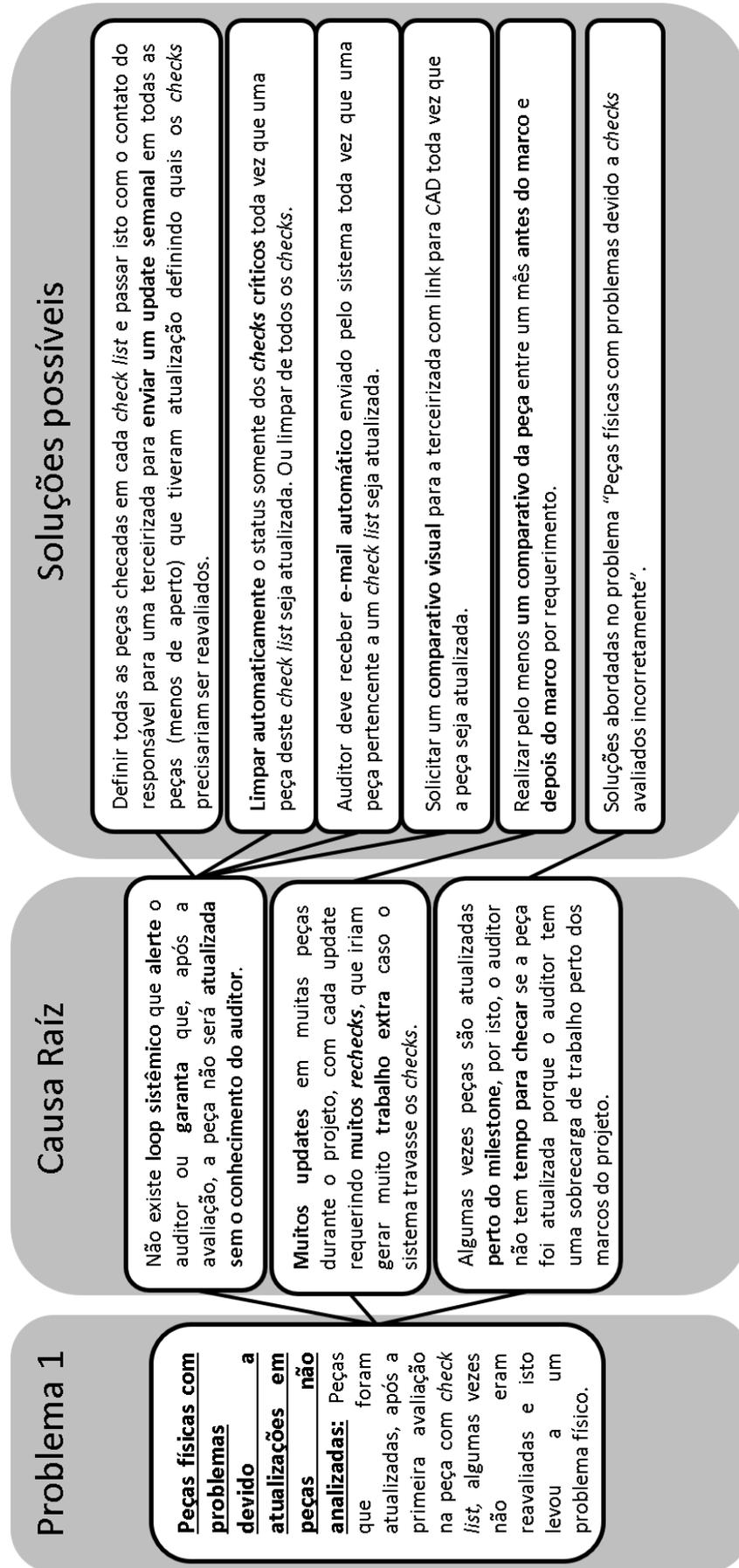


Figura 3b – Organogramas de Lições Aprendidas

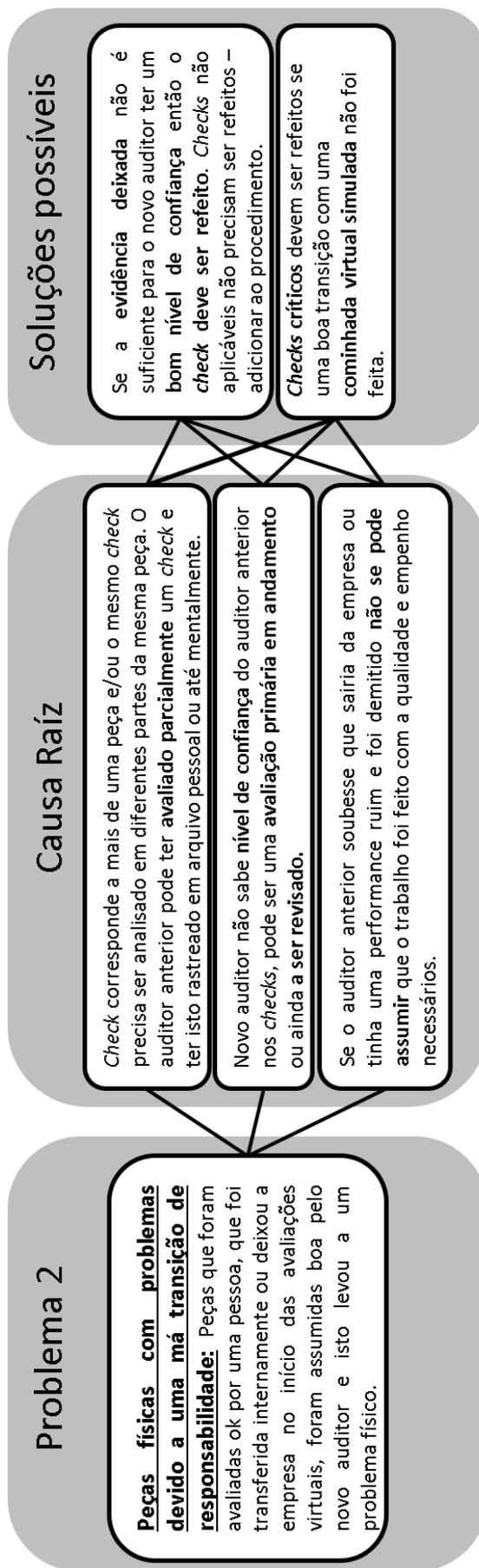
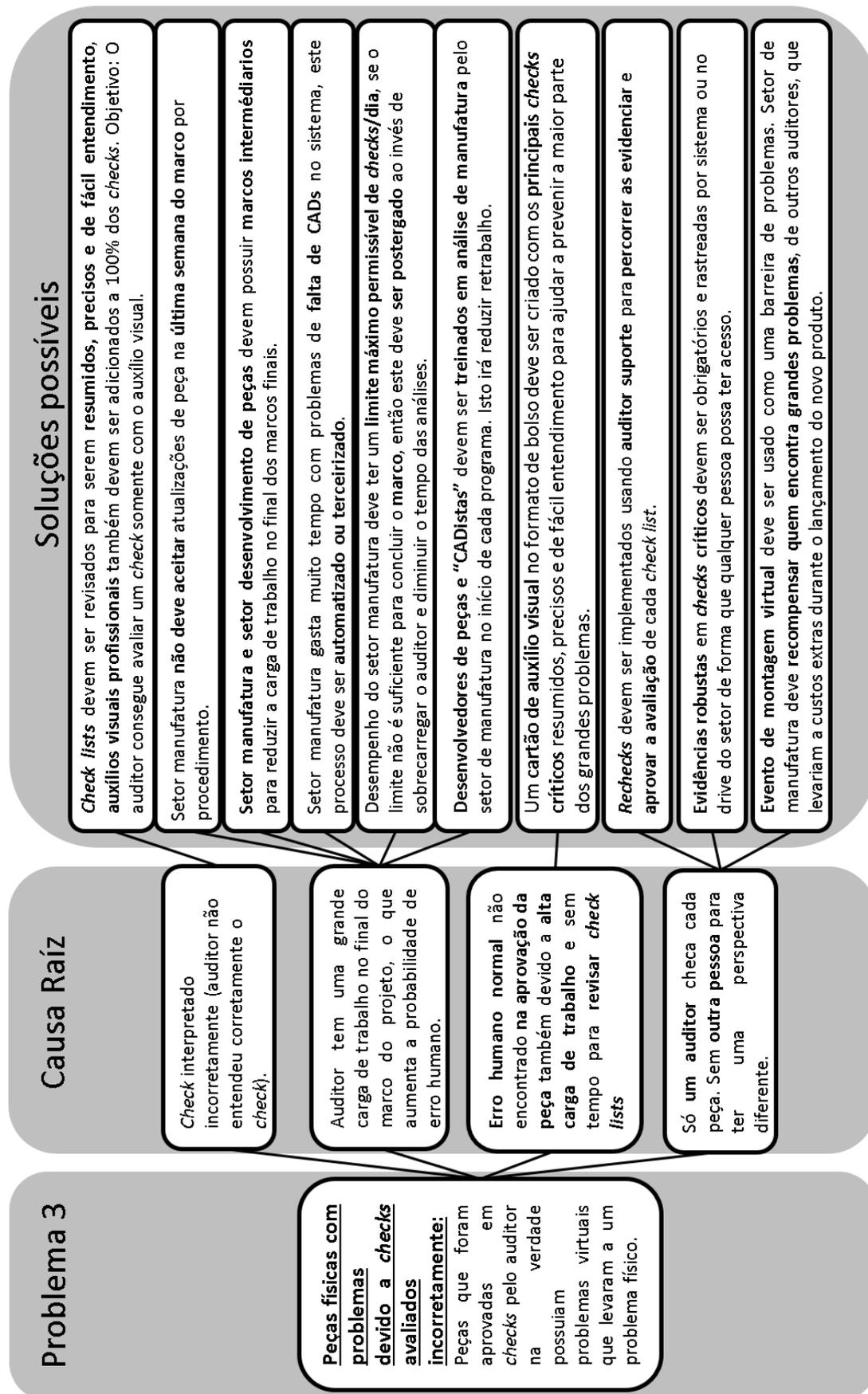


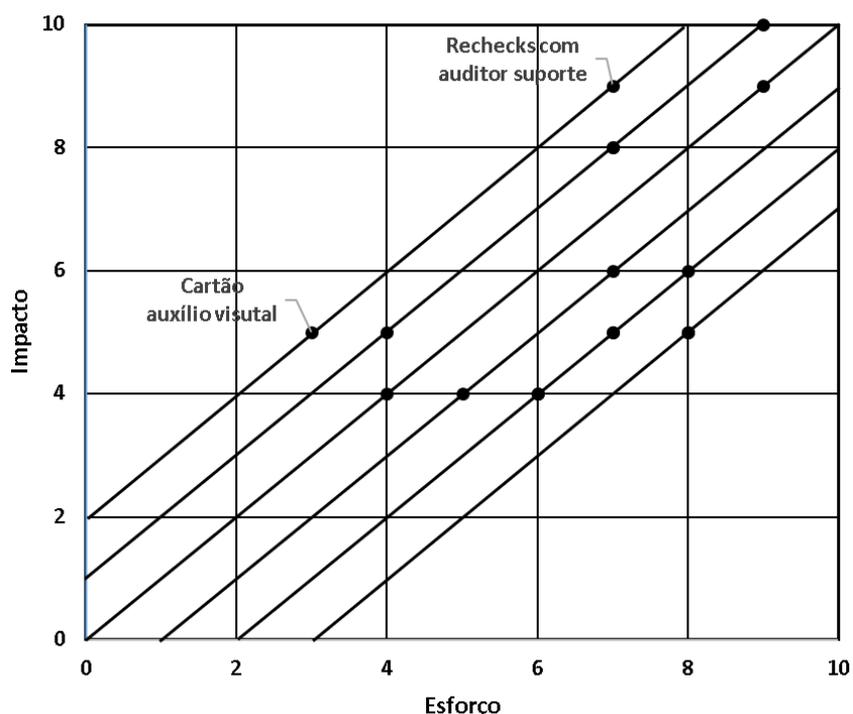
Figura 3c – Organogramas de Lições Aprendidas



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Entre as soluções possíveis encontradas, utilizando a matriz esforço impacto, duas soluções se destacaram, ou seja, possuem menor esforço e maior impacto, localizadas próximas do canto superior esquerdo, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Organogramas de Lições Aprendidas



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

O cartão de auxílio visual foi então selecionado por possuir o menor esforço para se implementar e por ser possível implementar durante este estudo e com auxílio da metodologia CARMAN.

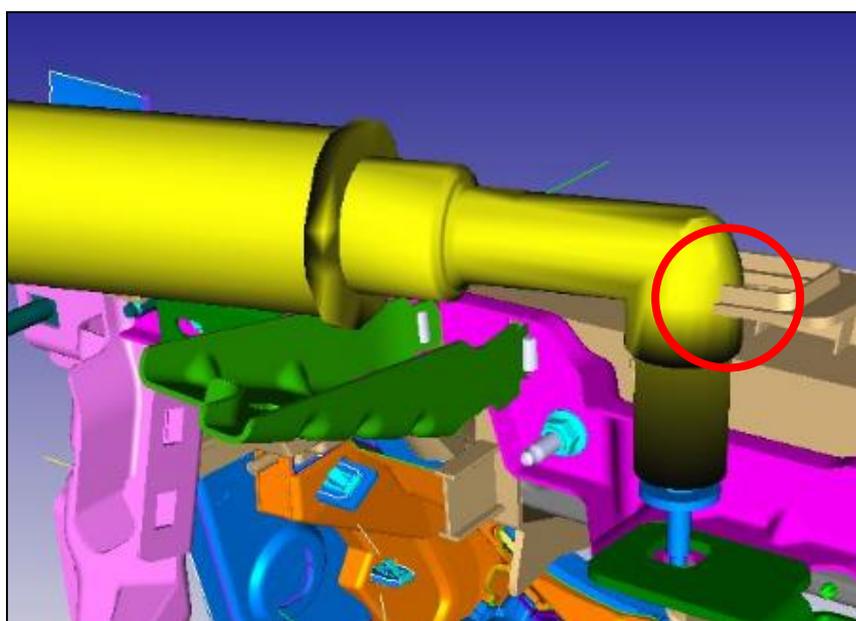
Na análise do questionário percebeu-se que o *check list* que a empresa utiliza não possui escrita simplificada ou auxílio visual, possui uma grande quantidade de checks para serem realizados, algumas vezes com mais de 60 itens e não identifica prioridade entre os *checks*. A partir da metodologia CARMAN, o time de trabalho identificou os *check lists* como de alta criticidade, utilizados infreqüentemente e de

média e alta complexidade, e, portanto, se encaixaram na categoria de Auxílio a Tarefa de acordo com o Quadro 1.

Utilizando-se destas informações e seguindo a metodologia, foi buscado um consenso entre o grupo em relação aos checks lists com maior chance de erros, ou seja, críticos e foi criado um cartão de auxílio visual, com estes *checks* em formato conciso e auxiliados por figuras auto ilustrativas. O cartão informa em sua introdução que não substitui a versão completa dos checks e não isenta o usuário de realizar os checks completos.

Como exemplo pode-se citar um dos checks identificados como prioritários que foi a necessidade de acesso a ferramentas de aperto, tanto no trajeto da ferramenta e do parafuso como em suas posições finais, e além do espaço, folga suficiente para a proteção da parte rotativa da ferramenta de aperto, variações e deformações toleráveis tanto no produto quanto na parafusadeira para não permitir a possibilidade de interferência entre produto e ferramenta.

Figura 5 – Check acesso de ferramenta



Fonte: Empresa Estudada (2017).

No caso de uma interferência ser encontrada na peça física, certamente uma alteração de produto será necessária, podendo ir desde uma alteração pequena, onde se faz uma alteração no molde do produto, até uma possível alteração conceitual, onde é necessário substituir o molde do produto, o que acarreta alto custo para o projeto devido ao retrabalho e inclusive com a possibilidade de atraso na entrega do projeto, o que diminui a vantagem competitiva da empresa. A Figura 5 ilustra a imagem de auxílio visual escolhida no estudo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A competitividade do setor e a busca pela redução de custos tornam a redução de erros humanos extremamente necessária. Em sistemas robustos, como na indústria automobilística, os erros humanos ainda representam uma grande parcela, o que torna necessário o estudo da melhoria da confiabilidade humana neste setor, a fim de se obter redução de retrabalhos, de perdas e sobretudo, de redução de custos.

A pesquisa bibliográfica permitiu conceituar os temas abordados e embasar a necessidade do estudo, a revisão literária do tema foi utilizada para fazer um recorte da necessidade de pesquisa neste tema. A pesquisa descritiva e explicativa através de questionário permitiu validar os possíveis modos de falhas e causas raízes, o que validou o estudo de caso como um todo.

Como resultado do estudo e já implementado foi o cartão de auxílio visual com os *checks lists* mais críticos e uma das principais lições apreendidas no estudo é a proposta de realização de um fórum específico para que sejam debatidas possíveis soluções e posterior implementação.

Espera-se que este estudo sirva como referência para fomentar discussões e estudos da melhoria da confiabilidade humana no setor automobilístico. Como recomendações de futuros trabalhos indica-se aprofundar os estudos nas formas de quantificar as falhas humanas e seus possíveis custos, vislumbrando a possibilidade de quantificar o tamanho do ganho e assim, investir em estudos sobre a melhoria do desempenho humano.

REFERÊNCIAS

D.K. Lorenzo, P.E., EQE, International Inc. API 770 - Um guia do gerente para redução de erros humanos: melhorando o desempenho humano nos processos industriais. American Petroleum Institute, 2001.

Embrey, D. Preventing Human Error: Developing a Consensus Led Safety Culture based on Best Practice. Human Reliability Associates LTDA. 2000.

Figueirôa Filho, C.L.S., Souza, M.L. Confiabilidade Humana: A Importância da Gestão Visual nos Procedimentos de manutenção. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte - MG, 2011.

Hors, C. et al. Aplicação das ferramentas de gestão empresarial Lean Seis Sigma e PMBOK no desenvolvimento de um programa de gestão da pesquisa científica. Eisnten, v. 10, n. 4, p. 480-490, 2012.

Maida, F.G. A Confiabilidade Humana em Unidades de Processamento de Refinarias de Petróleo. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.

Petruni, Alberto; Giagloglou, Evanthia; Douglas, Ewan; Geng, Jie; Leva, Maria C.; Demichela, Micaela. Applying Analytic Hierarchy Process (AHP) to choose a human factors technique: Choosing the suitable Human Reliability Analysis technique for the automotive industry. Safety Science. Elsevier, 2017.

PMI. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos - Guia PMBOK. 4ª Edição. EUA: Project Management Institute, 2008.

Reason, JT. Human error: Models and management. British Medical Journal, 2000.

Reyes, Martínez R.M.; Maldonado, Macías A.; Prado, León L.R. Human factors identification and classification related to accidents' causality on hand injuries in the manufacturing industry. IEA, 2012.

Rissi, L.A.. Aplicação da metodologia 6 sigma para resolução do problema da falta de acurácia no estoque de uma empresa. TCC, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

APÊNDICE A – Questionário

Questionário TCC				
1) É possível que uma mudança na peça não seja reanalisada entre a primeira checagem e a liberação efetiva da peça por problemas de comunicação da atualização entre o time de desenvolvimento e o time de análise virtual?				
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
2) Todas as análises são feitas com a mesma quantidade de tempo e mesma qualidade em qualquer momento do projeto (longe e perto de milestones)?				
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
Se não, como é possível melhorar tanto o planejamento, como a qualidade?				
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				
3) Existe um checklist que é de fácil entendimento, seja com escrita simplificada ou auxílio visual, tornando o checklist eficaz na redução do erro humano?				
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
4) O checklist é curto ou identifica prioridade para os itens mais críticos, auxiliando na eficácia na redução do erro humano?				
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
5) Existe dupla checagem utilizando os <i>checklists</i> ?				
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
6) Se sim, como você classificaria a qualidade, considerando o tempo empregado nesta dupla checagem?				
<input type="checkbox"/> Muito ruim	<input type="checkbox"/> Ruim	<input type="checkbox"/> Intermediária	<input type="checkbox"/> Boa	<input type="checkbox"/> Muito boa
7) Existe dupla checagem com checklist por mais de uma pessoa para dar uma visão externa?				
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
8) Caso ocorra erro humano na utilização do checklist, quando ele provavelmente seria descoberto?				
<input type="checkbox"/> Durante dupla checagem	<input type="checkbox"/> Quando a peça for produzida			
9) No caso de transição de responsabilidade, se assume que tudo avaliado até o momento está correto?				
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
10) Você considera a gestão de informação das análises e evidências eficiente? Ex: Qualquer pessoa consegue atestar uma análise de acesso de peça a partir das evidências deixadas.				
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
11) Marque todas as opções que tenha conhecimento onde já ocorreu erro humano gerando um problema encontrado somente nos testes físicos:				
<input type="checkbox"/> Atualização de peça não analisada	<input type="checkbox"/> Checklist preenchido incorretamente			
<input type="checkbox"/> Transição de responsabilidade	<input type="checkbox"/> Outros: _____			

APÊNDICE B – Lições Aprendidas

Pre montagem Manufatura Digital (DPA 5)

Lições aprendidas
(Em acordo com o procedimento operacional VOPGOG-313)

I. – Peças físicas com problemas devido a atualizações em peças não analisadas: Peças que foram atualizadas após a primeira avaliação na peça com checklist algumas vezes não eram reavaliadas e isto levou a um problema físico.

A – Causas Raízes

1. Não existe **loop sistêmico** que **alerte** o auditor ou **garanta** que após a avaliação a peça não será **atualizada sem o conhecimento do auditor**.
2. Algumas vezes peças são atualizadas **perto do milestone**, por isto, o auditor não tem **tempo para checar** se a peça foi atualizada porque o auditor tem uma sobrecarga de trabalho perto dos milestones.
3. **Muitos updates** em muitas peças durante o glidepath, com cada update requerindo **muitos rechecks** iriam gerar muito **trabalho extra** caso o Sistema travasse os checks.

B – Soluções possíveis

1. Definir todas as peças checadas em cada checklist e passar isto com o contato do responsável para uma terceirizada para **enviar um update semanal** em todas as peças (menos de aperto) que tiveram atualização definindo quais os checks precisariam ser reavaliados.
2. **Limpar automaticamente** somente os **checks críticos** toda vez que uma peça deste checklist seja atualizada. Ou limpar de todos os checks.
3. Auditor deve receber **e-mail automático** enviado pelo sistema toda vez que uma peça pertencente a um checklist seja atualizada.
4. Solicitar um **comparativo visual** para a terceirizada com link para CAD toda vez que a peça seja atualizada.
5. Realizar pelo menos um **comparativo da peça** entre um mês **antes do milestone** e **depois do milestone** por requerimento.

C – Próximas etapas

1. Definir soluções a serem implementadas.
2. Levantar as reuniões globais para checar o que pode ser automatizado no processo.

II. – Peças físicas com problemas devido a uma má transição de responsabilidade: Peças que foram avaliadas ok por uma pessoa que foi transferida internamente ou deixou a empresa no início das avaliações virtuais foram assumidas boa pelo novo auditor e isto levou a um problema físico.

A – Causas Raízes

1. Um check normalmente corresponde a mais de uma peça e algumas vezes o mesmo check precisa ser analisado em diferentes partes da mesma peça. O auditor anterior pode ter **avaliado parcialmente** um check e estar a espera de informação do PD e ter isto rastreado em arquivo pessoal ou até mentalmente.
2. Novo auditor não sabe **nível de confiança** do auditor anterior nos checks, pode ser uma **avaliação primária em andamento** ou ainda **a ser revisado**.
3. Se o auditor anterior soubesse que sairia da empresa ou tinha uma performance ruim e foi demitido **não se pode assumir** que o trabalho foi feito com a qualidade e empenho necessários.

B – Soluções possíveis

1. Se a **evidência deixada** não é suficiente para o novo auditor ter um **bom nível de confiança** então o **check deve ser refeito**. Checks não aplicáveis não precisam ser refletidos – adicionar ao procedimento.
2. **Checks críticos** devem ser refeitos se uma boa transição com uma **cominhada virtual simulada** não foi feita.

C – Próximas etapas

1. Definir soluções a serem implementadas.
2. Levantar as reuniões globais se julgado que o procedimento deve ser alterado.

III. – Peças físicas com problemas devido a checks avaliados incorretamente: Peças que foram aprovadas em checks pelo auditor na verdade possuíam problemas virtuais que levaram a um problema físico.

A – Causas Raízes

1. Check **interpretado incorretamente** (auditor não entendeu corretamente o check).
2. Auditor tem uma **grande carga de trabalho** no final do milestone, o que aumenta a **probabilidade de erro humano**.
3. **Erro humano normal** não encontrado na **liberação da peça** também devido a **alta carga de trabalho** e sem tempo para **revisar checklists**.
4. So um auditor **checa cada peça**. Sem **outra pessoa** para ter uma perspectiva diferente.

B – Soluções possíveis

1. **Checklists** devem ser revisados para serem **resumidos, precisos e de fácil entendimento**, **auxílios visuais profissionais** também devem ser adicionados a 100% dos checks. **Objetivo:** O auditor consegue avaliar um check somente com o auxílio visual.
2. Um **cartão de auxílio visual** no formato pocket deve ser criado com os **principais checks críticos** resumidos, precisos e de fácil entendimento para ajudar a prevenir a maior parte dos grandes problemas.
3. **VOME e PD** devem possuir **milestones intermediários** para reduzir a carga de trabalho no final dos milestones.
4. **VOME não deve aceitar** atualizações de peça na **última semana do milestone** por procedimento.
5. **Glidepath do VOME** deve ter um **limite máximo permissível de checks/dia**, se o limite não é suficiente para concluir o **milestone**, então este deve **ser postergado** ao invés de sobrecarregar o auditor e diminuir o tempo das análises.
6. **VOME** gasta muito tempo com problemas de **falta de CADs** no sistema, este processo deve ser **automatizado ou terceirizado**.
7. **D&Rs e CADistas** devem ser **treinados em DPA-5** pelo VOME no início de cada programa. Isto irá reduzir retrabalho.
8. **Rechecks** devem ser implementados usando **auditor suporte** para **percorrer as evidências e aprovar a avaliação** de cada checklist.
9. **Evidências robustas em checks críticos** devem ser obrigatórios e rastreados por sistema ou no drive do setor de forma que qualquer pessoa possa ter acesso.
10. **Evento de montagem virtual** deve ser usado como uma barreira de problemas. **VOME** deve **recompensar quem encontra grandes problemas**, de outros auditores, que levam a custos extras durante o lançamento do novo produto.

C – Próximas etapas

1. Implementar cartão de auxílio visual – **Feito**.
2. Definir soluções a serem implementadas.
3. Levantar as reuniões globais se julgado que o procedimento deve ser alterado.