



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

Reflexões sobre uma Integração Conceitual das Abordagens Lean Manufacturing, Six Sigma e Teoria das Restrições na Solução de Problemas Comuns do Gerenciamento de Projetos

Fernanda Leite Monteiro

Isabella Mattos Pasqualette Martins

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Eduardo Galvão Moura Jardim

Rio de Janeiro

Julho de 2018

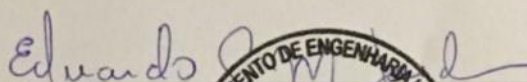
REFLEXÕES SOBRE UMA INTEGRAÇÃO CONCEITUAL DAS ABORDAGENS LEAN
MANUFACTURING, SIX SIGMA E TEORIA DAS RESTRIÇÕES NA SOLUÇÃO DE
PROBLEMAS COMUNS DO GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Fernanda Leite Monteiro

Isabella Mattos Pasqualette Martins

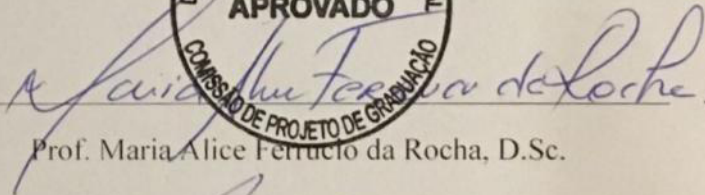
PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE
ENGENHARIA DO PRODUÇÃO DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO DO PRODUÇÃO.

Examinada por:



Prof. Eduardo Galvão Moura Jardim, PhD.



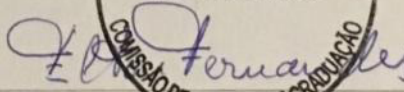


Prof. Maria Alice Ferrucio da Rocha, D.Sc.



Prof. Leonardo de Aragão Guimarães





Prof. Elton Fernandes

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JULHO de 2018

Monteiro, Fernanda Leite

Martins, Isabella Mattos Pasqualette

Reflexões sobre uma Integração Conceitual das Abordagens Lean Manufacturing, Six Sigma e Teoria das Restrições na Solução de Problemas Comuns do Gerenciamento de Projetos/ Fernanda Leite Monteiro e Isabella Mattos Pasqualette Martins. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018.

VII, 106 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Eduardo Galvão Moura Jardim

Projeto de Graduação – UFRJ/ POLI/ Engenharia do Produção, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 73-85.

1. Lean Manufacturing 2. Six Sigma 3. Teoria das Restrições 4. Integração Conceitual

I. Jardim, Eduardo Galvão Moura. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia do Produção. III. Reflexões sobre uma Integração Conceitual das Abordagens Lean Manufacturing, Six Sigma e Teoria das Restrições na Solução de Problemas Comuns das Gestão de Projetos.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro de Produção.

REFLEXÕES SOBRE UMA INTEGRAÇÃO CONCEITUAL DAS ABORDAGENS LEAN MANUFACTURING, SIX SIGMA E TEORIA DAS RESTRIÇÕES NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMUNS DO GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Fernanda Leite Monteiro

Isabella Mattos Pasqualette Martins

Julho/2018

Orientador: Eduardo Galvão Moura Jardim

Curso: Engenharia de Produção

Resumo: As metodologias Lean Manufacturing, Six Sigma e Teoria das Restrições revolucionaram a manufatura, apresentando resultados excelentes na melhoria dos processos. Há alguns anos, começam, então, a surgir propostas de integração entre essas três metodologias com resultados, em alguns casos, ainda melhores. Neste trabalho, a partir de uma extensa revisão bibliográfica e entrevistas com gerentes de projetos de grandes companhias como a Rolls Royce, foi identificada uma lacuna na literatura no que diz respeito a essa integração fora da manufatura, mais especificamente no gerenciamento de projetos. A partir daí, foi pensada, então, uma proposta de integração em oito passos, na qual foram aplicados os principais conceitos de cada metodologia de modo a resolver os principais problemas encontrados durante a elaboração de um projeto. Por fim, são levantadas os principais benefícios e limitações dessa proposta e as sugestões de desdobramentos futuros.

Palavras-chave: Lean Manufacturing, Six Sigma, Teoria das Restrições, Gerenciamento de Projetos, Proposta de Integração.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

**REFLECTIONS OVER A CONCEPTUAL INTEGRATION THE METHODOLOGIES
LEAN MANUFACTURING, THEORY OF CONSTRAINTS AND SIX SIGMA FOR
SOLVING PROBLEMS OF PROJECT MANAGEMENT**

Fernanda Leite Monteiro

Isabella Mattos Pasqualette Martins

July/2018

Advisor: Eduardo Galvão Moura Jardim

Course: Production Engineering

Abstract: The Lean Manufacturing, Six Sigma and Theory of Constraints methodologies revolutionized the world of manufacturing with excellent results in process improvement. A few years ago, proposals for integrating these three methodologies started to emerge, with results, in some cases, even better than before. In this work, from an extensive bibliographic review and interviews with project managers from important companies such as Rolls Royce, a gap was identified in the literature regarding this integration outside of manufacturing, more specifically in project management. From that point on, a seven-step integration proposal was conceived, in which the main concepts of each methodology were applied in order to solve the main problems encountered during the elaboration of a project. Finally, the main benefits and limitations of this proposal and the suggestions for future unfolding are raised.

Keywords: Lean Manufacturing, Six Sigma, Theory of Constraints, Project Management, Integration Proposition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: % de projetos de TI (com orçamentos > \$ 15 milhões de dólares) com problemas	1
Figura 2: Visão Geral do Gerenciamento de Projetos	5
Figura 3: Gerenciamento de Riscos e Resultados do Projeto.....	9
Figura 4: Processos Básicos do Gerenciamento de Projetos	14
Figura 5: Ciclos de Planejamento e Feedback do XP.....	16
Figura 6: Diagrama de processos Scrum	17
Figura 7: Quadro Kanban	19
Figura 8: Processos da metodologia PRINCE2.....	20
Figura 9: Desvios Padrões	29
Figura 10: Papéis e responsabilidades no Six Sigma.	30
Figura 11: Processo DMAIC	31
Figura 12: Cinco Etapas de Foco da Teoria das Restrições	40
Figuras 13 e 14: Aplicação do Método da CCPM.....	46
Figura 15: Abordagem Velocity	53
Figura 16: Ultimate Improvement Cycle.....	55
Figura 17: Árvore de Estratégia e Tática de Goldratt.....	59
Figura 18: Buffers no Planejamento de Cadeia Crítica Tradicional e no CCPM.....	63
Figura 19: Ferramenta FMEA	64
Figura 20: Quadro de Monitoramento da Execução do Projeto	65
Figura 21: Gráfico de Análise de Consumo do Pulmão do Projeto	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. MOTIVAÇÃO	1
1.2. OBJETIVO	2
1.3. CONTEXTO.....	2
1.4. ESTRUTURA E METODOLOGIA DO TRABALHO	3
1.5. LIMITAÇÕES	3
2. GERENCIAMENTO DO PROJETOS.....	5
2.1. O QUE É GERENCIAMENTO DE PROJETOS?	5
2.1.1. AS CAUSAS DAS FALHAS DE PROJETO	6
2.2. DADOS EMPÍRICOS: ENTREVISTAS COM GERENTES DE PROJETOS	10
2.2.1. M. P.	10
2.2.2. G.W.	10
2.2.3. R. B.....	11
2.2.4. K. A.	11
3. METODOLOGIAS MAIS UTILIZADAS NO GERENCIAMENTO DO PROJETOS	13
3.1. WATERFALL	13
3.2. ABORDAGEM PMI/PMBOK	14
3.3. METODOLOGIAS ÁGEIS.....	15
3.3.1. EXTREME PROGRAMMING (XP).....	16
3.3.2. SCRUM.....	17
3.3.3. KANBAN	18
3.4. PRINCE2	19
4. METODOLOGIAS MAIS UTILIZADAS NA MANUFATURA.....	22

4.1.	LEAN MANUFACTURING.....	22
4.1.1.	O CONCEITO:.....	22
4.1.2.	OS PRINCÍPIOS LEAN:	23
4.1.3.	FATORES CRÍTICOS DO SUCESSO:.....	25
4.1.4.	BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING:.....	27
4.2.	SIX SIGMA	28
4.2.1.	O CONCEITO:.....	28
4.2.2.	PAPÉIS E RESPONSABILIDADES EM SIX SIGMA:	30
4.2.3.	PROCESSO DMAIC:	30
4.2.4.	FATORES CRÍTICOS DO SUCESSO:.....	33
4.3.	TEORIA DAS RESTRIÇÕES.....	36
4.3.1.	HISTÓRIA:	36
4.3.2.	O CONCEITO:.....	36
4.3.3.	FERRAMENTA DE THINKING PROCESS:.....	37
4.3.4.	CINCO ETAPAS DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES:.....	39
4.3.5.	CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT (CCPM):	44
4.3.6.	BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES	47
4.4.	A INTEGRAÇÃO ENTRE TOC, LEAN MANUFACTURING E SIX SIGMA NA MANUFATURA.....	50
4.4.1.	TLS:.....	50
4.4.2.	VELOCITY	52
4.4.3.	UIC – ULTIMATE IMPROVEMENT CYCLE:	55
5.	A INTEGRAÇÃO ENTRE TOC, LEAN MANUFACTURING E SIX SIGMA NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS	58
5.1.	PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO CONCEITUAL:.....	59

1º PASSO: DEFINA O OBJETIVO DO PROJETO	59
2º PASSO: DEFINA AS ATIVIDADES DO PROJETO ELIMINANDO O QUE NÃO GERAR VALOR.....	60
3º PASSO: ESTRUTURE A CORRENTE CRÍTICA DO PROJETO E ESTIME AS DURAÇÕES DAS ATIVIDADES	60
4º PASSO: PLANEJE O HORÁRIO DE INÍCIO TARDIO	62
5º PASSO: DEFINA BUFFERS	62
6º PASSO: FAÇA A GESTÃO DOS RISCOS DO PROJETO – SIX SIGMA.....	64
7º PASSO: MONITORE A EXECUÇÃO DO PROJETO (LEAN E TOC).....	64
8º PASSO: CONTROLE A QUALIDADE COM DMAIC	66
5.2. ANÁLISE CRÍTICA DA PROPOSTA	68
5.3. CONTEXTO PARA A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	70
6. CONCLUSÃO.....	71
7. REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE A – QUESTÕES DAS ENTREVISTAS	86
APÊNDICE C – MINUTOS DE ENTREVISTA COM G. W.....	93
APÊNDICE D – MINUTOS DE ENTREVISTA COM R. B.....	100
APÊNDICE E – MINUTOS DE ENTREVISTA COM K. A.....	104

1. INTRODUÇÃO

1.1. MOTIVAÇÃO

O gerenciamento de projetos é um tema que vem sendo discutido e estudado há anos por atores de diferentes setores e que possuem escopos completamente distintos. Esse tema, apesar de muito amplo e tratar desde projetos simples de alguns dias ou semanas até complexos que podem durar anos, envolve os desafios em comum que estão associados a um bom gerenciamento de fatores como prazos, orçamento, escopo e qualidade.

Como o mercado tem se tornando cada vez mais competitivo e exigente, a tolerância a falhas passa a ser cada vez menor, assim como os custos que essas falhas costumam gerar para a empresa. Um mal planejamento do prazo do projeto, por exemplo, pode levar a atrasos na entrega, aumento dos custos com recursos e retornos abaixo do esperado para o cliente. Uma pesquisa realizada pelo Project Management Institute em 2015, por exemplo, mostrou que apenas 46% dos projetos conseguem ser finalizados no tempo previsto; 51% conseguem se manter dentro do orçamento; e somente 60% alcançam os objetivos e metas propostos originalmente.

Resultados semelhantes foram obtidos na análise de 5.400 grandes projetos de TI pela McKinsey & Company e Universidade de Oxford em 2012. Os resultados estão ilustrados abaixo:



Figura 1: % de projetos de TI (com orçamentos > \$ 15 milhões de dólares) com problemas

Fonte: Bloch, Blumberg e Laartz (2012)

Nesse levantamento, Bloch, Blumberg e Laartz (2012) comentam que embora a maioria das empresas sobreviva ao excesso de custos e à extrapolação de cronogramas, 17% dos projetos de TI são tão ruins que podem ameaçar a existência da empresa (Bloch, Blumberg e Laartz, 2012).

Inúmeras outras pesquisas já foram realizadas sobre o tema. A KPMG, por exemplo, conduziu a primeira grande pesquisa nacional sobre gerenciamento de projetos da Nova Zelândia com quase 100 organizações. A conclusão foi exatamente a mesma. Grande parte das empresas relataram problemas associadas a prazo e orçamento. Portanto, é evidente que o gerenciamento de projetos é um dos maiores desafios para inúmeras empresas hoje.

1.2. OBJETIVO

Pensando nessas falhas relatadas, esse trabalho tem como objetivo analisar a integração conceitual das metodologias *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* e Teoria das Restrições no gerenciamento de projetos. Seu foco principal é entender como metodologias muito utilizadas hoje na manufatura para garantir uma maior qualidade nos processos produtivos, podem ser aplicadas em conjunto de modo a eliminar os problemas mais comuns encontrados no gerenciamento de projetos. Além disso, será também desenvolvido um passo-a-passo explicativo de como essa integração pode ser feita e em quais etapas de um projeto cada metodologia pode agregar mais valor.

O objetivo dessa integração conceitual é que essas três metodologias contribuam, em conjunto, para alcançar resultados superiores no gerenciamento de projetos do que os obtidos através da aplicação de cada metodologia individualmente.

1.3. CONTEXTO

Existem diversos contextos em que um projeto pode se encontrar. Existem projetos múltiplos em que alguns recursos são compartilhados entre eles e por isso existe uma concorrência pelos mesmos recursos. Já os projetos que são considerados únicos não compartilham recursos com outros projetos.

Esse estudo se encaixa em um contexto de projetos únicos. Apesar de serem abordados temas como multitarefas, por exemplo, o foco será sempre nos desafios intrínsecos a esse projeto. No caso mencionado, o desafio seria um recurso precisar realizar diferentes tarefas em paralelo dentro de um projeto.

Para a aplicação do *Six Sigma* também se considera a necessidade de projetos com um certo nível de repetição e replicabilidade. Isso porque essa metodologia está voltada para o aperfeiçoamento e a redução de erros em um processo, como será explicado mais adiante, de modo que não seria interessante o investimento em um processo que não irá se repetir com uma certa frequência.

1.4. ESTRUTURA E METODOLOGIA DO TRABALHO

Após o capítulo introdutório, o estudo se inicia com uma revisão literária sobre gerenciamento de projetos, resumindo os principais aspectos da metodologia e as causas mais comuns responsáveis pelo fracasso de um projeto. A seguir, utilizamos dados empíricos para corroborar os problemas já identificados na literatura, através de entrevistas com quatro gerentes de projetos, que atuam em empresas como a inglesa *Rolls-Royce*.

Essa etapa do estudo é finalizada com a apresentação das metodologias mais utilizadas no gerenciamento de projetos. São detalhados o modelo *Waterfall*; o método PMI/PMBOK; e as metodologias ágeis, como o *Kanban*, o *Scrum*, o *Extreme Programming* e o PRINCE 2.

A fim de abordar os problemas identificados, também é fornecida uma visão geral da literatura existente sobre *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* e Teoria das Restrições, onde os principais aspectos, conceitos, ferramentas e benefícios individuais da aplicação das três metodologias são explicados e detalhados.

Finalmente, no último capítulo, apresenta-se a proposta de integração conceitual entre as três metodologias estudadas, que está explicitada através de um passo-a-passo composto por etapas que unem os conceitos e ferramentas do *Lean*, *Six Sigma* e TOC. Nesse capítulo também são detalhados os benefícios que podem ser obtidos com essa aplicação integrada das metodologias.

1.5. LIMITAÇÕES

A maior limitação do projeto é que a proposta de integração entre as metodologias desenvolvida pelas autoras não foi testada em algum projeto real. Todas as etapas foram pensadas com base na revisão da literatura, nas entrevistas com os gerentes e em estudos de caso, no entanto, não há dados específicos sobre como sua aplicação poderia realmente influenciar na melhora dos resultados de projetos.

Com isso, podemos acrescentar que a proposta de continuação desse trabalho seria testar o passo-a-passo proposto em um estudo de caso experimental, em um contexto real, para avaliar os resultados obtidos e trazer a esta reflexão conceitual valores e análises mais concretas. De modo a aprimorar e amadurecer a proposta até que esta esteja pronta para ser aplicada em projetos reais, primeiramente em casos menores e mais simples e, futuramente, em projetos mais complexos.

2. GERENCIAMENTO DO PROJETOS

2.1. O QUE É GERENCIAMENTO DE PROJETOS?

De acordo com Verzuh (2011), o gerenciamento de projetos existe desde que as pirâmides e aquedutos da antiguidade foram construídos, mas foi somente no século XX que a mesma foi estabelecida como uma disciplina.

Para se entender o que é a gerenciamento de projetos, devemos primeiramente definir o que é um projeto. Pode-se considerar como um projeto qualquer conjunto de atividades e tarefas que: tenham um objetivo específico a ser completado dentro de certas especificações; possuam uma data de começo e fim para cumprir esse objetivo; sejam realizadas por meio de um esforço temporário (Roberts, 2013); tenham limites de financiamento (se aplicável); e consumam recursos (Kerzner, 2013).

Kerzner (2013) afirma que o gerenciamento de projetos pode ser definido como o planejamento, a organização, a direção e o controle dos recursos da empresa para um objetivo de curto prazo, que foi estabelecido para completar metas e escopos específicos. Já o *Project Management Institute* (PMI), define o mesmo como a aplicação do conhecimento, métodos, ferramentas, habilidades e experiência para atingir os objetivos do projeto.

A figura abaixo representa uma visão geral de Gerenciamento de Projetos.



Figura 2: Visão Geral do Gerenciamento de Projetos

Fonte: <https://www.gp3.com.br/artigo/182-o-triangulo-das-restricoes-de-gerenciamento-de-projetos/>

Kerzner (2013) afirma que "o gerenciamento de projetos é feito para gerenciar ou controlar os recursos da empresa em determinada atividade, dentro do tempo, dentro do custo e dentro do desempenho. Tempo, custo e o desempenho são as restrições no projeto. Se o projeto deve ser realizado para um consumidor externo, então o projeto tem uma quarta restrição: boas relações com o consumidor ".

Segundo ele, mesmo gerenciando um projeto internamente dentro do tempo, custo e desempenho, é possível que o cliente está alienado de tal forma que não haverá mais negócios futuros. Às vezes, uma decisão de gestão para atingir um ou dois desses objetivos pode custar os objetivos remanescentes. Neste caso, é importante esclarecer ao proprietário do projeto a importância de cada uma dessas variáveis. Em uma estratégia *Best-In Market*, por exemplo, o atrativo do projeto é primordial, então a qualidade tem a prioridade máxima (Kuster, et al., 2015).

2.1.1. As Causas das Falhas de Projeto

Como foi mencionado anteriormente, a gestão desses fatores é complexa e as falhas são recorrentes. As principais razões para isso são:

2.1.1.1. Falta de Objetivos Bem Definidos:

Depois de realizar uma pesquisa de 70 engenheiros profissionais, Black (1996) concluiu que é imperativo que os planejadores do projeto compreendam tanto sobre as metas e objetivos do projeto quanto possível antes do lançamento do mesmo.

Nessa pesquisa, os entrevistados citaram "o projeto não foi adequadamente definido no início" como o principal motivo para o fracasso do projeto, enquanto o terceiro foi "falta de metas de projeto claramente definidas e objetivos ". Além disso, pesquisa global realizada pela PWC em 2012 envolvendo mais de 1.500 participantes também aponta que este seria o terceiro fator que mais contribui para um projeto deficiente em desempenho (PWC, 2012).

2.1.1.2. Mudanças de Escopo:

A KPMG (2010) realizou uma pesquisa em agosto de 2010 com quase 100 organizações da Nova Zelândia e concluiu que as mudanças de escopo são a maior causa de falha do projeto. Black

(1996) concorda que a mudança é uma das principais causas do fracasso do projeto, e diz que as especificações de um projeto podem ser alteradas por vários motivos: o planejamento inicial não foi concluído ou completo; o gerenciamento de nível superior mudou o escopo do trabalho; o cliente mudou o escopo do trabalho; surgiram dificuldades imprevistas; e problemas financeiros, como resultado dessas mudanças, há aumentos de custos e modificações de cronograma.

O relatório divulgado pela PWC (2013) informa que apenas as mudanças absolutamente necessárias devem ser feitas. Segundo ele, às vezes, é melhor finalizar o projeto inicial e reservar alguns dos aprimoramentos para uma data posterior e um contrato separado, mas muitas vezes, há falta de transparência e controle em torno das mudanças do projeto. Assim, os proprietários podem não entender o impacto das ordens de mudança até que seja muito tarde.

2.1.1.3. Erros no Planejamento de Prazos do Cronograma e Orçamento:

De acordo com a pesquisa global conduzida pela PWC (2012), estimativas precárias na fase de planejamento são a principal causa de fraco desempenho em projetos. Da pesquisa de 2004 para a de 2012, a porcentagem de participantes que consideram as estimativas precárias como o motivo da falha do projeto aumentou de 17% para 32%. Além dos prazos definidos no projeto, outro ponto crítico levantado foi referente a definição do orçamento do projeto. De acordo com a pesquisa global conduzida pelo PMI em 2015, que reúne comentários e insights de mais de 2.800 líderes de gerenciamento de projetos, estimativas de custos inadequados é uma das principais causas de falha em projetos (PMI, 2015).

2.1.1.4. Falta de Recursos:

A pesquisa realizada pela KPMG (2010) apontou "concorrência de recursos" como o segundo motivo principal para a falha do projeto. A pesquisa global realizada pela PWC (2012) também identificou recursos insuficientes como um fator que contribui para os desempenhos precários do projeto ao implementar a abordagem de gerenciamento de projetos em uma organização.

Pinto e Mantel (1990) realizaram uma pesquisa com 97 membros do Project Management Institute (PMI) e concluíram que o recrutamento, seleção e capacitação do pessoal necessário para o projeto é um fator crítico associado à falha no estágio tático. Em muitas situações, a equipe do projeto é

escolhida com pouco respeito às habilidades necessárias para uma contribuição ativa na implementação do projeto.

De acordo com Robinson & Richards (2010), uma gestão ineficiente de multitarefas é um dos fatores que tornam a concorrência de recursos uma das principais causas das falhas nos projetos. Em algumas organizações focadas em projetos, os recursos não são dedicados apenas a um projeto isolado. Isso acontece porque, frequentemente, é difícil planejar um projeto de forma a equilibrar de maneira eficiente a carga de todos os recursos, garantindo que eles sejam usados de forma eficiente. Há um custo relacionado ao tempo de inatividade do recurso, ou seja, quando esse recurso está disponível para ser usado quando necessário.

Uma medida possível para reduzir esse custo é o que é chamado de multitarefa. Em sua forma mais simples, a multitarefa ruim ocorre quando existe tal demanda pelo recurso, que ele é forçado a interromper cada tarefa antes de sua conclusão para trabalhar em outra tarefa. No entanto, os efeitos negativos são difíceis de detectar porque, devido à multitarefa, o recurso parece ter demanda constante, sendo assim totalmente utilizado. A pressão é frequentemente exercida de tal forma que o recurso é forçado a mostrar progresso em todas as tarefas que estão esperando, mesmo que isso signifique atrasar a conclusão de uma tarefa iniciada anteriormente.

Devido a quebras de tarefas que ocorrem antes das tarefas serem concluídas e aos tempos de ajuste necessários para retomar uma tarefa inacabada, todas as tarefas são concluídas com atraso em relação ao plano inicial.

2.1.1.5. Comunicações Precárias:

Em 1998, a Spikes Cavell conduziu uma pesquisa para a empresa Bull na Reino Unido com mais de 200 gerentes de TI e gerentes de projetos, e identificou que a quebra de comunicação é a principal causa do fracasso do projeto durante seu ciclo de vida (Sachs, 2011). Os resultados obtidos na pesquisa global realizada pelo PMI (2015) também mostram que a comunicação inadequada/deficiente é considerada uma das principais causas de falha do projeto.

De acordo com a PWC (2013), "problemas de comunicação muitas vezes estão na raiz do projeto problemático." Um problema comum ocorre quando o gerente adverte que um projeto está rodando

acima o orçamento e/ou atrás do cronograma planejado, mas a mensagem não atinge os altos executivos seniores e o conselho antes dos problemas chegarem a um nível irreversível.

2.1.1.6. Gerenciamento Inadequado de Riscos e Problemas:

De acordo com a pesquisa realizada pelo PMI (2015), "oportunidades e riscos que não foram identificados" é a quarta causa de falhas nos projetos iniciados em suas organizações nos últimos 12 meses. Como pode ser visto abaixo, as organizações que sempre usam práticas de gerenciamento de risco têm resultados significativamente melhores em comparação com organizações que não usam.



Figura 3: Gerenciamento de Riscos e Resultados do Projeto.

Fonte: <https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2015.pdf>

A pesquisa realizada por Pinto e Mantel (1990) também apontou a capacidade de lidar com crises inesperadas e desvios de planejamento, como um fator crítico associado à falha na fase tática de um projeto. Independentemente de quão cuidadosamente o projeto foi planejado e como a avaliação de risco foi realizada, é impossível prever todos os problemas que possam surgir. Por isso, é importante incluir mecanismos de resolução de problemas no plano de implementação, tornando mais fácil não só reagir aos problemas à medida que emergem, mas prever e possivelmente prevenir áreas de problemas potenciais (Pinto e Slevin, 1987).

2.2. DADOS EMPÍRICOS: ENTREVISTAS COM GERENTES DE PROJETOS

Para entender mais profundamente os motivos de falha de projetos, foram conduzidas quatro entrevistas com gerentes de projetos. O roteiro da entrevista e a duração da reunião estão no Apêndice.

2.2.1. M. P.

M.P. é um *Black Belt Lean Six Sigma* em excelência de projeto trabalhando na *Rolls-Royce*, que esteve envolvido com projetos de vários milhões de libras, bem como pequenos projetos de dezenas de libras. Ele apontou comunicação como uma das principais causas de falha do projeto, e uma das maiores diferenças entre projetos grandes e pequenos. Isso porque em pequenos projetos é muito mais fácil para o gerente se manter próximo, facilitando conversas com os funcionários envolvidos e permitindo agilidade na tomada de decisões. Projetos maiores, por outro lado, necessitam de muito mais infra-estrutura para obter progresso, criando algumas barreiras a comunicação.

Outro recorrente problema em projetos é atrasos devido a eventos não planejados e a falta de compreensão de uma atividade ao estimar prazos. Mudança de escopo é outro problema que acontece com bastante frequência, podendo ser derivada de eventos como o cliente mudando seus pedidos e o correto entendimento dessas alterações.

2.2.2. G.W.

G.W. tem uma vasta experiência em gerenciamento de projetos e acredita que os problemas no orçamento e nas escalas de tempo são muito frequentes, mas que as pessoas subestimam isso devido ao excesso de otimismo sobre o que pode ser alcançado em determinado tempo e o estabelecimento de prazos por pessoas que não entendem o gerenciamento de projetos e fazem não conhecem o que ele envolve.

Mudança de escopo também é um problema e está relacionada à especificação do requisito, para ele uma das principais coisas a fazer é definir o que será feito e o que não será. Outra maneira de evitar esse problema é ter uma estrutura de gerenciamento de dois níveis com um comitê de direção responsável pelo controle de mudanças.

Para G.W., projetos também ficam fora do controle por causa de pessoas insuficientes ou que não são capacitadas. Um erro comum é assumir que, quando o projeto está com atraso, trazer mais pessoas resolverá o problema, porque, no curto prazo, isso irá atrasá-lo mais ainda, já que a equipe precisará explicar o que estava acontecendo para os novos membros. Outros fatores importantes para o sucesso é a comunicação entre pessoas técnicas e a alta gerência.

2.2.3. R. B.

R. B. é uma autoridade internacional em gerenciamento estratégico de programas e projetos, e de acordo com ele, existem duas áreas de problemas: uma delas é quando as coisas dão errado, porque o projeto não está sendo bem gerido, coisas como atraso e gastos excessivos; e a outra é quando as coisas dão errado porque é o projeto errado.

Para ele, a falha em projetos também pode ser dividida em duas categorias. A primeira é a falha *top down*, ou seja, de cima para baixo, e ocorre quando "o que você quer fazer não se encaixa ou o gerenciamento no andar de cima não sabe como direcionar projetos". Já a segunda é o que algumas pessoas percebem como falha do gerente de projeto: má gestão, o plano estava errado, etc.

Ele acredita que a maneira mais simples de analisar as causas do fracasso nos projetos é observando a restrição tripla. Se algo levar muito tempo, geralmente custa demais. Escopo, por exemplo, impacta no tempo e no custo e é um problema que acontece porque os clientes não sabem o que querem ou ficam entusiasmados o que eles estão recebendo, então, cabe ao gerente de projeto controlar as mudanças.

Resumindo, para R. B., os fatores críticos que levam a projetos bem-sucedidos são: patrocínio claro e compreensivo; gerente de projeto hábil e competente, e; aplicação efetiva das técnicas básicas de gerenciamento de projetos, assim planejamento, gerenciamento de riscos e gerenciamento de problemas.

2.2.4. K. A.

K. A. tem mais de 15 anos de experiência em planejamento e gerenciamento de projetos, e já presenciou muitos problemas. Ela trabalhou em certos projetos que tinham exigências específicas do cliente, e, como esses requisitos podem mudar, é necessário ter um processo robusto de controle de mudanças.

Para ela, a chave para ser um bom gerente de projetos é possuir um bom planejamento e cronograma, uma vez que ele ou ela precisa ser capaz de gerenciar as mudanças e pensar em contingência e gerenciamento de riscos. A comunicação também é parte da liderança, e do gerenciamento de projetos e de pessoas, sendo que o tamanho do projeto a torna mais difícil.

Ela acrescentou ainda que monitorar e controlar o projeto também é um fator crítico de sucesso e, para evitar problemas neste processo, faz parte do gerenciamento de riscos ter meios de atenuação e contingência de danos. Além disso, é importante ter reuniões regulares e saber o que é acontecendo em todos os momentos.

3. METODOLOGIAS MAIS UTILIZADAS NO GERENCIAMENTO DO PROJETOS

Devido à complexa natureza dos projetos e às diferenças entre eles, existem diversas metodologias para o gerenciamento de projetos. As abordagens mais utilizadas são:

3.1. WATERFALL

O modelo de cachoeira é um processo de design frequentemente utilizado no desenvolvimento de *software*. Este modelo recebe esse nome devido ao "fluxo" em cascata de seu ciclo de vida, que se move para baixo (semelhante a uma cachoeira) através dos estágios de desenvolvimento. No modelo de cachoeira, as fases de desenvolvimento não se sobrepõem. Cada etapa deve ser concluída antes que o próximo "nível" da cachoeira seja iniciado. Isso torna o modelo de cachoeira mais útil para projetos menores com requisitos bem definidos e menos incertezas (Telegraph, 2016).

As seis etapas do ciclo de vida do modelo original de cachoeira são:

- Requisitos: Nesta fase, as expectativas e objetivos do projeto são definidos e os riscos são analisados.
- Design: Depois de identificar os objetivos do projeto, o produto começa a ser projetado. Um modelo é elaborado para os codificadores com um plano para atender aos requisitos.
- Construção: Também conhecido como desenvolvimento, implementação ou codificação, onde o software é desenvolvido com base no projeto.
- Teste: Nesta fase, o software é testado e refinado para garantir que o produto atenda aos requisitos do cliente.
- Instalação: Após a conclusão do teste e depuração, o produto é implementado de acordo com os requisitos acordados. Outra rodada de testes e verificações segue frequentemente após a implementação.
- Manutenção: Após a entrega do produto ao cliente, é mantida uma manutenção e suporte de programação, para garantir que o produto continue a funcionar como projetado (Telegraph, 2016).

Contexto de aplicação da metodologia: a *Waterfall* deve ser utilizada em projetos em indústrias com estruturas rígidas de projetos, como manufatura e construção, nas quais as mudanças do projeto podem ser especialmente caras.

3.2. ABORDAGEM PMI/PMBOK

O guia PMBOK (PMI, 2013) é uma coleção de boas práticas, processos e terminologia para gerenciar um projeto. O PMBOK concentra-se no gerenciamento de projetos com uma abordagem genérica baseada em processos com base na divisão de projetos em processos de gerenciamento de projetos e processos orientados a produtos. Assim, o guia pode ser utilizado em qualquer projeto independente do contexto, tamanho e tipo.

O PMI divide o gerenciamento do projeto em cinco grupos de processos que interagem dentro de cada fase de um projeto. Assim, o gerenciamento de projetos é a integração e aplicação entre os processos de Iniciação, Planejamento, Execução, Controle e Finalização. Um fato importante é que esses processos ocorrem em todos os níveis do projeto, apresentando-se em diferentes intensidades ao longo do tempo, como observado na figura abaixo.

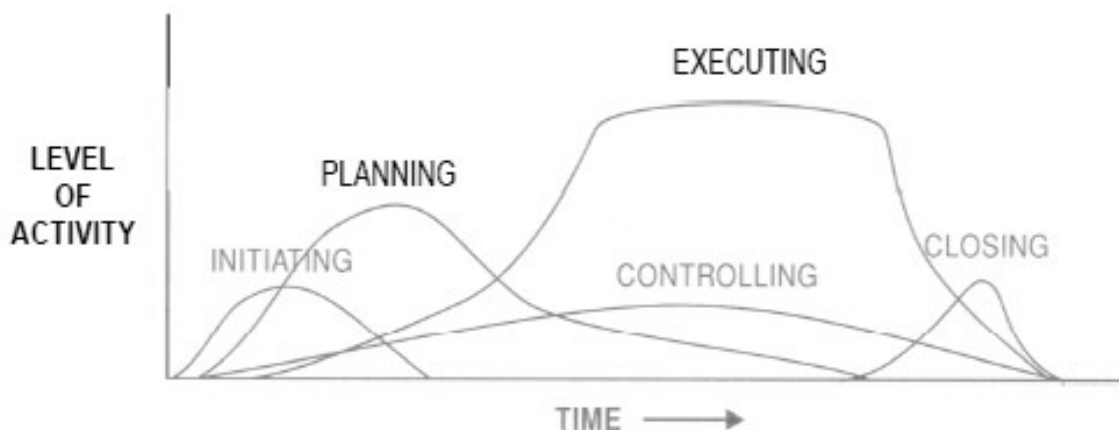


Figura 4: Processos Básicos do Gerenciamento de Projetos
Fonte: <https://pmi.org/learning/library/basic-process-project-management-2114>

- Grupo de processo de Iniciação: Consiste nos processos executados para obter autorização para iniciar o projeto ou a fase (PMI, 2012). Neste processo, é necessário definir a missão do projeto, objetivos, entregas e partes interessadas (Petersen, 2013).
- Grupo de Processo de Planejamento: Consiste nos processos realizados para estabelecer todos os aspectos do escopo, tempo, custo, qualidade, comunicações, recursos humanos, riscos, aquisições e engajamento de partes interessadas (PMI, 2012). O plano do projeto descreve "as etapas que serão tomadas, quem as levará, quando e como" (Petersen, 2013).
- Grupo de Processo de Execução: Consiste nos processos realizados para completar o trabalho definido no Grupo de Processo de Planejamento para satisfazer as especificações do projeto. Envolve o gerenciamento das expectativas dos interessados, bem como a coordenação e integração de pessoas, recursos e atividades (PMI, 2012).
- Grupo de Processo de Monitoramento e Controle: Consiste nos processos necessários para medir o progresso e o desempenho do projeto como, analisar variâncias do plano do projeto; identificar a necessidade de mudanças no plano e introduzir as alterações correspondentes (PMI, 2012).
- Grupo de Processo de Encerramento: Consiste nos processos realizados para concluir formalmente o projeto ou a fase. Neste processo, é necessário obter a aprovação do cliente ou do patrocinador para fechar formalmente o projeto ou a fase, realizar uma revisão pós-projeto ou fase final, documentar lições aprendidas, arquivar todos os documentos relevantes e liberar recursos do projeto (PMI, 2012).

Contexto de aplicação da metodologia: qualquer projeto pode se beneficiar do uso do PMBOK. É a principal fonte para alunos e usuários sérios do gerenciamento de projetos. Ela também fornece o conhecimento básico para obter a certificação do *Project Management Professional*.

3.3. METODOLOGIAS ÁGEIS

As metodologias ágeis seguem o estilo iterativo e incremental de desenvolvimento que se ajusta dinamicamente aos requisitos em mudança e permite um melhor gerenciamento de riscos. Os quatro princípios básicos de ágil como definido pelo manifesto Ágil são:

- Indivíduos e interações mais que processos e ferramentas
- Software em funcionamento mais que documentação abrangente
- Colaboração com o cliente mais que negociação de contratos
- Responder a mudanças mais que seguir um plano (Beck et al., 2001).

3.3.1. eXtreme Programming (XP)

A programação extrema (XP) é uma disciplina de desenvolvimento de software que enfatiza a produtividade, a flexibilidade, a informalidade, o trabalho em equipe e o uso limitado de tecnologia fora da programação (Macias, 2003).

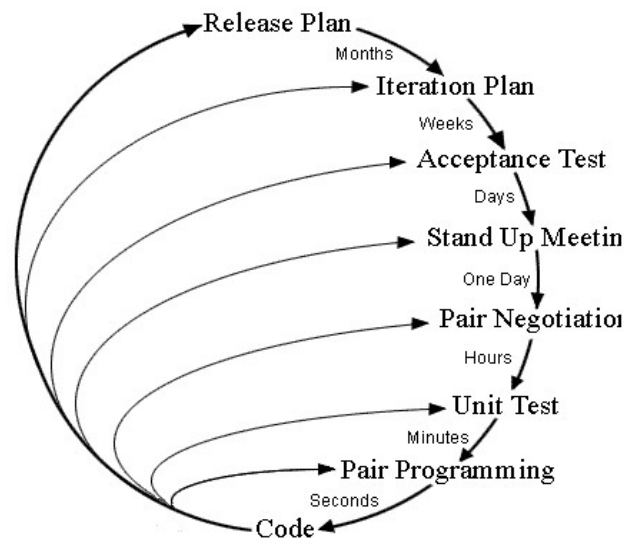


Figura 5: Ciclos de Planejamento e Feedback do XP
Fonte: Wells (2000)

Os clientes fornecem a especificação de funcionalidades necessárias na forma de histórias de usuários. Eles são escritos de forma concisa em formatos não técnicos e se concentram nas necessidades do usuário evitando detalhes de design. Eles ajudam os desenvolvedores a estimar o tempo de implementação e entrar no planejamento de lançamento. Cada breve iteração atinge um punhado de tarefas e recomenda-se que uma velocidade constante do projeto seja mantida. Os desenvolvedores trabalham em pares e realizam testes de unidade e integram o código com frequência. O cliente está idealmente disponível no local e está intimamente envolvido no desenvolvimento através de feedback rápido. Refatorar o código para renovar projetos obsoletos e

remover a redundância permite que um produto de maior qualidade seja produzido. O teste é uma parte importante e é realizado com frequência na forma de teste unitário e teste de aceitação. Finalmente, é evitada a documentação prolongada e a otimização é deixada até a última (Hoda, 2005).

Contexto de aplicação da metodologia: Essa metodologia é aplicável em projetos em que as situações podem mudar a cada segundo. Os membros da equipe do projeto têm a liberdade de trazer seu próprio toque para um projeto ou tarefa para o qual eles têm responsabilidade total. É muito utilizada no desenvolvimento de softwares.

3.3.2. Scrum

Scrum é uma estrutura de gerenciamento de projetos para gerenciar o desenvolvimento de produtos de software seguindo a doutrina do Manifesto Ágil por Beck et al. (2001). Sutherland e Schwaber (2014) definiram o *Scrum* como "Uma estrutura dentro da qual as pessoas podem lidar com problemas complexos de adaptação, ao mesmo tempo que fornecem produtos de maior valor possível" e caracterizaram-no como leve e simples de entender, mas difícil dominar. Um conceito-chave do *Scrum* é que os requisitos do produto podem mudar. Isso, às vezes, causa uma mudança de especificação do produto.

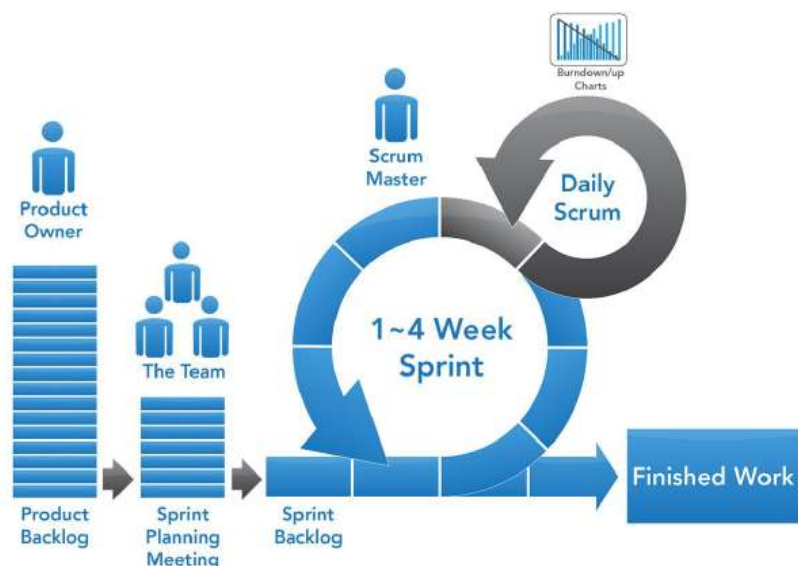


Figura 6: Diagrama de processos Scrum .
Fonte: Patch (2015)

Há um conjunto de etapas específicas e imutáveis no fluxo *Scrum* (Smartsheet, 2017):

- Estoque de produtos: o backlog do produto não é uma lista de coisas a serem concluídas, mas é uma lista de todos os recursos desejados para o produto.
- Planejamento de Sprint: Antes de cada sprint, o Proprietário do Produto apresenta os principais itens no backlog em uma reunião de planejamento de sprint. A equipe determina o trabalho que eles podem completar durante o sprint e move o trabalho do backlog do produto para o backlog sprint.
- Aperfeiçoamento do Estoque de Produtos: no final de cada sprint, a equipe e o Proprietário do Produto se reúnem para garantir que o backlog esteja pronto para o próximo sprint. A equipe pode remover histórias de usuários que não são relevantes, criar novas histórias de usuários, reavaliar a prioridade de histórias ou dividir histórias de usuários em tarefas menores.
- Reuniões Diárias do Scrum: A reunião diária é uma reunião de 15 minutos que acontece no mesmo horário e local todos os dias durante o sprint. Durante a reunião, cada membro da equipe fala sobre o que eles trabalharam no dia anterior, sobre o que eles trabalharão hoje e sobre os obstáculos.
- Reunião de revisão Sprint: No final de cada sprint, a equipe apresenta o trabalho que eles completaram como uma demonstração ao vivo em vez de uma apresentação. Reunião retrospectiva de Sprint: também no final de cada sprint, a equipe reflete sobre o quão bem Scrum está funcionando para eles e fala sobre as mudanças que precisam ser feitas no próximo Sprint.

Contexto de aplicação da metodologia: O gerenciamento ágil de projetos é melhor utilizado quando um projeto exige uma entrada constante do cliente ou do gerenciamento, pois isso geralmente resulta em requisitos flexíveis e responsabilidades de função. É mais popular em projetos ou projetos menores com agendas de desenvolvimento rápido.

3.3.3. Kanban

Kanban é japonês para "signo visual" ou "cartão". É um quadro visual usado para implementar a metodologia ágil e mostra o que produzir, quando produzir, e quanto produzir. Ele encoraja mudanças pequenas e incrementais no seu sistema atual e não requer uma configuração ou procedimento determinado (ou seja, você pode sobrepor o *Kanban* em cima de outros fluxos de trabalho existentes). *Kanban* foi inspirado pelo *Toyota Production System* e *Lean Manufacturing*.

Na década de 1940, a Toyota melhorou seu processo de engenharia modelando-o depois de como os supermercados armazenam prateleiras. O engenheiro Taiichi Ohno notou que os supermercados armazenam apenas produtos suficientes para atender a demanda. O inventário só seria reabastecido quando houvesse espaço vazio na prateleira (uma sugestão visual). Essas mesmas ideias se aplicam hoje a equipes de software e projetos de TI. Neste contexto, o trabalho em andamento ocupa o lugar do inventário, e o novo trabalho só pode ser adicionado quando existe um "espaço vazio" no quadro *Kanban* visual da equipe. *Kanban* corresponde à quantidade de trabalho em andamento para a capacidade da equipe (Smartsheet, 2017).



Figura 7: Quadro Kanban
Fonte: Smartsheet, (2017)

Contexto de aplicação da metodologia: Um quadro *Kanban* pode ser usado para qualquer tipo de projeto em que uma representação visual do fluxo de trabalho do projeto pareça vantajosa.

3.4. PRINCE2

O Prince2 é uma das metodologias de gerenciamento de projetos que representa Projetos em Ambientes Controlados e foi desenvolvido em 1989. É o padrão de gerenciamento de projetos para o Reino Unido usado para setores público e privado. Prince2 é descrito como uma abordagem estruturada de

gerenciamento de projetos e concentra-se em oito técnicas características para o sucesso da administração e controle de um projeto (Karamitsos et al, 2010).

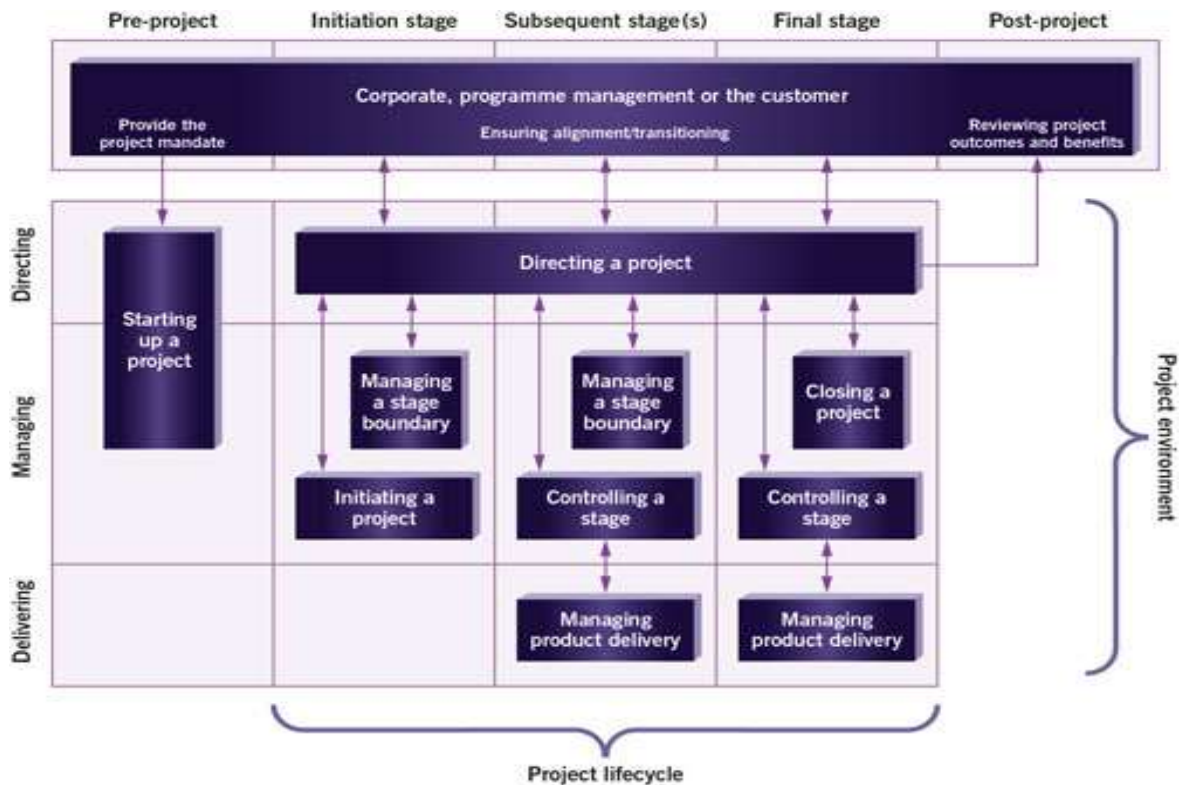


Figura 8: Processos da metodologia PRINCE2
Fonte: Axelos (2017)

- *Starting up a Project* (Começar o projeto): Esse processo se concentra na seleção do projeto e da equipe de gerenciamento de projetos. Um mandato do projeto é necessário para iniciar a seleção dos membros da equipe e também descreve os propósitos e resultados do projeto (Karamitsos et al, 2010).
- *Directing a Project* (Dirigir um projeto): Este processo começa com o início do projeto e segue até seu encerramento. O Conselho de Projeto é composto por uma equipe de gerenciamento sênior que geralmente assume o controle de dirigir o projeto. O Conselho autoriza o início do projeto, aprova o business case para o projeto, revisa o projeto em cada um dos limites de sua etapa, realiza o monitoramento do progresso, e garante que o projeto chegue a um encerramento organizado, enquanto as experiências do projeto são compartilhadas com outros (Karamitsos et al, 2010)

- *Initiating a Project* (Iniciando o projeto): Nesta fase de iniciação, é gerado um documento de iniciação do projeto que inclui as 6 metas de desempenho: tempo, custo, qualidade, alcance, risco e benefícios. O documento de iniciação é enviado ao conselho que precisa aprova-lo para que o trabalho comece (Bonnie, 2014).
- *Controlling a Stage* (Monitorar um estágio): O gerente do projeto quebra o projeto em "pacotes de trabalho" menores e os transfere para gestores e equipes. O gerente do projeto supervisiona o progresso dos pacotes de trabalho durante cada etapa, enquanto os gestores das equipes coordenam o trabalho diário detalhado e atuam como o vínculo entre o gerente do projeto e os membros individuais da equipe, ajudando a garantir que tudo aconteça de acordo com o plano (Bonnie, 2014).
- *Managing Product Delivery* (Gerenciar a entrega do produto): O gerente do projeto verifica o progresso em relação ao relatório do projeto e garante que os produtos atendam às expectativas de qualidade. O Conselho do Projeto avalia os pacotes de trabalho concluídos e os aprova ou solicita revisões (Bonnie, 2014).
- *Managing a Stage Boundary* (Gerenciar o limites de um estágio): O gerente de projeto e o Conselho analisam cada etapa para garantir que o projeto esteja progredindo de acordo com os requisitos do projeto. Em cada revisão, o conselho de projeto decide se deve continuar com o próximo estágio ou abandonar o projeto completamente. Os gerentes de projeto possuem uma retrospectiva com a equipe do projeto para registrar as lições aprendidas e melhorar a próxima etapa (Bonnie, 2014).
- *Closing a Project* (Encerrando o projeto): Esta fase envolve o fechamento do projeto, que significa garantir que os objetivos tenham sido satisfeitos e os entregáveis tenham sido cumpridos (Karamitsos et al, 2010).

Contexto de aplicação da metodologia: extremamente orientado a processos, exigindo que cada estágio do projeto siga seu plano e sistema de processos, o PRINCE2 é uma das metodologias mais complexas, porém completas. Devido à sua vasta abordagem e seu foco na criação de uma ampla gama de habilidades e aplicativos de gerenciamento de projetos, o PRINCE2 é viável na maioria das situações do projeto. É mais utilizado em projetos de construção, arquitetura e marketing.

4. METODOLOGIAS MAIS UTILIZADAS NA MANUFATURA

4.1. LEAN MANUFACTURING

4.1.1. O Conceito:

De acordo com Womack e Jones (1996), "o pensamento *lean* é a ferramenta mais poderosa disponível para criar valor, eliminando o desperdício em qualquer organização", pois essa iniciativa visa excluir o que não tem valor para o cliente e acelerar as coisas. De acordo com Ohno (1988), a produção *lean* é o resultado da remoção de sete tipos de resíduos (categorias de ineficiência), chamados de *muda*, que existem dentro de uma empresa:

- Espera: Ocorre quando há longos períodos de inatividade das pessoas, informações ou produtos devido à espera por um lote ou um trabalhador;
- Correção: Consiste na fabricação de produtos com características de qualidade que não atendem o especificado, o que significa perda em todos os aspectos de um processo de produção, já que há desperdício de materiais, mão-disponibilidade de trabalho, armazenamento de materiais defeituosos, entre outros;
- Superprodução: Está relacionada ao montante produzido além do que os clientes precisam, ou antes do tempo estipulado, de modo que os produtos manufaturados serão estocados à espera da oportunidade para serem consumidos ou processados por etapas posteriores;
- Processamento: Refere-se a operações extras, como retrabalho, reprocessamento ou armazenamento que ocorrem devido ao gerenciamento inadequado de ferramentas, procedimentos ou sistemas;
- Transporte: Consiste em realizar viagens desnecessárias, ou seja, excessivos movimentos de pessoas, informações e produtos, resultando em desperdício de tempo, esforço e custo;
- Inventário: É o recurso financeiro preso no sistema de produção, e refere-se aos resíduos gerados devido ao excesso de matéria-prima, produtos semi-acabados ou acabados armazenados;
- Movimento: Consiste em realizar movimentos por operadores que não agregam valor ao processo. Esses movimentos desnecessários estão associados ao posicionamento inadequado de equipamentos e material no local de trabalho, resultando em perdas de tempo e qualidade.

De acordo com Womack e Jones (1996), felizmente, existe um poderoso antídoto para *muda*, que é pensar *lean*. Esse pensamento fornece uma maneira de especificar valor, sequenciar da melhor maneira ações de criação de valor, conduzir essas atividades sem interrupção sempre solicitado, e de modo cada vez mais eficaz.

4.1.2. Os Princípios Lean:

Womack e Jones (1996) propuseram os seguintes Cinco Princípios que incorporam os dois aspectos de eficiência e eficácia da abordagem *Lean Manufacturing*, e também podem ser usados como modelo de implementação.

4.1.2.1. Especificar Valor:

Segundo Costa e Jardim (2015), valor é o que é importante para o cliente considerando suas expectativas, necessidades e desejos. Já segundo Vermaak (2008), valor é o que o cliente está disposto a pagar, portanto, o *Lean* deve começar com uma tentativa contínua de definir, com precisão, o valor em termos de capacidades específicas, oferecidas a preços específicos, através de um diálogo com clientes específicos.

O valor deve ser definido pelo usuário final, não pela empresa, e o produto deve ter requisitos para atender às necessidades dos clientes a um preço específico e com entrega dentro prazo esperado (Werkema, 2006).

4.1.2.2. Mapear o Fluxo de Valor:

De acordo com Womack e Jones (1996), o fluxo de valor é o conjunto de todas as etapas específicas que ocorrem para se alcançar o produto final seja um bem, um serviço ou, cada vez mais, uma combinação dos dois. Para eles essas etapas se dividem em três tarefas críticas de gerenciamento:

- A tarefa de Resolução de Problemas, que vai do desenvolvimento do conceito, ao design detalhado e engenharia para o lançamento do produto;
- A tarefa de Gerenciamento da Informação, que é executada desde a tomada de pedidos, por meio de agendamento detalhado, até a entrega;
- A tarefa de Transformação Física, que transforma realmente as matérias-primas para um produto acabado nas mãos do cliente.

Assim, após identificar o que é valor para o cliente, deve-se olhar para as etapas que compõem o fluxo de valor e mapear quais atividades, de fato, agregam ou não valor ao cliente (Costa e Jardim, 2015). Mapear corretamente essas atividades é um fator chave para se identificar os desperdícios presentes no processo e implementar ações para eliminá-los, criando um novo e otimizado fluxo de valor.

4.1.2.3. Implantar o Fluxo Contínuo:

Depois de mapear o fluxo de valor e eliminar os desperdícios, é necessário fazer com que as atividades restantes fluam de maneira contínua, sem interrupções, atrasos ou gargalos (Vermaak, 2008).

O fluxo contínuo é a maneira mais eficiente de se produzir, e refere-se ao modelo de produção no qual se trabalha uma peça por vez, sem lotas. Nesse modelo cada item passa imediatamente de um passo do processo para o próximo, sem estagnação (Rother e Shook, 1998).

Apesar da criação de um fluxo contínuo com as etapas restantes ser uma tarefa difícil, este é o momento em que os resultados aparecem. O aumento da velocidade de desenvolvimento, produção e distribuição dá à empresa a capacidade de responder de forma mais eficiente às necessidades dos clientes (Werkema, 2006).

4.1.2.4. Implementar a Produção Puxada:

Quando o fluxo contínuo é introduzido, a velocidade de desenvolvimento, produção e distribuição aumenta, como mencionado acima, e ordens que levavam dias para processar são concluídas em horas. Esse aumento da velocidade permite que a organização faça exatamente o que o cliente deseja quando o cliente quer (Vermaak, 2008).

Um dos grandes benefícios da velocidade do fluxo contínuo, é que ela permite a inversão do fluxo de produção: as empresas não precisam mais produzir em maiores quantidades prevendo uma demanda futura, agora é o cliente que puxa a produção, eliminando estoques e aumentando o valor do produto (Wermeka, 2006).

O propósito do sistema puxado é fornecer instruções de produção precisas para o processo, sem tentar prever a demanda do mercado (Rother e Shook, 1998).

4.1.2.5. Buscar a Perfeição:

Womack e Jones (1996) definiram a perfeição como a "eliminação completa de desperdícios de modo que todas as atividades ao longo de um fluxo de valor criem valor ". A perfeição deve ser o objetivo constante de todos os envolvidos nas correntes de valor, devendo guiar todos os esforços da empresa na busca por um processo transparente, no qual todos os membros da cadeia de valor tenham conhecimento profundo do processo como um todo, podendo manter um diálogo contínuo e buscar melhores maneiras de criar valor (Werkema, 2006).

Segundo Vermaak (2008), não importa quantas vezes a organização melhore uma determinada atividade para torná-la mais enxuta, sempre se pode encontrar mais maneiras de remover o desperdício, eliminando esforço, tempo, espaço e erros.

As principais ferramentas usadas para implementar os princípios do *Lean Thinking* são: Mapeamento do Fluxo de Valor, métricas *Lean*, Kaizen, Kanban, Standardization, 5S, redução de *setup*, TPM (*Total Productive Maintenance*), Gestão Visual e Verificação de Erros (Werkema, 2006).

4.1.3. Fatores Críticos do Sucesso:

Foram identificados alguns fatores críticos que explicam o maior sucesso que algumas empresas conseguiram ao implementar o Lean Manufacturing. Esses fatores são descritos abaixo:

4.1.3.1. Liderança e Envolvimento da Gestão:

Depois de realizar uma pesquisa com dez pequenas e médias empresas (PMEs) e três grandes fabricantes, Achanga et al. (2006) concluiu que liderança e compromisso de gestão são os fatores mais críticos determinando o sucesso de um projeto enxuto.

O Lean Enterprise Institute (2007) realizou uma pesquisa com 2.500 pessoas que atuam na área negócios, que concluiu que a resistência da gerência intermediária para mudar (36%) é o obstáculo número um para a implementação do *Lean*, e a resistência por parte do supervisor (23%) aparece como número quatro.

4.1.3.2. Driver Estratégico:

Alaskari, Ahmad e Pinedo-Cuenca (2014), depois de pesquisar centenas de artigos em revistas e periódicos de conferências e realizar uma pesquisa com dez PMEs, concluíram que metas e objetivos determinantes são um dos mais importantes fatores para o sucesso.

Já Vermaak (2008), após realizar uma pesquisa empírica com 163 indivíduos que tiveram experiência prática em implementar *Lean* em uma organização de Sul-Africana concluiu que a implementação do *Lean* deve ser conduzida como uma iniciativa de negócios estratégicos de alta prioridade; e a filosofia enxutas e seus princípios devem ser refletidos na estratégia de negócios da organização.

4.1.3.3. Envolvimento e Capacitação dos Funcionários:

Marodin e Saurin (2015) analisaram a literatura em produção enxuta, observaram reuniões de equipes de gestão e conduziram entrevistas para identificar as barreiras ao sucesso do *Lean*. Segundo eles, a barreira de maior intensidade identificada foi "Os operadores não se sentem responsáveis por usar práticas enxutas e resolver problemas".

Além disso, um estudo feito pelo *Lean Enterprise Institute* em 2007 identificou a resistência dos funcionários para mudar como o terceiro maior obstáculo à implementação enxuta. Assim sendo, uma implementação bem sucedida de melhoria contínua só pode ser alcançada se os funcionários acreditarem na mudança que está por vir (Bakås, Govaert e Van Landeghem, 2011).

4.1.3.4. Treinamento - Motivação e Educação das Pessoas:

Através da realização de uma pesquisa com 80 pessoas envolvidas na implementação da fabricação enxuta na indústria automotiva na China, El Safty (2012) concluiu que treinamento, a motivação e educação das pessoas é uma dos fatores críticos mais importantes na determinação do sucesso de um projeto enxuto.

De acordo com Marodin e Saurin (2015), os operadores estarem inseguros na realização de novas atribuições é uma das maiores identificadas na implementação da produção *Lean*.

4.1.3.5. Cultura Organizacional:

Achanga et al. (2006) afirmam que a criação de uma cultura organizacional incentivadora é uma plataforma essencial para a implementação da fabricação enxuta. Para eles, empresas de alto desempenho são aquelas com uma cultura de melhoria pró-ativa e sustentável.

Já Bakås, Govaert e Van Landeghem (2011) concordam que a mudança na cultura organizacional é um fator de sucesso na implementação de *Lean*, e acreditam que o objetivo final é criar uma cultura que foca em solucionar problemas e que busca continuamente eliminar o desperdício.

4.1.4. Benefícios da Implementação do Lean Manufacturing:

O foco do *Lean Manufacturing* é fazer com que as atividades que agregam valor fluam reduzindo o desperdício, resultando em benefícios significativos para a organização. Os principais benefícios alcançados são descritos abaixo:

4.1.4.1. Aumento da Produtividade:

Medtronic Xomed, uma empresa americana que produz equipamentos cirurgicos, obteve, após os primeiros 12 meses de implementação, um aumento de 20% na produção industrial e 34% na distribuição (Lean Advisors, 2015a).

Outros exemplos são o Aeroporti de Roma, que teve uma melhora de produtividade de 80% em segurança aeroportuária; e a East African Growers, que teve uma redução de tempo de 55% (Kaizen Institute).

4.1.4.2. Redução do Estoque:

Coy (2014) afirma que, com base em sua experiência pessoal, a implementação do *Lean* resulta em redução de estoque. Ele mencionou muitos casos, como a redução de 67% no inventário de um fabricante de metais e de 50% em uma empresa química.

4.1.4.3. Redução do Tempo de Entrega:

De acordo com Coy (2014), após a implementação de *Lean* em uma empresa química, o tempo de entrega foi reduzido de 42 dias para 7 dias. Outros exemplos são ainda o Medtronic Xomed, que teve uma redução de tempo de espera em 70% (Lean Advisors, 2015a) e a SCL Electronics Factory, que teve uma redução de 52% (Lean Advisors, 2015b).

4.1.4.4. Economias e Aumento da Receita:

A SCL Electronics Factory estimou a economia direta de mão-de-obra em cerca de 170 horas/mês (Lean Advisors, 2015b). Outras empresas que também tiveram economia significativa são a Kommash Communal Machines, que teve uma redução de custo de 50%; e a Costa Verde Ceramics, que obteve uma economia de 1.8 milhões de euros (Kaizen Institute).

4.1.4.5. Redução de Espaço:

A Medtronic Xomed conseguiu reduzir seu espaço em 33% (Lean Advisors, 2015a). Outros exemplos são a SEKO e a Mahindra, que também apresentaram redução de espaço de 30% e 17%, respectivamente (Instituto Kaizen).

Além dos resultados quantitativos relacionados ao investimento financeiro e ao retorno, a transformação *Lean* traz benefícios adicionais para a organização, como melhorar o engajamento dos funcionários, uma vez que a produção enxuta busca envolver todos os trabalhadores em seu local de trabalho; e aumentar o *Market Share* da empresa, devido à entrega constante de produtos de alta qualidade.

Outro benefício é liberar tempo para a “ofensa”, pois ao invés de gastar tempo em manutenção e defesa, os funcionários passariam seu tempo na ofensiva, ou no crescimento do negócio (Coy, 2014).

O *Lean Manufacturing* promove também a eficiência e eficácia, pois faz o melhor uso de recursos enquanto atende às expectativas dos *stakeholders*. De acordo com a Universidade do Estado da Pensilvânia (2009), *Lean* usa análises adicionais para alcançar o equilíbrio ideal entre a eficácia - fornecer o serviço ou o produto que o destinatário deseja quando ele ou ela quer ou precisa - e a eficiência - fornecendo este serviço ou produto com o uso ideal de recursos, incluindo tempo, dinheiro e pessoas.

4.2. SIX SIGMA

4.2.1. O Conceito:

O *Six Sigma* é uma estratégia de gerenciamento disciplinada e altamente quantitativa, que visa aumentar significativamente o desempenho e a rentabilidade das empresas, melhorando a qualidade de produtos e processos e gerando maior satisfação aos clientes e consumidores (Werkema, 2006).

A definição do termo Seis Sigma contém três elementos distintos (Knowles, 2011):

- Uma Medida: O termo deriva do conceito estatístico de desvio padrão que mostra o quanto um processo se desvia da perfeição.
- Um Alvo: Refere-se a uma taxa fixa de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades.
- A Filosofia: *Six Sigma* é uma estratégia de negócios de longo prazo para reduzir custos reduzindo a variabilidade de produtos e processos.

O termo *Six Sigma* significa "seis desvios padrões", e é baseado em um conceito estatístico no qual se estabelece que itens defeituosos podem ser minimizados se mantivermos a distância entre a média do processo e os limites de especificação definidos pelo cliente (limite de especificação superior = USL e limite de especificação inferior = LSL), em +/- seis vezes o desvio padrão da distribuição normal.

O valor obtido corresponde a um nível de qualidade de 99,999998%, porém a experiência prática mostra a tendência de processos para se degradar ao longo do tempo em pelo menos +/- 1.5 Sigma, o que significa que o nível de qualidade final de 99,9997% é alcançado, correspondendo a uma taxa de 3,4 defeitos por milhões de oportunidades (DPMO).

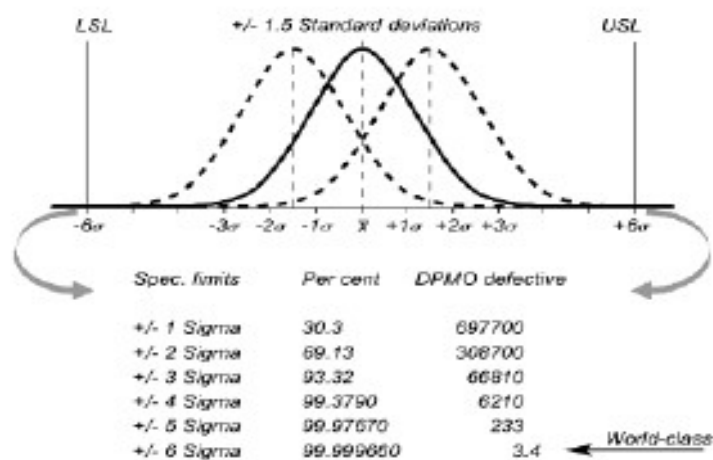


Figura 9: Desvios Padrões
Fonte: Lunau (2008)

"Se você não pode medir isso, você não pode melhorar" é uma citação famosa de Lord Kelvin (1883), e corresponde ao ponto central do Seis Sigma. Números, dados e fatos acompanham cada projeto e apoiam tanto o diagnóstico da situação atual como a análise sistemática de causas (Lunau, 2008).

4.2.2. Papéis e Responsabilidades em Six Sigma:

A figura abaixo ilustra os papéis e responsabilidades em uma iniciativa *Six Sigma* de acordo com as descrições dadas por Knowles (2011) e Lunau (2008).

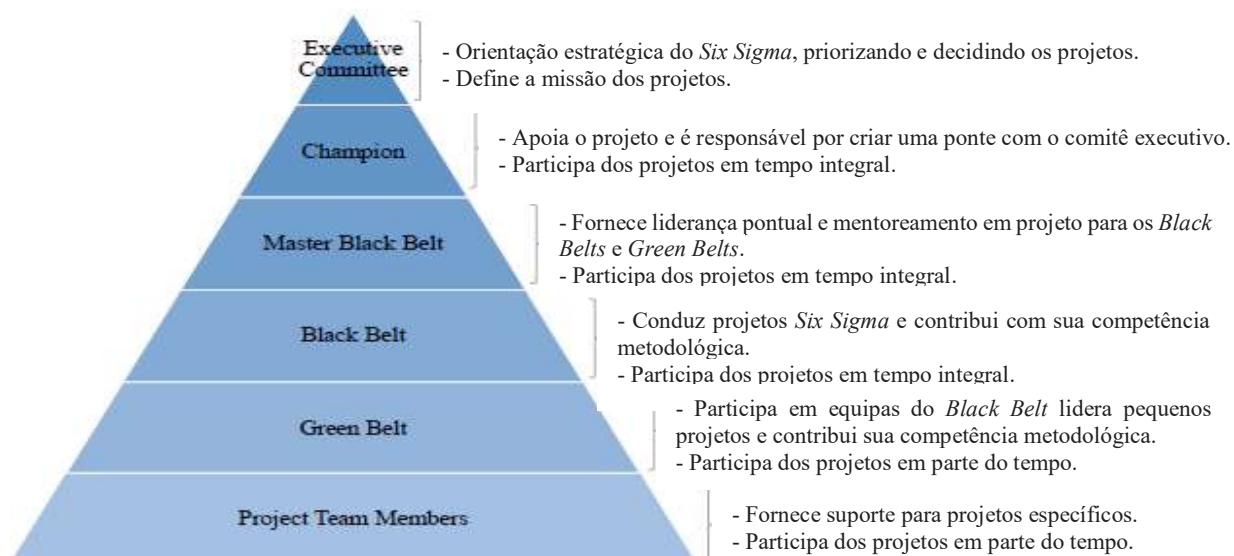


Figura 10: Papéis e responsabilidades no Six Sigma.

4.2.3. Processo DMAIC:

De acordo com Lunau (2008), o ciclo iterativo DMAIC, empregado para otimizar processos já existentes, constitui a base para um trabalho sistemático e baseado em fatos, que alcance resultados mensuráveis e sustentáveis. O objetivo do DMAIC é aumentar a qualidade, reduzindo o retrabalho e os desperdícios, e reduzir estoques; bem como cortar tempos do ciclo do processo, através de controles de estoque e ajuste capacidade. As fases do processo DMAIC são descritas abaixo:



Figura 11: Processo DMAIC

Fonte: <https://www.vskills.in/certification/tutorial/quality/six-sigma-black-belt-quality/definition-of-six-sigma/>

4.2.3.1. Definir:

Nesta fase, é importante definir os objetivos da atividade de melhoria. Os objetivos mais importantes são obtidos dos clientes (Pyzdek, 2003), portanto, é necessário definir os requisitos e expectativas do mesmo (Kwak e Anbari, 2006).

O projeto precisa ser alinhado com a estratégia corporativa e ter potencial para contribuir com objetivos estratégicos da empresa. Depois disso, é crucial definir os limites do projeto, identificando o escopo, os objetivos, os patrocinadores, o cronograma, as entregas e os membros da equipe (Knowles, 2011).

Então, é necessário definir as responsabilidades dos membros da equipe (Werkema, 2006), selecionando indivíduos com conhecimento e motivação e apoiando-os no desenvolvimento de uma compreensão comum do projeto. Também é importante desenvolver uma compreensão inicial dos benefícios do projeto (financeiro ou de outra forma) e alinhá-los com patrocinadores, bem como desenvolver medidas para avaliar sucesso deste projeto (Knowles, 2011).

Finalmente, o processo deve ser definido pelo mapeamento do fluxo de negócios (Kwak e Anbari, 2006), é importante compreender como o processo funciona e a quem ele afeta tanto internamente e externamente, como fornecedores e clientes (Knowles, 2011). As ferramentas de uso comum são:

carta de projeto, ferramentas VOC (pesquisas, grupos focais, cartas e cartões de comentários), mapa de processo, QFD, SIPOC e *Benchmarking* (Pyzdek, 2003).

4.2.3.2. Medir:

Essa fase, como o nome já indica, visa medir o sistema existente (Pyzdek, 2003). Primeiro, é necessário estabelecer métricas e um sistema de medição para avaliar a situação atual, depois os níveis atuais de desempenho devem ser entendidos em detalhes (Knowles, 2011) e problemas e insuficiências devem ser determinados, através da coleta e comparação de dados (Kwak e Anbari, 2006).

As ferramentas comumente usadas são: análise de sistemas de medição, análise de dados exploratórios, estatística descritiva, prospecção de dados, gráficos de tendência e análise de Pareto (Pyzdek, 2003).

4.2.3.3. Analisar:

Primeiro, é importante analisar o fluxo de valor, identificando as etapas necessárias para entregar valor para o cliente (Knowles, 2011). Depois disso, o sistema deve ser analisado de modo a identificar maneiras de eliminar a diferença entre o desempenho atual do sistema ou processo e o objetivo desejado (Pyzdek, 2003), sendo importante analisar as causas dos defeitos e fontes de variação (Kwak e Anbari, 2006).

As ferramentas comumente usadas são: diagramas de causa e efeito, diagramas de árvore, *brainstorming*, mapas de processos, design de experimentos, estatísticas enumerativas (testes de hipóteses), estatísticas inferenciais (Xs e Ys), FMEA e simulação (Pyzdek, 2003).

4.2.3.4. Melhorar:

Nessa fase é necessário melhorar o processo para eliminar as variações. Em primeiro lugar, soluções potenciais para a eliminação das fontes de variação devem ser desenvolvidas (Werkema, 2006), e as novas condições de operação do processo precisam ser determinadas para fornecer melhor desempenho com base na fase de análise.

Então, é necessário implementar o novo processo e identificar problemas e modos de falha para refinar o processo (Knowles, 2011), sendo importante desenvolver alternativas criativas para

implementar um plano melhorado (Kwak e Anbari, 2006). Finalmente, é importante obter feedback das partes interessadas, avaliando os prováveis benefícios e a opinião do patrocinador do projeto (Knowles, 2011).

As ferramentas de uso comum são: ferramentas 7M, ferramentas de planejamento e gerenciamento de projetos, e protótipos e estudos piloto (Pyzdek, 2003).

4.2.3.5. Controle:

A fase de controle visa controlar o novo sistema (Pyzdek, 2003). Primeiro, é essencial padronizar o novo processo documentando e treinando pessoas (Knowles, 2011). Depois disso, é importante definir e implementar um plano para monitorar o desempenho do processo (Werkema, 2006), a fim de controlar suas variações, atender aos requisitos dos clientes (Kwak e Anbari, 2006) e para garantir que as melhorias sejam mantidas (Knowles, 2011).

Finalmente, as lições aprendidas precisam ser documentadas e as recomendações para o trabalho futuro devem ser feitas (Werkema, 2006). As principais ferramentas e técnicas são: SPC, FMEA, ISO 900x, orçamento das mudanças, modelos de estimativa de custos e sistema de relatórios (Pyzdek, 2003).

4.2.4. Fatores Críticos do Sucesso:

Após quase três décadas de experiência com Six Sigma e TQM, existe agora um corpo sólido de pesquisa científica sobre a experiência de milhares de empresas que implementam grandes programas nessa área. Foram identificadas alguns fatores críticos que explicam o maior sucesso que algumas empresas conseguiram implementar o Six Sigma:

4.2.4.1. Envolvimento e Compromisso da Gestão:

Após revisar 201 artigos sobre Six Sigma, Brady e Allen (2006) concluíram que cerca de 50% dos artigos que mencionaram pelo menos um fator de sucesso incluíram "compromisso da alta administração", que pode ser considerado como uma visão de consenso entre os autores.

Além disso, Antony (2004) realizou uma pesquisa em várias organizações de serviços do Reino Unido e os resultados mostraram a liderança executiva e o compromisso da alta administração como um dos fatores mais importantes.

4.2.4.2. Treinamento:

Uma grande fração dos artigos que mencionam os fatores de sucesso avaliados por Brady e Allen (2006), enfatizou os programas de treinamento. De acordo com Coronado e Antony (2002a), o treinamento é um fator vital na implementação de projetos Six Sigma, isso porque é importante comunicar o motivo da iniciativa e como o projeto ocorrerá, garantindo que as pessoas terão cursos para melhorar seu nível de conforto.

Para Kwak e Anbari (2006) o treinamento faz parte das técnicas de comunicação para garantir que os gerentes e os empregados apliquem e implementem efetivamente as complexas técnicas de Six Sigma.

4.2.4.3. Alinhar o Six Sigma à Estratégia do Negócio:

De acordo com a pesquisa realizada por Antony (2004), alinhar o Six Sigma à estratégia de negócios foi classificado como o fator mais importante organizações de serviços no Reino Unido. Pande, Neuman e Cavanagh (2000) concordam que é crucial atrelar os esforços Six Sigma às estratégias de negócio e às prioridades da companhia, indicando como projetos e outras atividades se conectam aos clientes, processos principais e competitividade.

4.2.4.4. Gestão de Mudança Cultural:

Six Sigma é uma iniciativa que envolve ajustes para o valores e cultura da empresa, e também implica mudanças significativas na estrutura e infraestrutura da organização. O problema é que muitas vezes essas mudanças vão contra o valores considerados queridos pelos membros da organização, ou seja, as mudanças podem ir contra a maneira como eles acreditam que as coisas devem ser feitas (Coronado e Antony, 2002a). Eckes (2000) identificou os quatro principais tipos de resistência:

- Técnicos - as pessoas têm dificuldades em compreender as estatísticas;
- Político - as pessoas veem a solução a ser implementada como uma perda, real ou percebida;
- Individual - é causada pelo estresse como resultado de problemas pessoais e não associados à empresa;

- Organizacional - está associada a um compromisso organizacional com certas crenças, geralmente instituídas e comunicadas pela gerência.

4.2.4.5. Conectar o *Six Sigma* com o Cliente:

Pande, Neuman e Cavangh (2000) afirmam que o cliente é um dos elementos centrais da abordagem *Six Sigma*, e na pesquisa realizada por Antony (2004), o "foco do cliente" foi classificado como o segundo maior fator crítico para as organizações de serviço do Reino Unido. Já Coronado e Antony (2002a), dizem que o *Six Sigma* deve estar voltado para o que é importante para o cliente e, para isso, é necessário identificar as características críticas a qualidade.

4.2.4.6. Abordagem Estruturada e Seleção e Priorização de Projetos:

Antony (2004) acredita que a seleção de projetos certos em um programa *Six Sigma* é um fator importante para seu sucesso inicial e sua aceitação a longo prazo em qualquer organização. Já Pande, Neuman e Cavangh (2000) acreditam que essa seleção de projeto é a tarefa mais crítica e comumente feita de forma errada na implementação de *Six Sigma*.

Para eles, projetos de melhorias bem selecionados e definidos levam a resultados melhores e mais rápidos. Em alguns casos, os projetos selecionados para melhoria representam um pequeno impacto nos objetivos estratégicos da organização, assim, mesmo quando esses projetos mostram alguma melhora, ela não conduz a resultados significativos para a empresa (Eckes, 2000).

4.2.4.7. Habilidades de Gerenciamento de Projetos:

Coronado e Antony (2002a) afirmam que o líder do projeto possuir as habilidades básicas de gerenciamento de projetos é um fator chave na implementação do *Six Sigma*. No programa de treinamento *Black Belt*, uma das habilidades desenvolvidas é o gerenciamento de projetos.

Eckes (2000) diz que algumas das principais razões para a falha do projeto são: habilidades de gestão precárias, definição da agenda, estabelecer e manter regras básicas, determinar as funções e responsabilidades da reunião e comportamentos indesejados.

4.2.4.8. Compreensão da Metodologia, das Ferramentas e das Técnicas do Seis Sigma:

Pande, Neuman e Cavangh (2000) afirmam que o sucesso de um projeto Six Sigma depende da aplicação de todos os métodos, no equilíbrio certo, para maximizar seus resultados. A falha é muitas vezes relacionada ao uso indevido da metodologia DMAIC, e a maior questão técnica encontrada é quando uma equipe começa um projeto com soluções predeterminadas em suas cabeças durante a fase D. Essas equipes realmente não aplicam as ferramentas e muitas vezes não fazem a validação de causas profundas, realizando um trabalho de qualidade inferior.

4.3. TEORIA DAS RESTRIÇÕES

4.3.1. História:

As primeiras pesquisas sobre o conceito das restrições foram realizadas por Wolfgang Mewes, um economista empresarial, na década de 1960. Wolfgang publicou diversos estudos sobre a teoria da “gestão orientada para o poder”, e sobre seu sistema *Engpasskonzentrierte Strategie* (Estratégia focada no Gargalo) como uma teoria avançada dos gargalos para sua época.

No entanto, a Teoria das Restrições (TOC), como conhecemos, só foi desenvolvida na década de 1980 pelo físico israelita Eliyahu M. Goldratt, sendo publicada pela primeira vez em 1984 no livro *A Meta*. Esse livro, apesar de ser utilizado academicamente até hoje, não é como um livro didático comum, na verdade ele utiliza uma história fictícia para aplicar os conceitos de TOC e gargalos em diversos momentos da vida de seus personagens.

Em 2012, foi fundado o *The Theory of Constraints Institute*, como uma homenagem Dr. Goldratt, para “continuar o trabalho de sua vida de ensinar o mundo a pensar” (*TOC Institute*, 2017). Essa organização é composta por um grupo de especialistas de todo o mundo focados em acelerar a prosperidade econômica e o crescimento de países em desenvolvimento.

4.3.2. O Conceito:

Segundo a TOC, uma companhia sem nenhum gargalo teria uma produção infinita, pois não haveria nenhuma limitação de tempo, de pessoal, de maquinário, de demanda etc. Como esse cenário é impossível em um sistema de produção real, admite-se que toda organização tenha pelo menos uma restrição em seu processo produtivo.

Segundo Jardim e Costa (2015), Goldratt define restrição como aquilo que se a organização tivesse mais a faria chegar mais rápido ao seu objetivo. Assim, de acordo com o *TOC Institute* (2017), a teoria se baseia em direcionar os esforços, energia e atenção na restrição do sistema. Essa restrição, também chamada de gargalo, é o que irá definir as saídas do sistema de produção como um todo e, ao mesmo tempo, representa o ponto primário de alavancagem de melhora.

O dr. Alan Barnard, CEO da *Goldratt Research Labs* introduz seu estudo com a seguinte pergunta: “ Como os gerentes sabem onde e quando investir os recursos de sua organização (incluindo seu próprio tempo) para conseguir um negócio que possua uma melhoria contínua?”. Ao responder essa questão, dr. Barnard afirma que é preciso ter um método para diferenciar entre todas as muitas áreas da empresa que podem ser melhoras, e as poucas que devem ser melhoradas para se atingir o objetivo principal agora, e no futuro.

Assim, a TOC, aparece então, como um método para auxiliar a identificação dessa área de restrição, e seu subsequente processo de mudança e melhoria, até o momento em que essa área deixe de ser o gargalo da companhia.

Mabin e Balderstone (1999) afirmam que como uma das grandes restrições à melhora era a resistência a mudar os antigos hábitos, a TOC acabou por desenvolver ferramentas que lidassem com esse gargalo, o comportamento humano. Assim, surgiu o *Thinking Process*, um conjunto de ferramentas que permite que as pessoas aprendam o processo de raciocínio que as ajuda a desenvolver e implementar suas próprias soluções para problemas complexos.

4.3.3. Ferramenta de Thinking Process:

Goldratt em seu livro *A Meta* (1984) aplica os princípios e ferramentas da Teoria das Restrições para responder a três perguntas: “O que mudar? Mudar para o que? Como causar a mudança?”. Essas três perguntas são a base para uma das linhas de pensamento da TOC, o *Thinking Process*, ou processo de raciocínio, que aparece pela primeira vez no livro “Não é Sorte” também de autoria de Goldratt, em 1994.

Segundo Chou, Lu e Tang (2011), este conjunto de ferramentas orienta o processo de pensamento de um gerente e facilitam mudanças na gestão, ajudando ainda os gerentes a identificar o problema

central ou a raiz causadora da disfunção do sistema, criar uma solução inovadora eficaz e implementar a mudança de plano para eliminar este problema central.

Cogan (2007), citado por Alves, Cogan e Almeida (2010), acrescenta que o “processo de raciocínio mostra uma nova perspectiva para os problemas e revela, muitas vezes, soluções de senso comum que trazem vantagens competitivas para o negócio da empresa.”

O processo de raciocínio utiliza ferramentas como *tree diagrams*, *clouds* e processos de auditoria para obter melhores resultados nas organizações. Algumas dessas ferramentas estão descritas abaixo:

- *Árvore de Realidade Atual (Current Reality Tree)*: Rastrea todos os efeitos não desejáveis e suas relações de causa e efeito até a causa raiz e, finalmente, identifica o conflito central. (TOC Institute, 2018)
- *Evaporação das Nuvens (Evaporating Clouds)*: Procura resolver conflitos através da verbalização dos pressupostos implícitos das posições conflituosas real ou aparentemente existentes. Segundo Rocha Neto (2001) “não procura descobrir culpados, mas procura esclarecer que a solução amigável não é possível”.
- *Árvore de Realidade Futura (Future Reality Tree)*: “É uma ferramenta de análise lógica que apresenta os resultados da implementação de soluções para o problema identificado, os quais transformarão os efeitos indesejáveis em efeitos desejáveis. Portanto a ARF nasce da injeção que quebra o conflito no Diagrama de Dispersão de Nuvem”. (Rocha Neto e Bornia, 2002)
- *Ramificações Negativas (Negative Branch Reservation)* - Desvenda as dependências lógicas do efeito colateral negativo de uma mudança para que ele possa ser mais facilmente eliminado. (TOC Institute, 2018)
- *Árvore de Pré-requisito (Prerequisite Tree)* – Faz a ponte entre a *Árvore de Realidade Futura* e *Árvore de Transição*, explicitando todos os objetivos intermediários necessários para que se complete uma ação e os obstáculos a serem superados no processo. (Alves, Cogan e Almeida, 2010)

- Árvore de Transição (*Transition Tree*) - Identifica as ações específicas que devem ser tomadas para vencer os obstáculos identificados na Árvore de Pré-Requisitos. (Alves, Cogan e Almeida, 2010)
- Árvore de Estratégia e Tática (*S&T Tree*) – É a adição mais recente ao TP e substitui a Árvore de Pré-Requisito em aplicações relativas a planejamento estratégico. Para Goldratt, essa é a ferramenta mais poderosa do *Thinking Process*, e tem como objetivo implementar projetos de Visão Viável. (Moura, 2014)

Oenning, Rocha Neto e Vasata (2008) resumem essas ferramentas em: “A Árvore da Realidade Atual (ARA) identifica o problema-cerne (o que mudar), o Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) e a Árvore da Realidade Futura (ARF) direcionam para o que mudar. Já para encontrar a maneira de mudar utiliza-se a Árvore de Pré-Requisitos (APR) e a Árvore de Transição (AT).”

A organização *Intelligent Management* afirma que: “o *thinking process* tem o papel de nos ajudar a gerir a mistura de intelecto e emoção no processo de mudança”. Desta forma, a mudança perde a característica de um exercício corporativo e torna-se esse esforço de transformação que é o cerne do sucesso de cada indivíduo e organização.

4.3.4. Cinco Etapas da Teoria das Restrições:

Segundo Goldratt (1990), é importante focar sempre no elo mais fraco da corrente, nas restrições do processo, pois estas são as etapas que condicionam as saídas do sistema. Pode-se dizer que um sistema produtivo é tão rápido quanto seu pior gargalo, e por isso, devem ser explorados ao máximo e ter os demais recursos subordinados a eles. De acordo com o *TOC Institute* (2017), quando identificadas e gerenciadas corretamente, as restrições fornecem as rota mais rápida para melhoras significativas e formam a base para o crescimento contínuo da empresa.

Antes de identificar as restrições, no entanto, é preciso que a organização tenha seus objetivos e metas muito claros. Alguns autores, como Jardim e Costa (2015) propõem um item 0 para o processo de melhoria contínua, “identificar os objetivos da empresa”. Essa etapa é essencial, pois as metas e os objetivos de uma companhia tendem a mudar com o tempo, a medida que ela cresce e alcança novos patamares de desenvolvimento.

Tendo estruturado as metas e os objetivos a serem alcançados, a TOC pode ser resumida em cinco passos sequenciais que fundamentam esse processo de melhoria contínua, também chamados dos Cinco Etapas de Foco.



Figura 12: Cinco Etapas de Foco da Teoria das Restrições

4.3.4.1. Etapa 1 – Identificar as Restrições:

Dettmer (1997), introduz essa etapa em seu livro com as seguintes perguntas: “Qual parte do sistema constitui o elo mais fraco? Esse elo é físico ou é uma política?”. Assim, já é possível entender que nesse primeiro passo o gerente deve fazer diversos questionamentos até obter a resposta mais precisa possível sobre os gargalos da empresa.

A restrição de um sistema, segundo Moore e Scheinkopf (1998), pode estar situada em três regiões do sistema produtivo:

- No mercado, quando não há demanda suficiente pelos bens ou serviços produzidos pela organização;
- Nos fornecedores, quando há problemas no abastecimento de matéria-prima, ou;
- Em um recurso interno, quando há falta de um certo conhecimento, maquinário, pessoal, etc.

Goldratt (1990) também acrescenta que identificar as restrições também inclui a tarefa de priorizá-las de acordo com seus impactos individuais no objetivo final da organização. É preciso focar nas áreas que estão com o desempenho tão baixo que afete o limite de produção do sistema como um todo.

4.3.4.2. Etapa 2 - Explorar as Restrições ao Máximo:

Nessa etapa, o gerente deve explorar ao máximo a capacidade existente do gargalo, de modo a conseguir o maior proveito possível dessa restrição. No livro *A Meta* (1984), por exemplo, horários de almoço, pausas e turnos foram alterados de modo que a máquina gargalo pudesse estar ativa durante momentos em que anteriormente ficava parada sem produzir.

Segundo Moore e Scheinkopf (1998), quando a restrição é um recurso interno da organização, esta deve ser considerado o recurso mais valioso, e os operadores devem focar em permitir que essa área trabalhe somente com atividades que agreguem valor. Nesse caso, deve-se analisar os tempos de setup e de paralisação para que estes sejam eliminados ou minimizados o mais rápido possível.

Já quando a restrição é matéria-prima, o objetivo se torna minimizar os desperdícios e perdas de material. Por último, se a restrição é o mercado, o consumidor se torna o foco, e a companhia deve focar em ser excelente em fatores de competitividade críticos como: qualidade superior, entrega rápida, personalização dos produtos etc.

O objetivo dessa exploração, segundo Dettmer (1997) é obter o máximo da restrição sem que seja necessário se comprometer com mudanças e modernizações potencialmente caras.

4.3.4.3. Etapa 3 – Subordinar outras Ações à Restrição:

Em seu livro “Introdução à Teoria das Restrições” (1997), Dettmer destaca que é necessário ajustar o resto do sistema a uma configuração que permita que o gargalo opere em sua máxima capacidade. Para isso, algumas áreas da produção precisarão ser impulsionadas, e outras desaceleradas de modo a acompanhar a restrição.

Assim, Jardim e Costa (2015), destacam que a produção deve ser dividida em duas regiões: a região crítica, formada pelos recursos não-gargalo que sucedem o recurso gargalo na produção; e a região não-crítica, formada pelos recursos não-gargalo que antecedem o recurso gargalo na produção.

- Região Crítica: As áreas após o gargalo são consideradas como críticas, pois devem ser acionadas no primeiro instante que isso for possível. Muitos esforços e recursos são aplicados para que o gargalo funcione em sua máxima capacidade, assim não se pode deixar que o sistema desacelere após passar por essa área e o tempo de produção aumente. Nessa região a produção precisa ser empurrada, de modo que o bem ou serviço final seja colocado no mercado o mais rápido possível.
- Região Não Crítica: Já nessa região, a produção vai depender da demanda do gargalo, só devendo ser acionada somente no último instante em que seja possível garantir o abastecimento do mesmo com segurança. Assim, pode-se dizer que nessa região a produção é puxada, sendo guiada unicamente pela necessidade do gargalo, de modo que não se formem estoques desnecessários ou enfileiramentos.

Para Moore e Scheinkopf (1998), essa é a etapa na qual a maior parte das mudanças de comportamento dentro da organização ocorre, isso porque é contra intuitivo para muitos funcionários o fato de não produzir sempre no máximo da capacidade de seu posto e, em alguns momentos, até parar a produção para esperar esvaziar o estoque de segurança.

4.3.4.4. Etapa 4 – Elevar os Limites da Restrição:

Para Goldratt (1990), as mudanças obtidas na linha de produção durante as etapas anteriores não são suficientes, deve-se buscar a redução dos impactos limitantes desses gargalos no sistema. Já Dettmer (1997) acredita que essa etapa pode ser resumida em fazer tudo o que precisar ser feito para se quebrar o gargalo, e acrescenta que a mesma ocorre quando a segunda e a terceira etapas não foram suficientes para eliminar o gargalo, e destaca que é nessa fase que devemos pensar em aplicar mudanças significativas no sistema existente.

O gargalo, nessa etapa, deve ter seus limites de capacidade elevados continuamente, segundo Moore e Scheinkopf (1998). Se a restrição for a capacidade de um recurso interno, deve-se adquirir mais desse recurso através da implementação de novos turnos, melhora de processos, terceirização, novas contratações, etc. Se a restrição for de matéria-prima, no entanto, deve-se procurar novas fontes de abastecimento, ou também fortalecer e aprimorar a relação com os fornecedores já

existentes. Por último, se a restrição for de mercado, então as áreas de venda e de marketing da organização devem agir de modo a aumentar a demanda do negócio.

Durante algum ponto durante esse processo de melhoria, essa área deixará de ser o gargalo da companhia e outra área do sistema assumirá essa posição.

4.3.4.5. Etapa 5 – Repetir o Processo:

“Não permita que a inercia se torne uma restrição do sistema” é a frase com a qual Goldratt introduz essa etapa em seu livro. Para o autor, quando uma restrição é quebrada, muitas vezes a organização não volta ao começo do processo para procurar novos gargalos, de modo que a própria inercia se torna a restrição.

Dettmer (1998) acrescenta que cada nova restrição elevada terá um efeito diferente no sistema, inclusive sobre outras restrições já quebradas, isso porque há interdependência entre os processos. Assim, é possível que algumas áreas precisem ser revisitadas e atualizadas de acordo com os novos parâmetros do sistema, o que significa que o ciclo de melhoria nunca termina.

Moore e Scheinkopf (1998) também destacam que esse deve ser um processo de melhoria contínua, e que é essencial se certificar de que haja capacidade de proteção suficiente em torno da restrição, após a sua elevação de modo que ela não possa voltar a limitar o sistema de produção.

– TAMBOR, PULMÃO E CORDA:

Uma analogia muito conhecida dentro da TOC é a do “Tambor, Pulmão e Corda”, que é usada como uma metáfora para facilitar o entendimento do fluxo de uma cadeia de produção.

No meio militar, o tambor é o instrumento que vai ditar o ritmo da marcha, em uma empresa chamamos, então, de tambor a sequência detalhada de produção no gargalo. Como já falado anteriormente, um sistema produtivo é tão rápido quanto seu pior gargalo, ou seja, essa restrição seja de recurso, matéria-prima ou mercado, será o tambor ditando o ritmo da produção (Goldratt, 1990).

Já o pulmão, se refere ao estoque de segurança presente no gargalo. Moore e Scheinkopf (1998) afirmam que é essencial que o tambor esteja sempre protegido das variabilidades inevitáveis que ocorrem em qualquer sistema produtivo. Isso porque uma paralisação no gargalo atrasaria toda a

linha da empresa, diminuindo sua produção e, conseqüentemente, sua capacidade de obter receita. Assim, admite-se que o posto gargalo trabalhe com um nível de estoque intermediário de segurança maior que os outros postos, esse estoque “extra” recebe o nome de pulmão de tempo.

Por último temos a corda, que é meio pelo qual o tambor irá ditar o ritmo da produção, pois ela une os outros postos com o posto gargalo, e o pulmão de estoque. A corda, nessa metáfora, é o que subordina os outros postos à restrição, de modo que a produção em cada um deles é ativada ou não dependendo do puxar da corda. Segundo Blackstone Jr. (2010), a corda é um mecanismo que usa pequeno número de pontos de controle para controlar o fluxo de material através do sistema inteiro.

Voltando ao pensamento militar, seria como se o tambor fosse dado ao pior soldado, o mais lento, e a corda amarrada entre ele e os soldados seguintes, de modo que todos mantivessem o mesmo passo. Já o pulmão representaria o espaço deixado entre o pior soldado e o resto da tropa.

Em seu livro *a Meta* (1984), Goldratt mostra um exemplo parecido na excursão de escoteiros pela floresta. Nesse caso, um dos garotos apresenta maior dificuldade para realizar a trilha, e sempre acaba ficando para trás, de modo que de tempos em tempos os garotos precisam parar de andar para espera-lo chegar. Ele representa o gargalo de uma organização, e para resolver esse problema a personagem principal decide primeiramente retirar parte do peso de sua mochila, ajudando-o a caminhar mais rápido, e depois o coloca na frente do grupo, assim todos os meninos deveriam acompanhar e seu passo e a excursão continuou sem precisar ser interrompida para esperar o menino novamente.

4.3.5. Critical Chain Project Management (CCPM):

Uma importante metodologia derivada da Teoria das Restrições é o *Critical Chain Project Management* (CCPM) ou Corrente Crítica. Desenvolvida por Goldratt em seu livro *Critical Chain* (1997), a Corrente Crítica aplica os princípios da TOC no gerenciamento de projetos, de modo a melhorar seu desempenho frente aos inúmeros conflitos que surgem da tripla restrição de prazo, custo e qualidade.

Segundo Steyn (2002), Lechler (2005) e Newbold (1998) apud Marcelino (2016), a CCPM é o mais importante paradigma em gestão de projetos desde a introdução do Método do Caminho Crítico (Critical Path Method - CPM) nos anos 1950. Isso porque, além de considerar o tempo de

execução de cada tarefa, como no método do Caminho Crítico, a CCPM vai analisar o conflitos de recursos entre elas.

Assim, nessa abordagem, diferente de muitas metodologias tradicionais, a entrega do projeto no prazo determinado, dentro do orçamento e do escopo se torna o foco, de modo que o caminho crítico como um todo se torna a restrição do projeto. Com isso, a conclusão das tarefas individualmente não é mais importante, e sim a entrega do projeto em si, ou seja, o não há interesse nos ótimos locais e sim no ótimo global.

Uma inovação importante da CCPM se refere ao tempo de duração das tarefas, pois ela vai cortar em 50% a estimativa de tempo de cada atividade. Em um primeiro momento esse corte poderia ser considerado algo negativo, no entanto, segundo Goldratt (1998), as estimativas de tempo de cada atividade geralmente são baseadas em experiências pessimistas, além disso cada funcionário e nível gerencial adiciona sua própria segurança.

Com isso, os tempos estimados para as tarefas acabam sendo muito maiores que os tempos reais, e ao somar todas as atividades de um projeto isso acarretará em um tempo estimado muito alto desnecessariamente. Ainda assim, com toda essa segurança embutida, há atrasos nos projetos devido a diversas causas entre elas:

- Síndrome do Estudante: ter tempo mais que suficiente para realizar uma tarefa é razão suficiente para deixar passar o tempo antes de investir qualquer esforço sério na sua conclusão. Além disso, há o fato de que frequentemente há outras responsabilidades mais urgentes para receber atenção, e as outras tarefas só serão executadas quando seu nível de urgência for suficientemente alto para justificar o esforço para completá-las.
- Lei de Parkinson: as tarefas são programadas com segurança suficiente para cobrir quase todos os problemas que possam ocorrer. No entanto, é raro para todos os problemas possíveis para aparecer em uma tarefa específica. Assim, para a maioria das atividades, a organização terá, ao final, um excesso de tempo e recursos. Frequentemente, entretanto, a segurança não utilizada é vista negativamente como um sinal de superestimação voluntária por parte de quem define a duração da atividade. Por esta razão, há uma relutância em relatar a existência de segurança

não utilizada. O resultado desse comportamento, onde as tarefas tendem a ocupar todo o tempo e orçamento alocado a eles, é chamado de Lei de Parkinson.

Com base nesses conceitos e entendimentos, a CCPM propõe esse corte de 50% na estimativa original e, para garantir que o projeto não fique vulnerável, adicionam-se *buffers* ou pulmões. Esses pulmões, como já falado no tópico “Tambor, Pulmão e Corda” irão garantir que o projeto consiga ser cumprido no prazo, mesmo que alguma variável não saia como o esperado. Para a CCPM há três tipos de *buffer*:

- *Buffers* de Projeto: São incluídos no final da corrente crítica, após a última tarefa, para proteger a data de término do projeto.
- *Buffers* de Alimentação: São inseridos nos pontos em que uma atividade de um caminho não-crítico encontra uma atividade do caminho crítico, para proteger a corrente crítica de algum possível desvio.
- *Buffers* de Recursos: São inseridos antes de uma atividade da corrente crítica, onde é exigido um recurso crítico que pode não estar disponível no momento.

As imagens abaixo ilustram um projeto com 6 tarefas no qual foi aplicado a CCPM. Pode-se perceber que na segunda imagem todos os tempos de atividades foram cortados pela metade, e *buffers* de alimentação e de projetos foram adicionados. Com isso, um projeto que tinha como tempo estimado de 88 unidades de tempo passa para 66 unidades de tempo, uma redução de 25%.



Figuras 13 e 14: Aplicação do Método da CCPM
Fonte: Marcelino (2016)

Com essa visão diferenciada, a CCPM tem alcançado resultados muito significativos de aumento da efetividade em projeto, podendo aumentar em até 95% suas taxas de sucesso, segundo Marcelino (2016). Essa metodologia será fundamental para a proposta de integração desenvolvida no próximo capítulo.

4.3.6. Benefícios da Implementação da Teoria das Restrições

Muitas fontes corroboram os benefícios obtidos pela aplicação da TOC, incluindo aumento de receita, diminuição do estoque e menores tempos de espera. Esses resultados por sua vez levam a aumento nas vendas, nos lucros, na qualidade e na satisfação do consumidor.

4.3.6.1. Diminuição do Lead Time

O *Lead Time* pode ser definido como o tempo total do ciclo de uma tarefa, desde o momento em que ela é criada, até sua finalização. Essa métrica pode ser quebrada em duas outras, o *Cycle Time*, que seria a diferença entre o momento em que a tarefa é considerada “em progresso” até sua conclusão; e o *Reaction Time*, que é o tempo de reação, ou seja, o tempo entre a tarefa ser criada e o começo do trabalho em si.

Empresas com muitas filas, grandes tempos de espera e muitos gargalos tendem a ter um maior *lead time*, pois possuem maior dificuldade de concluir as tarefas e começar novas. Assim, com a aplicação das ferramentas da TOC, Mabin e Balderstone (1999) observaram uma melhora média de 70% no tempo de entrega em processo dentre as 32 companhias analisadas.

Já McMullen Jr (1998) observou uma redução de 30 a 60% no lead time da Ketema A&E, empresa líder na produção de componentes para aeronaves e turbinas, enquanto a Pratt & Whitney, fabricante de motores de avião, obteve uma melhora de 50%.

4.3.6.2. Diminuição do Ciclo do Processo

O ciclo do processo se refere ao tempo que um produto leva para chegar ao mercado, ou seja, o período transcorrido entre o início e o fim da operação. Assim, o ciclo do processo se equivale ao tempo de execução da operação na área ou recurso mais lento, no gargalo, de modo que a aplicação dos princípios da TOC podem ajudar a melhorar esse índice ao eliminar as restrições encontradas.

Dentre as organizações que relataram mudanças no ciclo do processo, Mabin e Balderstone (1999) observaram uma redução média de 65% do tempo. Já a Zycon Corp empresa fabricante de Hardware, conseguiu reduzir seu ciclo de 3 semanas para 3 dias

4.3.6.3. Melhora na Pontualidade de Entrega

A entrega pontual dos pedidos, chamada de *due-date performance* é um dos indicadores mais importantes para uma empresa, pois impacta diretamente em seu crescimento, rentabilidade e capacidade de competição no mercado. As ferramentas da TOC permitem que as empresas concentrem em eliminar os postos causadores de atrasos e o modelo de produção puxada antes de gargalo e empurrada após o mesmo permite que a produção ocorra em seu tempo mais curto possível, melhorando a pontualidade e a rapidez de entrega das organizações.

Mabin e Balderstone (1999) perceberam uma melhora média de 44% na pontualidade do entrega, sendo que muitas organizações apresentaram uma melhora de mais de 100%. Já Collier e Evans (2010), relataram que a Kreisler, fabricante de componentes para Rolls Royce, GE e Mitsubishi, conseguiu uma pontualidade de entrega de 97%, comparada a somente 67% antes da TOC.

Philip Marris, CEO da Marris Consulting, pode trabalhar com duas conhecidas organizações da indústria aeronáutica, e sem citar seus nomes observou os seguintes resultados. Na indústria A, a pontualidade passou de 50% para 85%, com o objetivo atual de se chegar a 99%, já a indústria B relatou que conseguiu atingir 100% de pontualidade, ante 70% anteriormente, o que a possibilitou fechar grandes novas vendas.

4.3.6.4. Queda no Nível de Estoque em Processo

As ferramentas da TOC permitem que as organizações reduzam seus estoques até um nível que permita o equilíbrio entre receita, retorno sobre o investimento, utilização de recursos e serviço ao consumidor (McMullen, 1998). O nível de estoque de uma empresa pode ser associado também a uma redução do tempo de espera em processo, outro resultado observado com a aplicação da TOC.

Em seu livro, Mabin e Balderstone (1999) relataram uma queda de 49% no nível de estoque dentre as 32 organizações observadas. McMullen Jr. (1998) também relata melhoras similares em diversas empresas, como a Samsonite Europa, que obteve uma queda de mais de 60% no nível do seu

estoque. Já a Zycon Corp, empresa fabricante de *Hardware*, e a Morton International, que produz peças para automóveis, observaram uma queda de seus inventários pela metade.

Segundo Collier e Evans (2010), a Kreisler Corporation apontou uma redução de inventário em 20% após a aplicação da TOC, com possibilidade de chegar a 50%. E, por último, a Procter & Gamble registrou uma economia de \$ 600 milhões através da redução de seus estoques.

4.3.6.5. Aumento da Rentabilidade e Retorno sobre o Investimento (ROI):

A rentabilidade de uma empresa pode ser calculada dividindo-se seu lucro líquido pelo investimento total realizado, podendo assim analisar o ROI da companhia. As ferramentas da TOC costumam apresentar bons resultados nessa área, pois partem do princípio que deve-se explorar todas as restrições e gargalos da empresa ao máximo com os recursos já disponíveis na mesma. Além disso, menores estoques, *lead time* e, aumento da capacidade produtiva são fatores que influenciam no aumento do ROI de uma empresa.

De acordo com a Samsonite Europa as operações melhoradas criaram capacidade que eventualmente pode ser usada para adicionar uma nova linha de produtos e reduzir a perda de vendas, de modo que em um ano sua margem bruta cresceu 100% com praticamente nenhum aumento nas despesas operacionais.

4.3.6.6. Escolha do melhor Mix de Produtos:

O Mix de Produtos pode ser definido com a cesta de produtos fabricados por uma empresa, e deve ser tal que permita que a mesma consiga o maior lucro possível. Para isso, será necessário explorar ao máximo a restrição, pois segundo Jardim e Guimarães (2016), esse é o recurso mais importante de uma organização e desperdiçá-lo significa não conseguir atingir o lucro máximo.

Nesse caso, a TOC consegue guiar as organizações a escolher produtos que extraíam o maior rendimento de seu gargalo, alcançando assim uma maior produtividade e lucratividade. A Katema A&E, indústria do ramo aeronáutico, utilizou a teoria das restrições para avaliar os pedidos que chegavam a fábrica e os efeitos que eles produziam na empresa em si. A análise permitiu que a companhia percebesse que aceitar grandes encomendas a preços mais baixos não fazia sentido para o negócio, pois impactavam outros pedidos e demandavam muita capacidade. A aplicação da TOC

auxiliou a empresa a garantir uma maior lucratividade e um melhor fluxo de caixa. (McMullen Jr., 1998).

4.4. A INTEGRAÇÃO ENTRE TOC, LEAN MANUFACTURING E SIX SIGMA NA MANUFATURA

Após o estudo dos benefícios individuais de cada uma das três metodologias, entramos agora na análise de suas aplicações em conjunto. Podemos pensar, no conceitos chaves como: TOC – foco no resultado; Lean – foco no valor adicionado; e Six Sigma – foco na redução das variações.

Para Marris (2012), essa integração permite que a organização se concentre no 1% do sistema que define 99% da sua performance. Segundo ele, focar os esforços Lean e Six Sigma nas restrições que impactam diretamente a performance global da empresa traz necessariamente um retorno maior, e evita que áreas que não são restrições ganhem investimentos que não trarão o retorno esperado.

Moura (2014) acrescenta ainda que cada metodologia apresenta limitações, tanto inerentes à própria metodologia quanto provocadas por praticantes equivocados. Para ele, a TOC tem um foco muito financeiro, voltado a redução da variabilidade e das restrições, sem levar em consideração valores e demais elementos da ideologia organizacional. Já o Lean, tende a focar apenas nos fluxos de valor internos da empresa, sem pensar tanto nas reais condições do mercados e suas restrições. Por fim, o Six Sigma foca na análise estatística, mesmo que algumas situações pudessem ser resolvidas de forma mais simples e rápida. Assim, a integração entre as três metodologias seria ideal na solução dessas limitações e geraria os melhores resultados para a organização.

Nos próximos tópicos abordaremos três propostas já existentes de integração entre a TOC, o Lean e o Six Sigma na manufatura, que vêm apresentando resultados de sucesso em suas aplicações.

4.4.1. TLS:

Marris (2013) atribui à Pirasteh e Farah a autoria do primeiro estudo realizado sobre a integração entre as metodologias TOC, Lean Manufacturing e Six Sigma. O artigo, publicado em 2006 na

revista de APICS (*Association for Supply Chain Management*), descreve o modelo de integração chamado pelos autores de TLS e sua aplicação em uma organização.

Para Pirasteh e Farah (2006), o modelo TLS deve implementado como um abordagem para a melhoria continua do processo em toda a organização, e é exposto através de uma sequência de atividades começando com a aplicação da filosofia de gerenciamento TOC. Assim temos inicialmente a aplicação das 5 Etapas da Teoria das Restrições:

- 1) Identificar a restrição;
- 2) Explorar a restrição;
- 3) Subordinar outras ações à restrição;
- 4) Elevar os limites da restrição;
- 5) Evitar a inércia negativa- Repetir o processo.

Após identificar o problema em nível de sistema, deve-se desenvolver uma definição específica do problema que endereça o gargalo da organização. Nesse momento, os primeiros quatro princípios Lean devem ser aplicados.

- 1) Especificar o valor;
- 2) Mapear a cadeia de valor;
- 3) Implantar o fluxo contínuo;
- 4) Implementar a produção puxada.

Segundo os autores, essas etapas podem trazer ordem e disciplina para o processo, ajudar a sustentar quaisquer ganhos alcançados e promover a melhoria contínua. O foco, para eles, é produzir a quantidade correta, no tempo programado, para ser entregue no local exato.

Nesse ponto, o fluxo do processo deve estar estabilizado, com todas as variáveis performando consistentemente e repetidamente com uma variação mínima, de modo a atingir o melhor resultado com o mínimo de desperdício e retrabalho. Assim, entramos no 5º princípio Lean:

- 5) Buscar a perfeição.

Para se buscar a perfeição, o DMAIC do Six Sigma deve ser aplicado. Esse modelo auxilia os funcionários a identificarem e isolarem as causas dos desvios nos processos e sistematicamente minimizá-las ou removê-las.

– Resultados:

No estudo, os autores testaram seu modelo proposto nas 21 plantas de uma organização em um programa piloto. Nesse caso, a TLS foi introduzida como um complemento às práticas Lean e Six Sigma já existentes, e as metodologias foram divididas em: 11 plantas aplicaram Six Sigma; 4 plantas Lean Manufacturing, e; 6 aplicaram TLS.

O resultado final foi uma surpreendente contribuição de 89% das plantas TLS nas economias obtidas pela empresa, seguido pelas plantas Six Sigma com 7% e, por último, as plantas Lean com apenas 4% de contribuição. Assim, para os autores essa proposta de integração é muito bem sucedida e demonstra como os melhores elementos de cada metodologia podem ser combinados de modo a produzirem bons resultados para uma empresa.

4.4.2. VELOCITY

O livro Velocity (Jacob, Bergland e Cox, 2010) representa um grande estudo feito sobre uma abordagem de integração completa entre a TOC, o Lean e o Six Sigma para alcançar a melhoria contínua de uma organização ou projeto. Segundo o Goldratt Institute (2012), essa abordagem consiste em três pilares: a Teoria das Restrições, que é a arquitetura do sistema; a TOC LSS, o processo de melhoria focado; e o modelo SDAIS, a estrutura de implantação.

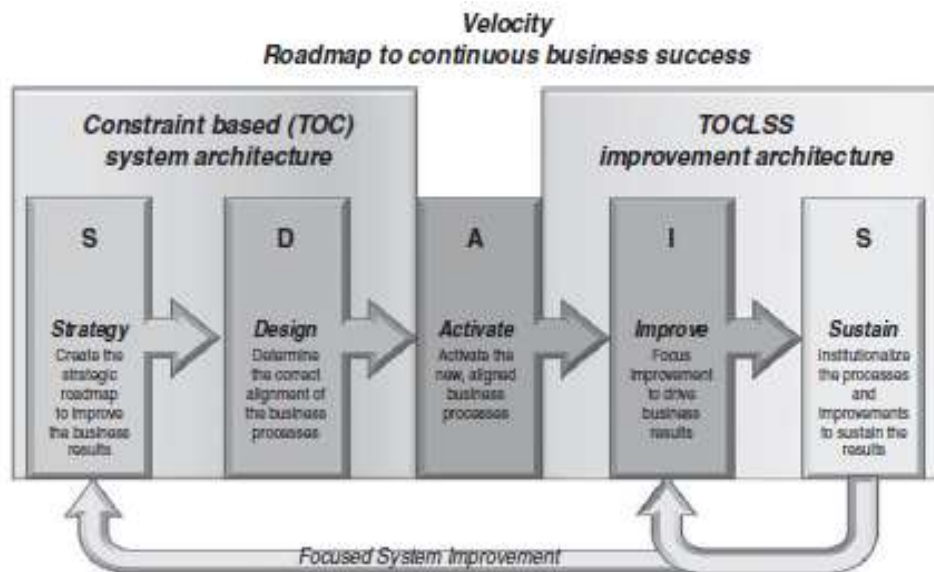


Figura 15: Abordagem Velocity
Fonte: Goldratt Institute (2010)

4.4.2.1. O Modelo SDAIS

O primeiro passo para melhorar o sistema, para Jacob, Bergland e Cox (2010) é estabilizá-lo enquanto reconhece as variações do sistema, o que pode ser feito rapidamente aplicando-se uma arquitetura TOC. Deve-se explorar as restrições encontradas e elevá-las de modo que possam ser usadas como instrumentos de controle e estabilização do sistema, pois com um sistema estabilizado as melhorias propostas pelo Lean e Six Sigma podem ser direcionadas para ter um impacto máximo.

O modelo SDAIS ilustra a estrutura de implantação da abordagem Velocity, chamado por seus criadores de roteiro para o sucesso contínuo do negócio. Esse modelo se baseia em cinco passos ordenados, começando com os fundamentos da Teoria das Restrições e seguindo para uma abordagem integrada entre TOC e Lean Six Sigma.

- Estratégia: Segundo Van der Ven (2011), dentro do gerenciamento de projetos, a TOC não deve ser pensada somente como uma metodologia usada para explorar a restrição de uma máquina ou área, e sim em um sentido mais amplo de modo a encontrar as restrições de uma empresa ou um projeto em nível estratégico.

- Design: Durante a fase de design, os líderes reconfiguram políticas, medidas, funções e responsabilidades do modelo operacional, e os sistemas de informação no contexto da estratégia e dos recursos TOC. O objetivo é desenhar os processos operacionais ou etapas de um projeto de modo que estes atinjam resultados finais estratégicos.
- Ativação: Na ativação, tudo o que foi desenhado e definido na fase de design será implementado, de modo que o design se torne operacional. Segundo AGI (2010), essa arquitetura produzirá um sistema onde os processos de negócios são projetados, alinhados e operados de forma estável e previsível. Assim, pode-se então aplicar o sistema focado de melhorias (*focused system improvement*), resultando na integração da TOC, Lean e Six Sigma (TOC LSS).
- Melhoria: Uma vez que existe um sistema operacional mais estável, a energia pode ser voltada para os esforços focados de melhoria, de modo a impulsionar o sistema operacional e alcançar os efeitos desejados e objetivos estratégicos identificados na sessão de estratégia da organização.
- O TOCLSS usa a sinergia do TOC, Lean e Six Sigma para alcançar coerentemente o sistema focado de melhoria, obtendo, segundo os autores, resultados superiores ao que pode ser realizado aplicando cada método individualmente com uma abordagem tradicional de melhoria de processo contínuo (*continuous process improvement*).
- Manutenção: A memória organizacional é criada e mantida pelo estabelecimento da documentação da estratégia, do design operacional e dos detalhes das melhorias focadas do sistema. A organização deve analisar continuamente os principais resultados das medições para avaliar, abordar e institucionalizar as políticas, medidas e comportamentos para garantir que os resultados sejam mantidos e não se degradem.

Para Jacob, Bergland e Cox (2010), o processo SDAIS elimina a necessidade de escolher uma das metodologias e a organização pode utilizar a integração completa entre TOC, Lean e Six Sigma para alcançar resultados de melhoria de performance reais e sustentáveis.

4.4.3. UIC – Ultimate Improvement Cycle:

Segundo Marris (2013), Bob Sproull é provavelmente a pessoa mais experiente em implantar a integração entre TOC, LSS no mundo, e é autor do modelo de *Ultimate Improvement Cycle* apresentado 2009 em seu livro de mesmo nome.

Sproull (2009) afirma que o *Ultimate Improvement Cycle* não é simplesmente uma coleção de ferramentas e técnicas, mas sim uma estratégia de fabricação viável e prática que concentra recursos na área que gerará o mais alto retorno sobre o investimento. O UIC é sobre focar e aproveitar a operação ou política que está restringindo a organização e impedindo-a de atingir todo o seu potencial.

A figura abaixo representa o modelo UIC, no qual os ciclos de melhoria das três metodologias são combinados de modo a alcançar uma estratégia de melhoria mais poderosa e rentável.

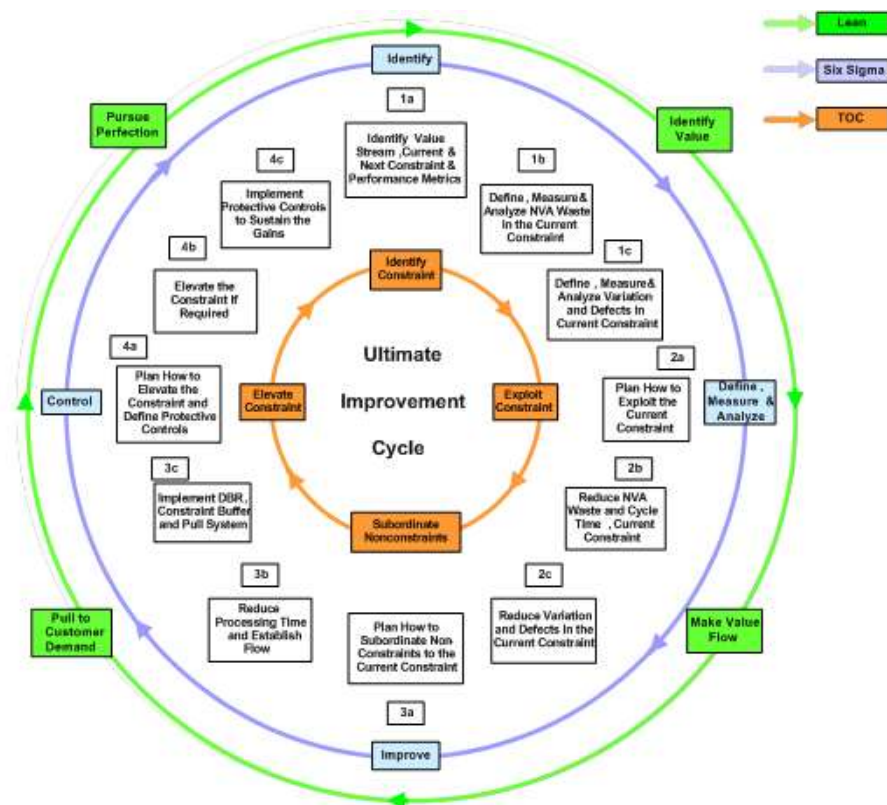


Figura 16: Ultimate Improvement Cycle
Fonte: Sproull (2009)

4.4.3.1. Ferramentas do UIC:

- Etapas 1a, 1b e 1c: Na primeira etapa do UCI, combina-se a identificação da cadeia de valor (ciclo Lean), a identificação das métricas de desempenho (ciclo Six Sigma), a identificação do sistema de planejamento da produção atual usado programar a fábrica e a identificação das restrições atuais e futuras (ciclo TOC).

O propósito dessas etapas é analisar a cadeia de valor em busca de oportunidades para reduzir desperdícios e variações. Para Sproull (2009), em alguns aspectos, essa primeira etapa pode ser considerada a mais importante, porque nos obriga a ver e avaliar todo o fluxo de valor para localizar a área, a política ou a etapa do processo que está impedindo a empresa de atingir seu pleno potencial financeiro.

- Etapas 2a, 2b e 2c: Na etapa 2a, tem como objetivo desenvolver o plano sobre como explorar a restrição atual, o que, segundo o autor inclui saber quais áreas atacar, quando a atacar, como atacá-las, identificando os requisitos de recursos e como essas ações ajudarão a empresa a se aproximar das metas delimitadas. Esta etapa engloba a identificação de fontes de resíduos e a melhor forma de eliminá-las; da ordem de prioridade de quais problemas resolver; dos problemas crônicos de tempo de inatividade; como reduzir a variação do processo; como reduzir o processamento e a variação do tempo de ciclo, etc.

Já nas etapas 2b e 2c, o objetivo é executar o plano de melhoria, que por sua vez reduzirá desperdício, variação e defeitos na restrição atual. Essas etapas tem como objetivo colocar em prática o plano desenhado na etapa 2a, de modo que este guie os esforços feitos e proporcione não apenas um ganho de rendimento automático, mas também reduções nas despesas operacionais e de estoque.

- Etapas 3a, 3b e 3c: A etapa 3a, segundo Sproull, é muito significativa, pois se trata do planejamento de como subordinar as etapas não-gargalo à restrição atual. A etapa 3a é uma etapa de planejamento, na qual deve-se avaliar os postos não-gargalo e procurar oportunidades de como aliviar o posto gargalo. Nesse momento, no entanto, é preciso ter cautela para garantir que não uma não-restrição seja transformada em restrição.

Na etapa 3b, o foco é reduzir o tempo de processamento e melhorar o fluxo de produção utilizando o que foi planejado na etapa 3a. Já na etapa 3c, o objetivo é otimizar a restrição, os

pulmões de montagem e de produtos finalizados e refinar o sistema planejamento da produção com base em quaisquer problemas que possam ter sido encontrados na etapa 3b.

- Etapas 4a, 4b e 4c: Na etapa 4a, o objetivo é desenvolver um plano sobre como elevar a restrição atual e definir os controles de proteção apropriados. A premissa aqui é que, se nas nove etapas anteriores não tenha sido possível quebrar a restrição, talvez seja necessário adquirir mais recursos e gastar algum dinheiro para isso.

A etapa 4b se refere ao processo de elevação da restrição propriamente dito, através da execução do plano que desenvolvido na etapa 4a. Por último, na etapa 4c, deve-se implementar controles de proteção para garantir que os ganhos obtidos até o momento se mantenham. E ao final das etapas, como recomendado pela TOC, o próximo passo é encontrar uma nova restrição e recomeçar o ciclo de melhoria.

5. A INTEGRAÇÃO ENTRE TOC, LEAN MANUFACTURING E SIX SIGMA NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Algumas pesquisas conceitualizam um projeto como sistemas temporários de produção, Ballard e Howell (2003), por exemplo, definem produção como o ato de projetar e fazer coisas. A criação de algo pela primeira vez é feita através de um projeto, o que é, por essa razão, indiscutivelmente a forma fundamental do sistema de produção. Já Winter e Szczepanek (2008) declararam que "Projetos e programas podem ser vistos de muitas perspectivas diferentes, incluindo a imagem de sistemas de produção, mas também como processos de criação de valor, processos de mudança, organizações temporárias, etc."

Karim e Nekoufar (2011) definem gerenciamento de projetos Lean como uma forma de fornecer mais valor com menos desperdício no contexto do projeto. Como já destacado, Ballard e Howell (2003) definem os projetos com sistemas de produção temporários, assim quando esses sistemas estão estruturados para entregar o produto enquanto maximizam o valor para o cliente e minimizam o desperdício, eles são ditos projetos Lean.

A Corrente Crítica ou CCPM (*Critical Chain Project Management*), por outro lado, se encaixa dentro das metodologias de gerenciamento de projetos ágeis, e se baseia nos fundamentos da Teoria das Restrições para alcançar melhores resultados no gerenciamento de projetos. Segundo Quelhas e Barcaui (2005), a corrente crítica busca resolver os principais conflitos existentes de modo a melhorar a performance do projeto, desafiando premissas tradicionais de planejamento e controle de cronogramas.

Já o Six Sigma, é uma metodologia especializada em controle de qualidade e, como todo projeto deve buscar sempre a perfeição, Wodalski et al. (2011) afirma que a mesma deveria ser aplicada sempre que possível. Para Anbari (2002), projetos são conduzidos dentro das restrições de tempo, custo, escopo e qualidade, podendo o Six Sigma ser aplicado em cada uma dessas áreas de modo a garantir a melhoria contínua do processo.

Ao que se refere a integração entre as três metodologias, Mendenhall (2011) afirma que a TOC é a arquitetura fundamental para o sistema, estabelecendo o controle do processo, alcançando resultados confiáveis e proporcionando o foco a melhoria contínua do processo, seja ele uma linha de produção ou um projeto a ser gerenciado. Já o Lean Six Sigma é implementado baseado no foco

dados pela TOC, sendo fundamental para a simplificação, eliminação de desperdícios, redução da variação e manutenção dos resultados.

Como evidenciado no último capítulo, grande parte da literatura disponível atualmente sobre a integração entre TOC, Lean e Six Sigma é referente a aplicações em linhas de produção. Assim, a partir do conhecimento adquirido sobre cada metodologia, o gerenciamento de projetos, e sobre as propostas de integração já disponíveis, as autoras decidiram adaptar esses conceitos em uma abordagem completamente voltada ao gerenciamento de projetos.

5.1. PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO CONCEITUAL:

1º Passo: Defina o Objetivo do Projeto

Antes de começar a pensar no escopo do projeto e sua realização, a empresa precisa definir qual é o objetivo do projeto, ou seja, qual o seu propósito, para que ele deve ser feito e o que espera-se dele. Nesse passo, é importante considerar o que representa valor para o cliente, para garantir que o objetivo do projeto e as expectativas do cliente estejam alinhadas.

Após essa definição, podemos abordar, então, os conceitos de estratégia e tática. A estratégia vai dar o direcionamento ao projeto de acordo com o objetivo definido, e a tática corresponde às ações necessárias para colocar a estratégia em prática e atingir o objetivo inicial.

O Goldratt Institute – AGI (2010) afirma que o modo mais poderoso de integrar Lean, Six Sigma e TOC começa com a estratégia, pois ela é quem fornece o mapa que deve-se seguir para a melhoria dos resultados tanto nos custos, no cronograma e na qualidade do projeto.



Figura 17: Árvore de Estratégia e Tática de Goldratt
Fonte: <https://pt.slideshare.net/pedrogmoura/webinar-planejamento-estrategico-usando-o-thinking-process>

A árvore de Estratégia e Tática (*S&T tree*), como mostrada no capítulo anterior, é talvez a ferramenta mais importante do *Thinking Process*, pois orienta o foco do projeto e da organização. Segundo Luiz e Souza (2017), as S&Ts se propõem a apresentar as condições para obter a chamada Visão Viável, que é um conjunto de estratégias para se obter um crescimento lucrativo e sustentável, através do cumprimento de todos os compromissos dos projetos realizados.

Os próximos passos dessa proposta de integração irão utilizar as metodologias TOC, Lean e Six Sigma para tentar melhorar ou resolver esses problemas.

2º Passo: Defina as Atividades do Projeto Eliminando o que Não Gerar Valor

Primeiro, é necessário criar uma imagem do processo do projeto, incluindo todo o conjunto de atividades, desde a tomada de ordens, planejamento, execução e entrega do projeto. O objetivo principal dessa etapa é mapear o fluxo de informações e processos e definir quais atividades geram ou não valor (Aziz, 2012). A utilização do princípio Lean nesse momento é super importante para que as atividades que não geram valor para o cliente sejam de fato retiradas do projeto.

Nessa etapa, a TOC se torna muito importante para a análise do processo como um todo, identificando as fases críticas e os gargalos do projeto, e criando um plano melhorado através das ferramentas do *thinking process*, com as árvores de realidade atual e futura do processo (Hanna, Wodalski and Whited 2010).

3º Passo: Estructure a Corrente Crítica Do Projeto e Estime as Durações das Atividades

Para resolver o problema do planejamento ineficiente e dos atrasos vamos adotar a ideia da Corrente Crítica. Como já detalhado nos capítulos anteriores, Goldratt (1997) ampliou a aplicação da TOC para projetos com a definição de corrente crítica, denominado *Critical Chain Project Management* (CCPM).

Para estimar as durações das atividades do projeto, será necessário implementar uma visão de fluxo contínuo e explorar ao máximo as restrições do projeto. De acordo com Koskela e Howell (2002), a visão de fluxo no gerenciamento de projetos resultaria em não realizar trabalhos desnecessários, removendo o desperdício do processo e reduzindo o tempo e a variabilidade. (Aziz, 2012).

Uma regra do princípio *lean* de produção puxada é apenas fazer um trabalho que libera o trabalho para outra pessoa. Outra técnica utilizada em projetos *lean* para eliminar as interrupções é a redução do tamanho do lote. A ideia-chave dessa estratégia é que geralmente a informação necessária está associada a uma pequena parcela da atividade anterior, portanto, ao invés de aguardar a conclusão completa da parte do projeto, lotes menores podem reduzir o tempo gasto em espera de informações. Isso não reduzirá apenas o tempo todo do projeto, mas também melhorará substancialmente como as duas etapas interagem devido a esta melhor compreensão do trabalho que é absolutamente necessário para a atividade dependente começar (Hanna, Wodalski e Whited, 2010).

É importante ressaltar nesse momento, que essa redução do lote não pode gerar multitarefas. A ideia é reduzir o tamanho de lotes que serão sequenciados e terão prazos e não realizar atividades em paralelo com prazos estendidos. Hanna, Wodalski e Whited (2010) explicam que a ideia da redução do tamanho do lote pode estar relacionada a muitas facetas diferentes de um projeto de construção. Alguns exemplos de grandes tamanhos de lote atualmente são quando os desenhos são enviados para revisão e aprovação, quando Solicitações de Informações (RFIs) são feitas ou quando há uma solicitação de um especialista para outro para obter mais informações do que o necessário. No sistema tradicional, uma das maiores formas de desperdício é simplesmente não ter informações em mãos. Portanto, a redução do lote, em conjunto com uma produção puxada, pode ser necessário para ajudar a obter as informações quando necessário, em vez de apenas receber uma grande carga de informações de uma só vez.

Para realizar a estimativa de cada um desses lotes reduzidos, a CCPM procura usar a melhor estimativa, ou 50% provável, estimativas de tempo de atividade individual. Para isso, primeiro, deve-se montar o plano usando a duração da estimativa de atividade "de baixo risco" fornecida pelos recursos do projeto (Leach, 1999). Como as pessoas que fazem o trabalho geralmente sabem mais sobre como fazer isso do que com qualquer outra pessoa, é importante envolvê-las no planejamento do processo e capacitá-las a adaptar o processo, dentro de restrições claramente definidas, às necessidades da situação.

Na Toyota, o Lean inclui o cultivo de um ambiente humano amigável e de apoio. Não se trata apenas de reduzir custos às custas de funcionários e parceiros de negócios (Cooper, 2013). Ensine

os estimadores a compreender a variação e o método da corrente crítica, incluindo a garantia de que eles não serão criticados ou impactados de qualquer forma pela duração estimada ou a superação da duração estimada. Em seguida (a ordem é extremamente importante), solicite seus tempos "médios" estimados, assumindo que tudo foi como eles esperariam, que eles terão todos os insumos quando começarem, e que eles poderão dedicar 100% de esforço à atividade uma vez iniciada.

Finalmente, crie o plano de corrente crítica usando essas estimativas de duração da atividade reduzida e colete as diferenças (D) entre a estimativa de baixo risco e as estimativas médias para desenvolver buffers (amortecedores) (Leach, 1999).

4º Passo: Planeje o Horário de Início Tardio (“Last Planner System”)

Muitas diretrizes de gerenciamento de projetos recomendam que os gerentes de projetos usem um cronograma com início antecipado e diversos programas de computador de planejamento usam o início antecipado como "padrão". O início precoce significa permitir que todas as atividades do caminho não crítico comecem mais cedo do que é necessário para atender a data da programação e as pessoas que trabalham nessas atividades sabem que há pouca atividade.

Já o CCPM usa "início tardio" para todas as atividades do projeto (Leach, 1999), permitindo que o projeto tenha uma produção “puxada”, em que uma pessoa faz o trabalho apenas quando ele se torna necessário, como sugere o quarto princípio lean (Ballard and Howell, 2003). De acordo com Scitor Corporation (2000), citado por Shen e Chua (2008), o horário de início tardio oferece muitos benefícios, tais como minimizar o trabalho em progresso e adiar o custo real até que seja necessário, focando primeiro nas tarefas críticas e melhorando a eficiência e a qualidade do trabalho atribuídas ao processo de aprendizado precoce.

5º Passo: Defina *Buffers* (amortecedor)

Para garantir que não haja atrasos no projeto tanto na entrega aos clientes quanto em relação ao fornecimento, principalmente por se tratar de uma execução “puxada”, torna-se necessário adicionar *buffers* ao cronograma que irão absorver a variabilidade e o risco do sistema.

– *Buffers* de Projeto e de Alimentação:

O CCPM protege o tempo total de entrega do projeto com um buffer de projeto no final da cadeia crítica. Isso explora a lei estatística de agregação, protegendo o projeto das incertezas normais das atividades individuais em um caminho de atividade utilizando buffers no final do caminho. Segundo Leach (1999), *buffers* aparecem como atividades no plano do projeto, mas não têm trabalho atribuído a eles.

Os caminhos críticos de alimentação da corrente também precisam ser protegidos de atrasos potenciais por meio de *buffers* agregados que são adicionados ao final. Isso inclui caminhos que se mesclam com a cadeia crítica no final do projeto (Leach, 1999).

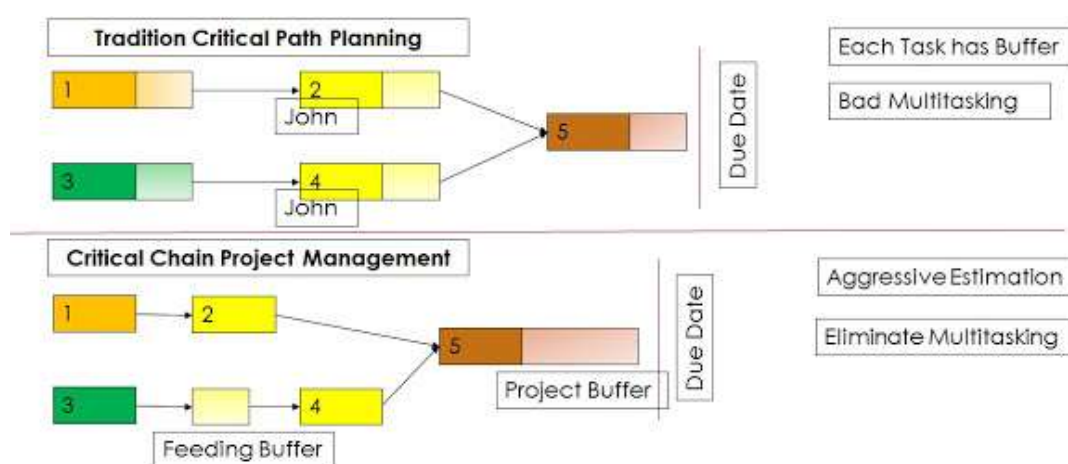


Figura 18: Buffers no Planejamento de Cadeia Crítica Tradicional e no CCPM
Fonte: Kumar (2016)

– *Buffers* de Recursos para Proteger a Cadeia Crítica:

Os buffers de recursos protegem a cadeia crítica da indisponibilidade de recursos. Eles são, então, um sinal para o gerente do projeto e os gerentes de recursos para garantir que os recursos estejam prontos para serem utilizados em atividades da cadeia críticas no momento em que a entrada da atividade estiver pronta. Os buffers de recursos não consomem tempo da cadeia crítica.

Mais precisamente, os buffers de recursos podem ser definidos ao lado da cadeia crítica para garantir que os recursos renováveis estejam disponíveis para trabalhar nas atividades críticas da cadeia assim que forem necessários. Conseqüentemente, um sinal de aviso de buffer de recurso é

adicionado toda vez que uma atividade precisar de um recurso renovável que não seja usado pela atividade anterior (Vanhoucke, 2012).

6º Passo: Faça a Gestão dos Riscos do Projeto – Six Sigma

Após a o planejamento das atividades do projeto e da identificação da cadeia crítica, é necessário identificar os riscos do projeto e definir meios para mitigá-los. Para isso, será utilizada a ferramenta FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).

FMEA Form															
Process/Product Name: _____						Prepared By: _____									
Responsible: _____						FMEA Date (Orig): _____				(Rev.): _____					
Process Step/Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEVERITY (1 - 10)	Potential Causes	OCCURRENCE (1 - 10)	Current Controls	DETECTION (1 - 10)	RPN	Action Recommended	Resp.	Actions Taken	SEVERITY (1 - 10)	OCCURRENCE (1 - 10)	DETECTION (1 - 10)	RPN
What is the process step, change or feature under investigation?	In what ways could the step, change or feature go wrong?	What is the impact on the customer if this failure is not prevented or corrected?		What causes the step, change or feature to go wrong? (how could it occur?)		What controls exist that either prevent or detect the failure?			What are the recommended actions for reducing the occurrence of the cause or improving detection?	Who is responsible for making sure the actions are completed?	What actions were completed (and when) with respect to the RPN?				
Fill carafe with water	Wrong amount of water	Coffee to strong or weak	8	Faded level marks on carafe	4	Visual inspection	4	128	Replace old carafes	Mei	Carafe replaced 9/15	8	1	3	24
								0							0
								0							0
								0							0
								0							0
								0							0

Figura 19: Ferramenta FMEA
 Fonte: <https://goleansixsigma.com/failure-modes-effects-analysis-fmea/>

Durante a identificação dos riscos, caso seja necessário, os *buffers* podem ser revisados e ampliados. Essa ferramenta será muito utilizada durante a fase de monitoramento do projeto e pode ser utilizada posteriormente como insumo para a gestão de riscos de outros projetos semelhantes.

7º Passo: Monitore a Execução do Projeto (Lean e TOC)

Ao entrar na fase de execução do projeto, é muito importante que a equipe tenha um meio simples e visual de gerenciar as suas tarefas e replanejar as atividades quando necessário. Essa flexibilidade

e simplicidade é um atributo da filosofia Lean. Para isso, sugere-se a utilização de um quadro que relacione os produtos (post its), responsáveis e os problemas identificados, assim como os responsáveis para resolvê-los dentro de um prazo.

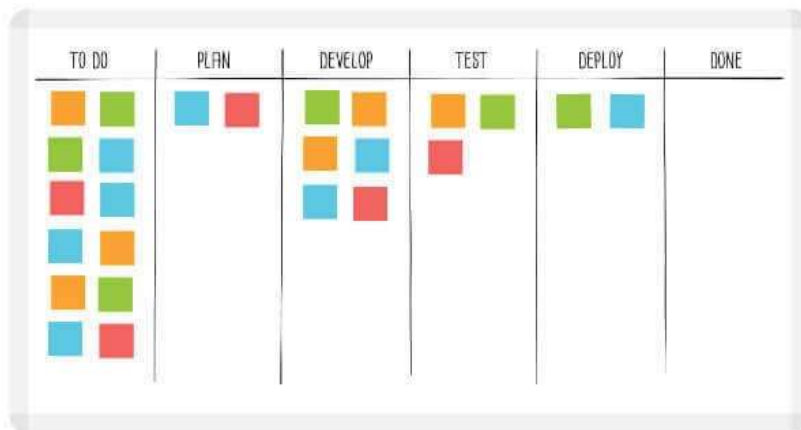


Figura 20: Quadro de Monitoramento da Execução do Projeto
Fonte: <https://www.heflo.com/pt-br/agil/lean-kanban-board/>

Além disso, é importante que seja feito o acompanhamento do consumo do *buffer* estipulado para o projeto. Isso pode ser feito por meio de um gráfico que representa o nível de criticidade do consumo do pulmão definido, como pode ser observado abaixo.

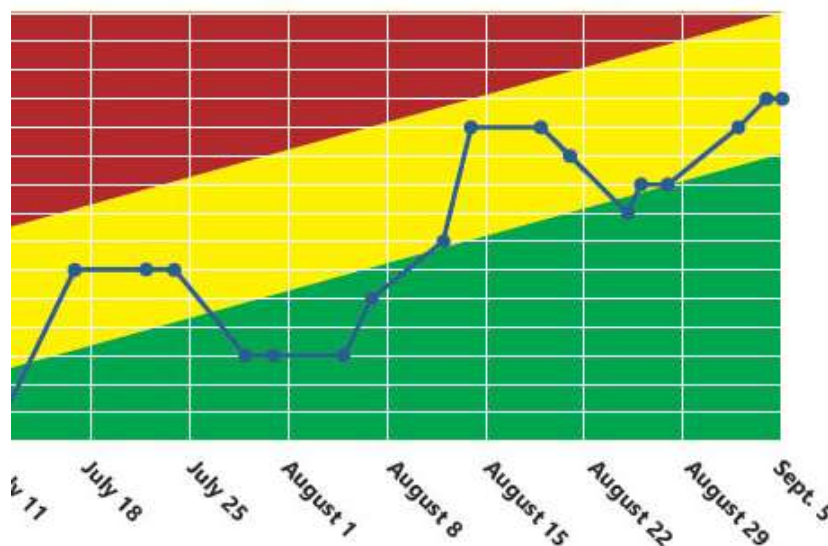


Figura 21: Gráfico de Análise de Consumo do Pulmão do Projeto
Fonte: <https://aits.org/2016/07/improving-focus-predictability-critical-chain-project-management/>

8º Passo: Controle a Qualidade com DMAIC

Wodalski et al. (2011) afirma que o Six Sigma deve ser aplicado sempre que possível, visto que podemos esperar que todos os processos de um projeto alcancem a perfeição. No caso de projetos, os problemas de qualidade a serem resolvidos novamente se baseiam na tripla restrição: custos, cronograma e desempenho/qualidade em si. No entanto, como a implementação do Six Sigma é cara, devido a necessidade de tempo e treinamento requerido, essa metodologia deve ser estabelecida para projetos de maior retorno, podendo depois ser utilizada em outros processos mais secundários.

Além disso, a aplicação da metodologia Six Sigma depende de análises estatísticas para resolução dos problemas de qualidade, de modo que é necessário ter um certo volume de observações e de dados para que o resultado da análise seja relevante. Com isso, em nem todos os projetos será interessante e/ou possível aplicar o Six Sigma.

Tipos de projetos que apresentam um certo nível de repetição, ou que apresentem uma estrutura de etapas que é comum a diversos outros projetos, são bons candidatos a aplicação da metodologia. Nesses casos, aplicamos o Six Sigma de acordo com o processo DMAIC:

- Fase de Definição: Nesta fase, é importante definir os objetivos e o valor dos indicadores de melhoria da atividade (Pyzdek, 2003). Deve-se, então, analisar os dados dos processos para determinar quais etapas estão estatisticamente piores que as outras, e assim encontrar os maiores problemas que ameaçam a entrega do projeto.

Uma ferramenta interessante é a VOC (voice of customer), na qual os clientes, através de questionários, apontam quais seriam as melhorias mais cruciais a serem feitas. A partir desses resultados de VOC, os principais fatores críticos de qualidade do processo (CTQs) são definidos. Em alguns tipos de projeto, o tempo de entrega será crucial, já em outros manter os custos estimados é mais importante, de modo que os resultados da VOC vão ajudar a entender e guiar os esforços de melhoria. É importante que seja também realizada uma análise da visão do acionista. Isso precisa ser feito de modo complementar a identificação do que é valor para o cliente. Em seguida, deve ser definido o objetivo do projeto a partir da visão viável construída utilizando a árvore de Estratégia e Tática (TOC).

- Fase de Medida: O objetivo desta fase é medir o sistema existente (Pyzdek, 2003), para isso deve-se reunir dados qualitativos e quantitativos sobre o problema (Siddh, et al., 2013). Na fase de medida, ferramentas de coleta de dados, mapeamento de processo, análise de Pareto, gráficos de execução, etc. são utilizados.

Para o gerenciamento de processos, há uma adaptação da medida de “Defeitos por Milhão de Oportunidades”, na qual o número de oportunidades para falhas é estimado através do número de etapas nas quais podem ocorrer defeitos, ou pelo número de recursos que podem causar não-conformidades (Tenera e Pinto, 2014).

Segundo George (2002), equipes que trabalham em processos de não fabricação são frequentemente surpreendidas com o quanto elas ganham ao completar a fase de Medição, porque seus processos nunca foram mapeados, nem estudado com dados.

- Fase de Análise: Baseado no nível de qualidade sigma encontrado e na estratégia da empresa, diversas análises estatísticas, como teste-t ou teste-z, são feitas para identificar as principais causas do problema e a correlação entre as causas e os CTQs identificados.
- Fase de Melhora: Esta é a fase da mudança, na qual deve-se reunir todas as informações e decidir sobre uma solução específica sobre os vários problemas e desperdícios identificados durante a fase de análise (Siddh et al., 2013). Defeitos tanto na qualidade, quanto no processo e na velocidade (tempo de entrega e entrega no tempo) são eliminados (George, 2002).
- Fase de Controle: Como foi mencionado antes, a fase de controle visa controlar o novo sistema, padronizando o novo processo, monitorando seu desempenho e documentando as lições aprendidas. Algumas das ferramentas de controle, como *Mistake Proofing*, criam um sistema de monitoramento, medição e feedback para detectar e corrigir tendências instantaneamente e encerrar o processo, se necessário. Esta fase também está relacionada ao quinto conceito Lean chamado "Perfeição", uma vez que a prática subjacente deste princípio é continuamente melhorar os processos.

5.2. ANÁLISE CRÍTICA DA PROPOSTA

A proposta de integração começa destacando a importância da definição do objetivo e por conseguinte da estratégia para a realização e sucesso do projeto, utilizando a árvore de estratégia e tática. O objetivo desse passo inicial é garantir que o gerente de projeto e toda a equipe entendam os objetivos, metas e retornos desejados pela empresa e pelo cliente e, também, todos os problemas que podem vir a surgir pelo caminho. A partir daí, pode-se definir o escopo do projeto. Assim, a primeira etapa do método ataca diretamente a primeira causa de falhas no gerenciamento de projetos, a “Falta de Objetivos Bem Definidos”.

O primeiro e segundo passos da proposta também abordam especificar o valor no escopo, reduzindo o escopo do projeto para o conjunto de atividades que gera valor para o cliente. Essa técnica está diretamente relacionada à percepção de qualidade do projeto, além de também tornar o projeto mais eficiente, tendo um cronograma mais aderente às suas necessidades. Essas duas etapas têm o objetivo de resolver, em conjunto com a primeira etapa, a “Falta de Objetivos Bem Definidos” e, também, os problemas relacionados a “Mudanças de Escopo”.

O terceiro, quarto e quinto passos do método estão diretamente relacionados a elaboração de um cronograma que possua somente atividades que geram valor para o cliente e que possuam prazos bem definidos. A utilização do método da cadeia crítica na criação do cronograma endereça diretamente o risco de “Erro no Planejamento de Prazos do Cronograma e Orçamento” e “Gerenciamento Inadequado de Riscos e Problemas” já que são definidos buffers para reduzir a variabilidade e riscos do projeto. Além disso, os problemas relacionados ao comportamento humano, como a Síndrome do Estudante e a Síndrome de Parkinson também são resolvidos.

O envolvimento da equipe na estimativa, programação e outros aspectos do planejamento, como proposto no terceiro passo, também ajuda a eliminar esses erros, além do fator “comunicação precária”. A tendência dos gerentes de projetos e gerentes funcionais de comprometer suas equipes com os cronogramas leva diretamente a atrasos na entrega, déficits de qualidade e problemas de moral, resultando em insatisfação do cliente e patrocinador, retrabalho evitável e rotatividade dos funcionários mais valiosos.

O último fator identificado como uma das principais causas de falhas em projetos é a “Falta de Recursos”. Esse aspecto pode ser mitigado pelo quinto passo já que são definidos buffers de recursos para proteger a cadeia crítica de uma eventual indisponibilidade.

O sexto passo refere-se ao uso do Six Sigma que, como mencionado anteriormente, é uma metodologia complementar que pode ser utilizada em casos em que são realizados projetos com escopos semelhantes de forma recorrente. Por ser uma metodologia que visa aumentar a precisão e qualidade do processo, ela garantirá que a alocação de recursos e orçamento para o projeto seja ótima, assim como a definição das atividades e suas durações com base no histórico da empresa

No que diz respeito às limitações da proposta, a mesma não analisa questões humanas e pessoais, como organização e capacitação da equipe do projeto, a preparação dos gerentes, o comprometimento do time, entre outros. Esses aspectos são considerados relativamente importantes para o sucesso de projetos, e não considera-los na proposta pode ser um aspecto negativo.

Em relação à realização do primeiro ao quinto passo da proposta, que envolvem as metodologias Lean e ToC, a baixa flexibilidade da metodologia e a necessidade de se ter uma maior precisão com relação ao produto final antes do começo do projeto são as principais limitações encontradas em comparação às metodologias ágeis.

Já em relação ao Six Sigma, suas limitações estão vinculadas ao custo de realizar esse tipo de análise, devido a necessidade de certo número de observações, além requerer um certo nível de treinamento e tempo da equipe. Por este motivo, sugere-se que essa metodologia seja utilizada em casos específicos em que haja maior recorrência e o investimento neste tipo de estudo possa ser recompensado no longo prazo.

Além disso, proposta de integração apresentada pelas autoras se baseia na literatura existente sobre as metodologias TOC, Lean e Six Sigma; sobre as principais causas de falhas em projeto; e sobre as propostas de integração já existentes na manufatura, além de entrevistas feitas com gerentes de projetos em grandes companhias.

No entanto, não foi possível, durante o período de desenvolvimento deste trabalho, testar os oito passos indicados em um contexto de projetos e empresas reais. Com isso, a proposta de integração

ainda está em uma fase de reflexão conceitual, pois não há dados experimentais que comprovem seu funcionamento e todas as melhorias indicadas. Assim, a primeira ação a ser tomada para futuros desdobramentos seria aplicar os oito passos recomendados em um estudo de caso preliminar simples, como por exemplo, nos próprios processos de desenvolvimento de projetos de graduação.

A partir das aplicações experimentais preliminares, deve-se, então, observar os resultados obtidos e analisá-los de afim de entender o que está funcionando como o previsto e o que precisa ser mudado. Com essas novas informações, a proposta pode ser modificada, visando atender as análises feitas, e testada novamente. Esse processo, então, será repetido até que a proposta ganhe um certo nível de maturidade e estabilidade, e possa começar a ser testada em ambientes reais e áreas específicas como de TI ou manufatura, começando em projetos pequenos e mais simples, e seguindo, no futuro, para projetos maiores, como os de engenharia civil.

5.3. CONTEXTO PARA A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Como mencionado anteriormente, esse estudo se encaixa em um contexto de projetos únicos, em que não há concorrência de recursos entre projetos distintos. Além disso, para a aplicação da metodologia completa, é necessário que a organização já possua um histórico de projetos semelhantes realizados.

Diante dos benefícios e limitações apresentadas na análise crítica da metodologia, sugere-se que ela seja primeiramente testada em projetos menores de tecnologia e manufatura, considerando cenários em que a organização possui um histórico na realização desse tipo de projeto e que não há incerteza em relação a entrega, o produto final. Já em um segundo momento, a metodologia pode ser aplicada em projetos mais complexos, como os de construção civil.

6. CONCLUSÃO

Como mencionado anteriormente, o ambiente tornou-se mais dinâmico e o desempenho dos projetos tem estado muito aquém do esperado. Problemas como custos excedidos, atrasos no planejamento e baixo retorno nos projetos têm sido altamente mencionados em muitas pesquisas realizadas e, por isso, examinamos as possíveis causas da falha do projeto. As principais causas encontradas na literatura e apontadas durante as entrevistas foram: falta de objetivos claramente definidos e direção geral; mudanças de escopo; cronogramas otimistas de projeções de financiamento; comunicação pobre; e gestão inadequada de riscos e problemas.

Após uma revisão da literatura e entrevistas com gerentes de projetos em grandes empresas, percebeu-se uma significativa lacuna existente. Apesar dos conceitos de TOC, Lean e Six Sigma serem amplamente pesquisados, sua aplicação e integração no gerenciamento de projetos é bem menos difundida e muito pouco deste tópico foi encontrado na literatura.

Com isso, as autoras decidiram desenvolver uma proposta de integração das três metodologias, voltada diretamente para a melhora do gerenciamento de projetos e solução das principais causas de falhas apontadas. A proposta, composta por oito passos, foi pensada utilizando os principais conceitos de cada metodologia, transformando-os em uma sequência de ações que guiam todo o processo de um projeto.

O primeiro passo soluciona a primeira causa de falhas apontada, a “falta de objetivos claramente definidos e direção geral”. Além disso, o primeiro também baseia-se na definição do escopo do projeto de acordo com o que representa valor para o cliente, e em seguida, o segundo passo trata da definição das atividades eliminando o que não gera valor. Essas duas etapas solucionam os problemas de “mudanças de escopo”, e também auxiliam na solução da “falta de objetivos claramente definidos e direção geral”.

O terceiro, quarto e o quinto passos, junto com o segundo, correspondem a elaboração de um cronograma para o projeto, estruturando a cadeia crítica e definindo buffers, tanto de recursos quanto de alimentação. Essas ações eliminam as causas “erro no planejamento de prazos do cronograma e orçamento”, “falta de recursos” e “gerenciamento inadequado de riscos e problemas”. Além disso, o envolvimento da equipe na estimativa, programação e outros aspectos

do planejamento, como proposto no quarto passo, também ajuda a eliminar o fator “comunicação precária”.

Finalmente, a proposta conceitual, através de uma análise prospectiva, apresentou inúmeros pontos positivos e benefícios, conseguindo abordar todos as principais causas de falha em projetos levantadas, e superando possíveis pontos negativos e limitações. Ainda assim, futuramente, após a proposta ser testada em um ambiente real, deverá ser feita uma análise retrospectiva, de modo a avaliar seus resultados em diferentes projetos e adequar o que for preciso, para então poder se consolidar como uma opção interessante a gerentes que desejem melhorar seu processo.

7. REFERÊNCIAS

- ACHABAL, D., HEINEKE, J., MCINTYRE, S., 1984, “Issues and Perspectives on Retail Productivity”, *Journal of Retailing*, v. 60 n. 3, pp. 107-129.
- ACHANGA, P., SHEHAB, E., ROY, R., NELDER, G., 2006, “Critical success factors for lean implementation within SMEs”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 17 n. 4, pp. 460 – 471.
- Agile Project Management 101: A Beginner's Guide Smartsheet, Smart Sheet .Disponível em: <https://www.smartsheet.com/sites/default/files/Agile-PM-101-Beginners-Guide-Non-Project-Managers-Ebook-Final_2.pdf>. Acesso em: 23/02/2018
- ALASKARI, O., AHMAD, M., PINEDO-CUENCA, R., 2014, “Critical success factors for Lean tools and ERP systems implementation in manufacturing SMEs”, *J. Lean Enterprise Research*, v.1 n. 2 (maio), pp 183 – 199.
- ALVES, A., COGAN, S., ALMEIDA, R., 2010, “Utilizando o Processo de Raciocínio da Teoria das Restrições para a Gestão de Projetos de Pesquisas e Atividades Científicas”, *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*, v. 5 n. 3, pp 161-178. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Samuel_Cogan/publication/50247647_Utilizando_o_processo_de_raciocinio_da_Teoria_das_Restricoes_para_a_gestao_de_projetos_de_pesquisas_e_atividades_cientificas/links/09e415100613575bf3000000/Utilizando-o-processo-de-raciocinio-da-Teoria-das-Restricoes-para-a-gestao-de-projetos-de-pesquisas-e-atividades-cientificas.pdf>. Acesso: 20/01/2018
- ANBARI, F., 2002, Six Sigma Method and its Applications in Project Management, *Project Management Institute Annual Seminars & Symposium*, San Antonio, TX. Newtown Square, PA: Project Management Institute. Disponível em: <<https://www.pmi.org/learning/library/six-sigma-method-applications-pm-8515>>. Acesso em 24/02/2018
- ANTONY, J., 2004, “Six Sigma in the UK Service Organizations: Results from a Pilot Survey”, *Managerial Auditing Journal*, v.19 n.8, pp.1006-1013.

- ANTONY, J., BANUELAS, RICARDO, 2002. “Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program”, *Measuring Business Excellence*, v.6 n. 4, pp. 20-27.
- AUGUSTO, B., 2013, As etapas do Gerenciamento de Projetos: A Iniciação. A Engenharia em foco. Disponível em:
<http://www.aengenhariaemfoco.com.br/search/label/Gerenciamento%20de%20Projetos>>.
 Acesso em : 25/04/2016.
- Aveta Business Institute. The History and Development of Six Sigma. Disponível em:
<https://www.sixsigmaonline.org/six-sigma-training-certification-information/the-history-and-development-of-six-sigma/>>. Acesso em: 25/04/2016.
- AVOTS, I., 1969, “Why Does Project Management Fail?”, *California Management Review*, v.12 n. 1 (Out), pp. 77-82.
- AZIZ, B., 2012, *Improving Project Management with Lean Thinking? Master of Management of Innovation and Product Development*. Tese de Mestrado, Linkopings University, Linkoping, Suécia.
- BAKÅS, O., GOVAERT, T., VAN LANDEGHEM, H., 2011, *Challenges and success factors for implementation of Lean Manufacturing in European SMES*. Universidade Norueguesa de Ciência e Tecnologia, Trondheim, Noruega, MITI.
- BALLARD, G., 2008, “The lean project delivery system: An update”, *Lean Construction Journal*, pp 1-19.
- BALLARD, G., HOWELL, G., 2003, “Lean project management”, *Building Research & Information Journal*, v. 31 n. 2, pp 01-15.
- BARNARD, A., 2010, “Continuous Improvement and Auditing”, In: Cox III, J., Schleier, J. (eds), *Theory of Constraints Handbook*, , capítulo 15, USA, McGraw Hill.
- BARNARD, A., What is Theory of Constraints (TOC)?. Disponível em:
<http://www.goldrattresearchlabs.com/documents/What%20is%20Theory%20of%20Constraints%20by%20Dr%20Alan%20Barnard.pdf>>. Acesso: 15/12/2017

- BECK, K., BEEDLE, M., BENNEKUM, A., COCKBURN, A., CUNNINGHAM, W., FOWLER, M., ... THOMAS, D., 2001, Manifesto for Agile Software Development. Disponível em: <<http://www.agilemanifesto.org/>>. Acesso em: 02/11/2015
- BLACK, K., 1996, “Causes of project failure”, *PM Network*, v.10 n.11, pp 21-24. Disponível em: <<http://www.pmi.org/learning/causes-project-failure-survey-engineers-4814>>. Acesso em: 25/04/2016.
- BLACKSTONE, J., 2010, “A Review of Literature on Drum-Buffer-Rope, Buffer Management and Distribution”, In: Cox III, J., Schleier, J. (eds), *Theory of Constraints Handbook*, , capítulo 7, USA, McGraw Hill.
- BLOCH, M., BLUMBERG, S., LAARTZ, J., 2012, Delivering large-scale IT projects on time, on budget, and on Value. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/delivering-large-scale-it-projects-on-time-on-budget-and-on-value>. Acesso: 25/04/2016.
- BONNIE, E., 2014, Project Management Basics: PRINCE2 Explained, Wrike. Disponível em: <<https://www.wrike.com/blog/project-management-basics-prince2-explained/>>. Acesso em: 23/02/2018
- BRADY, E., ALLEN, T., 2006, “Six Sigma Literature: A Review and Agenda for Future Research”, *Quality and Reliability Engineering International*, v. 22 n. 3, pp 335-367.
- CHOU, Y., LU, C., TANG, Y., 2012, “Identifying Inventory Problems in the Aerospace Industry Using the theory of constraints”, *International Journal of Production Research*, v.50 n. 16, pp 4686-4698. Disponível em: <<https://ir.nctu.edu.tw/bitstream/11536/16766/1/000307642100022.pdf>>. Acesso: 20/01/2018
- COLLIER, D., EVANS, J., 2010, *Cengage Learning*, Student Edition, USA, South Western. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=x5M-4WfuSIEC&pg=PA205&lpg=PA205&dq=inventory+reduction+toc&source=bl&ots=WMkF04XB7c&sig=RBQmaHWgSVul62hxFwQ4oWwPYEI&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwj824->

- KhNnZAhXJu1MKHQ2uAIUQ6AEIVTAF#v=onepage&q=inventory%20reduction%20toc&f=true>. Acesso em: 01/03/2018
- COOPER, J., 2013, Improving focus and predictability with critical chain project management. Paper presented at PMI® Global Congress 2013—North America, New Orleans, LA. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
 - CORONADO, R., ANTONY, J., 2002, “Critical Success Factors for the successful Implementation of Six Sigma Projects in Organizations”, *The TQM Magazine*, v. 14 n. 2, pp. 92-99.
 - COY, P. The Benefits of Lean Transformation. MCA Connect. Disponível em: <http://info.mcaconnect.com/benefits_of_lean_transformation_lp>. Acesso em: 25/04/2016.
 - DETTMER, H., 1997, **Goldratt’s Theory of Constraints**. Milwaukee, ASQ Quality Press. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=pinJA4-spBAC&oi=fnd&pg=PR21&dq=theory+of+constraints&ots=_vGXfrl-Ns&sig=CldeCY_Ems4lAyxCQezvlRxkoqk#v=onepage&q&f=true>. Acesso em: 15/12/2017
 - ECKES, G., 2000, **General Electric’s Six Sigma Revolution: How General Electric and Others Turned Process Into Profits**. New York, John Wiley & Sons.
 - EL SAFTY, S., 2012, *Critical Success Factors of Lean Manufacturing Implementation in Automotive Industry in China*. SAE Technical Paper.
 - FERNANDES, A., 2007, Lean Manufacturing: Um Novo Conceito em Manufatura – Parte 1. Administradores. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/leanmanufacturing-um-novo-conceito-em-manufatura-parte-i/20327/>>. Acesso: 25/04/2016.
 - GEORGE, M., 2002, **Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality With Lean Speed**. New York, McGraw-Hill.

- GOLDRATT INSTITUTE, 2010, “Combining Lean, Six Sigma, and the Theory of Constraints to Achieve Breakthrough Performance”, In: Cox III, J., Schleier, J. (eds), *Theory of Constraints Handbook*, , capítulo 36, USA, McGraw Hill.
- Goldratt Research Labs. What is Theory of Constraints?. Disponível em: <http://www.goldrattresearchlabs.com/articles/what_is_toc.aspx>. Acesso: 16/12/2017.
- GOLDRATT, E., 1990, ***What is this Thing Called Theory Of Constraints and How Should it be Implemented?***. Massachusetts, North River Press.
- GOLDRATT, E., COX, J., 1984, *A Meta*. 2 ed. Brasil, Editora Nobel.
- HANNA, A, WODALSKI, M., WHITED, G., 2010, “Applying Lean Techniques in Delivery of Transportation Infrastructure Projects”, *18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Haifa, Israel, Proceedings IGLC-18, Julho 2010.
- HARMONY, 2018, What is Strategy & Tactic Trees?. Disponível em: <https://harmonytoc.com/What-Is-TOC-Strategy-and-Tactic-Trees>. Acesso em: 06/05/2018
- HINES P., FRANCIS, M., FOUND, P., 2006, “Towards Lean Product Lifecycle Management”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 17 n.7, pp. 866 – 887.
- HODA, R., MARSHALL, S., NOBLE, J., 2005, “Agile Project Management”. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228983124_Agile_Project_Management>. Acesso em: 23/02/2018
- JARDIM, E. G. M., COSTA, R. S., VARELLA, H. S. Q., 2015, *A Gestão pela Teoria das Restrições: Fundamentos e Reflexões*. In: Disciplina Planejamento e Controle da Produção – I.
- JARDIM, E., GUIMARÃES, L., 2016, “Estudo de caso Abordando as Diferenças da Aplicação da Contabilidade de Ganhos na Produção Seriada e na Produção não Seriada”, *XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, João Pessoa, Paraíba, out. Disponível em: <<https://www.dropbox.com/sh/qrvg93zgjehhex4/AACIxfcE1pdAIL8O9T7eVTgNa/2%20-%20Textos%20e%20Artigos%20para%20leitura%20e%20fichamento?dl=0&preview=3+->>

- +Artigo-Contab.+ToC_Prod.+Seriada+vs+N%C3%A3o+Seriada.pdf>. Acesso em: 01/03/2018
- JOHN, A., MERAN, R., ROENPAGE, O., STAUDER, C., 2008, *Six Sigma + Lean Toolset: Executing Improvement Projects Successfully*. Berlin, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
 - JØRGENSEN H., OWEN, L., NEUS, A., 2008, Making Change Work . IBM Corporation. Disponível em: <<https://www-935.ibm.com/services/us/gbs/bus/pdf/gbe03104-usen-01-mcw-qr.pdf>>. Acesso: 25/04/2016.
 - Kaizen Institute. Success Stories. Disponível em: <<https://www.kaizen.com/successstories>>. Acesso: 25/04/2016.
 - KARAMITSOS, I., APOSTOLOPOULOS, C., MOTEB, A., 2010, “Benefits Management Process Complements other Project Management Methodologies”, *Journal of Software Engineering and Applications*, v. 3 n. 3, pp.839-844, ISSN: 1945-3116.
 - KARIM, A., NEKOUFAR , S., 2011, *Lean Project Management In Large Scale Industrial & Infrastructure Project via Standardization*. University of Technology.
 - KERZNER, H., 2013, *Project management - a systems approach to planning, scheduling, and Controlling*, 11th ed. Nova Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
 - KNOWLES, G., 2011, *Six Sigma*. Disponível em: <<http://bookboon.com/en/six-sigmaebook>>. Acesso: 25/04/ 2016.
 - KOSKELA, L., HOWELL, G., 2002, “The Theory of Project Management: Explanation to Novel Methods”. *In Proceedings 10th Annual Conference on Lean Construction*. Gramado, Brazil, IGLC-10 , v. 6 n.8.
 - KPMG, 2010, *KPMG New Zealand project Management survey 2010*. Disponível em: <<https://www.kpmg.com/NZ/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/Project-Management-Survey-report.pdf>>. Acesso: 25/04/2016.
 - KUMAR, A., 2016, Critical Chain Project Management (CCPM) & Theory of Constraints (TOC) in Software Engineering. Disponível em:

- <http://solutionframework.blogspot.com/2016/11/critical-chain-project-management-ccpm.html>. Acesso em: 30/03/2018
- KUSTER, J., HUBER, E., LIPPMANN, R., SCHMID, A., SCHNEIDER, E., WITSCHI, U., WÜST R., 2015, *Project Management Handbook*. Disponível em: <<http://www.springer.com/series/10101>>. Acesso: 25/04/2016.
 - KWAK, H., ANBARI, T., 2006, “Benefits, Obstacles, and Future of Six Sigma Approach”, *Technovation: The International Journal of Technological Innovation, Entrepreneurship and Technology Management*, v. 26 n. 5-6, pp. 708-715.
 - LEACH, L. P., 1999, Critical chain project management improves project performance. *Project Management Journal*, 30(2), 39–51.
 - Lean Advisors, 2015, *Lean Success Stories*. Disponível em: <<http://www.leanadvisors.com/lean-success-stories>>. Acesso: 25/04/2016.
 - Lean Enterprise Institute, 2007, *New Survey: Middle Managers are Biggest Obstacle to Lean Enterprise*. Disponível em: <http://www.lean.org/WhoWeAre/NewsArticleDocuments/Web_Lean_survey.pdf>. Acesso: 25/04/2016.
 - MABIN, V., BALDERSTONE, S., 1999, *The World of the Theory of Constraints: A Review of the International Literature*. 1 ed. USA, CRC Press.
 - MACIAS, F., HOLCOMBE, M., GHEORGHE, M., 2003, “A Formal Experiment Comparing Extreme Programming with Traditional Software Construction”, *Proceedings of the Fourth Mexican International Conference on Computer Science (ENC 2003)*, México, set. IEEE, pp 73-80.
 - MARCELINO, E., 2016, CCPM: Uma Metodologia que tem Mudado os Paradigmas da Gestão de Projetos. Disponível em: https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms%2Ffiles%2F16410%2F1467922991CCPM_Uma_metodologia_que_tem_mudado_os_paradigmas_da_Gesta%CC%83o_de_Projetos.pdf. Acesso em: 10/07/2018

- MARODIN, A., SAURIN, A., 2015, “Managing barriers to lean production implementation: context matters”, *International Journal of Production Research*, v. 53 n.13.
- MARRIS, P., 2015, “TOC to Boost Aeronautical Manufacturing Performance”, *2015 TOCICO International Conference Transforming Industries Track*, Cidade do Cabo, África do Sul, set. Disponível em: <http://www.tocico.org/mpage/Marris9_8IND>. Acesso em: 01/03/2018
- MCMULLEN, T., 1998, *Introduction to the Theory of Constraints (TOC) Management System*, USA, CRC Press LLC.
- MENDENHALL, B., 2011, *Creating Perfect Harmony – How to Solve the Discords of TOC and LSS*, Goldratt Institute. Disponível em: <<http://www.asqtampabay.org/Portals/0/PresentationSlides/Creating%20Perfect%20Harmony%20ASQ%202011.pdf>>. Acesso em: 24/02/2018
- MONTES, E., 2017, *Método da Corrente Crítica*, Disponível em: <https://escritoriodeprojetos.com.br/metodo-da-corrente-critica>. Acesso em: 10/07/2018.
- MOORE, R., SCHEINKOPF, L., 1998, *Theory of Constraints and Lean Manufacturing: Friends or Foes?*. Chesapeake Consulting, Inc. Disponível em: <<http://www.tocca.com.au/uploaded/documents/lean%20and%20toc.pdf>>. Acesso: 16/12/2017.
- NEWTON, P., 2015, *Principles of Project Management. Project Skills*. Disponível em: <<http://www.free-management-ebooks.com/dldebk-pdf/fme-project-principles.pdf>>. Acesso: 25/04/2016.
- OENNING, V., ROCHA NETO, A., VASUTA, A., 2008, “Aplicação de uma Árvore da Realidade Atual (ARA) e do Diagrama de Dispersão das Nuvens para Encontrar e Solucionar Problemas”, *XV Congresso Brasileiro de Custos*, Curitiba, Paraná, nov. Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/1319/1319>>. Acesso: 20/01/2018
- OHNO, T., 1988, *The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland, Oregon, Productivity Press.

- OLIVEIRA, E., CANÇADO, Q., Introdução à Metodologia da Corrente Crítica. Disponível em: http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/impressao_artigo/681. Acesso em: 10/07/2018
- PANDE, P., NEUMAN, R., CAVANGH, R., 2000, *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing their Performance*. New York, McGraw-Hill.
- Pennsylvania State University, Office of Planning and Institutional Assessment, 2009, “Increasing Efficiency and Effectiveness Through Lean”. *Innovation Insights*, v. 23. Disponível em: <<http://www.opia.psu.edu/sites/default/files/insights023.pdf>>. Acesso:25/042016.
- PETERSEN, C., 2013, *The Practical Guide to Project Management*. 1st. ed, PMP & bookboon.com. Disponível em: <<http://bookboon.com/en/the-practical-guide-to-projectmanagement-ebook>>. Acesso: 25/04/2016.
- PINTO, J., MANTEL JR., S., 1990, “The Causes of Project Failure” *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 37 n. 4, pp.269-276.
- PINTO, J., SLEVIN, D., 1987, “Critical Factors in Successful Project”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 34 n. 1.
- PIRASTEH, R., FARAH, K., 2006, “Continuous Improvement Trio”, *APICS Magazine*, edição de maio de 2006. Disponível em: <http://proplanning.eu/wp-content/uploads/2015/12/TLS.pdf>. Acesso em: 25/03/2018
- PMI, 2013, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, 5th ed. Pennsylvania, Project Management Institute Inc.
- PMI, 2015, Pulse of the Profession: Capturing the Value of Project Management. Disponível em: <<https://www.pmi.org/~media/PDF/learning/pulse-of-the-profession-2015.ashx>>. Acesso: 25/04/2016.

- PWC, 2012, Insights and Trends: Current Portfolio, Programme and Project Management Practice. The third global survey on the current state of project management. Disponível em: <http://www.pmi.org/~media/PDF/RCP/PwC_PPPM_Trends_2012.ashx>. Acesso: 25/04/2016.
- PWC, 2013, Correcting the course of capital projects. Plan ahead to avoid time and cost overruns down the road. Disponível em: <http://www.pwc.com/gx/en/industries/capital-projects/infrastructure/publications/correcting-the-course-of-capital_projects.html>. Acesso:25/04/2016.
- PYZDEK, T., 2003, *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Greenbelts, Blackbelts, and Managers at all Levels*. 2a ed. New York, McGraw-Hill.
- QUELHAS, O., BARCAUI, A., 2005, A Teoria das Restrições Aplicada a Gerencia de Projetos: Uma Introdução à Corrente Crítica. Disponível em: <http://pmtech.com.br/newsletter/Marco_2005/TOC_e_CCPM_em_GP.pdf>. Acesso em: 24/02/2018
- ROBERTS, P., 2013, *Guide to Project Management: Getting it Right and Achieving Lasting Benefit*. London, Profile Books.
- ROCHA NETO, A., BORNIA, A., 2002, “Árvore da Realidade Futura (ARF): Aplicação no Curso de Administração da UNOESC Campus Chapecó”, In: *XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)*, Curitiba, Paraná, out. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002_tr10_0850.pdf>. Acesso: 20/01/2018
- ROTHER, M., SHOOK, J., 2009, *Learning to See - Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Cambridge, Usa, The Lean Enterprise Institute, Inc.
- SACHS, I., 2011, *Performance Driven IT Management. Five Practical Steps to Business Success*. Government Institutes.
- SANTOS, F., CABRAL, S, 2008, “FMEA and PMBOK applied to Project Risk Management”, *Journal of Information Systems and Technology Management*, v. 5 n. 2, pp. 347-364.

- SIDDH, M., GADEKAR, G., SONI, G., JAIN, R., 2013, “Lean Six Sigma Approach for Quality and Business Performance”, *Global Journal of Management and Business Studies*, v. 3 n. 6, pp. 589-594.
- SINFIC, 2007, A História do Lean Manufacturing. Disponível em: <<http://www.sinfic.pt/SinficWeb/displayconteudo.do2?numero=24869>>. Acesso: 25/04/2016.
- SPROULL, B., 2009, The Ultimate Improvement Cycle – Maximizing Profits Through the Integration of Lean, Six Sigma and the Theory of Constraints, Boca Raton, FL CRC Press.
- TANGEN, S., 2002, “Understanding the concept of productivity”. *7th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference*. Taipei, APIEMS2002.
- TARIQ, M., KHAN, M., 2012, “Six Sigma based Risk Identification and Mitigation Framework for Projects Execution”, *Information Management and Business Review*, v. 4 n. 2, pp. 79-85.
- Theory of Constraints (TOC). Toc Institute. Disponível em: <<https://www.tocinstitute.org/about-toc-institute.html>>. Acesso em: 12/12/2017
- TOC Thinking Process (TP Tools), Theory of Constraints Institute, Disponível em: <<https://www.tocinstitute.org/toc-thinking-processes.html>>. Acesso: 20/01/2018
- TORREÃO, P., 2007, História do Gerenciamento de Projetos. Ponto GP. Available at: <<https://pontogp.wordpress.com/2007/04/23/historia-do-gerenciamento-de-projetos/>>. Acesso: 25/04/2016.
- VAN DER VEM, G., 2011, Review of the book “Velocity”: Combining Methods Accelerates Process Improvement, Business Improvement. Disponível em: <<https://www.business-improvement.eu/worldclass/Velocity.php>>. Acesso em: 24/02/2018
- VANHOUCKE, M., 2012, Critical Chain/Buffer Management: Adding Buffers to a Project Schedule. Disponível em: http://www.pmknowledgecenter.com/dynamic_scheduling/risk/critical-chainbuffer-management-adding-buffers-project-schedule. Acesso em: 30/03/2018

- VERMAAK, T., 2008, *Critical Success Factors for the Implementation of Lean Thinking in South African Manufacturing Organisations*. Doctor Comerciî in Strategic Management, Faculty of Management at the University of Johannesburg. Disponível em: <<https://ujdigispace.uj.ac.za/bitstream/handle/10210/3448/Vermaak.pdf>>. Acesso: 25/04/2016.
- VERZUH, E., 2011, *The Fast Forward MBA in Project Management*, 4th ed. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
- Waterfall Project Management Explained, 2016, The Telegraph. Disponível em: <<https://courses.telegraph.co.uk/article-details/86/waterfall-project-management-explained/>>. Acesso em: 23/02/2018
- WELLS, D., 2000,. Planning/Feedback Loops, XP – Extreme Programming. Disponível em: <<http://www.extremeprogramming.org/map/loops.html>>. Acesso em: 23/02/2018
- WERKEMA, C., 2006, *Lean Seis Sigma: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing*. Belo Horizonte, Werkema Editora.
- What Are the Thinking Process Tools?, Intelligent Management, Disponível em: <http://www.intelligentmanagement.ws/learningcentre/what-are-the-thinking-process-tools/>. Acesso: 20/01/2018
- What is PRINCE2?, Axelos – Global Best Practice. Disponível em: <<https://www.axelos.com/best-practice-solutions/prince2/what-is-prince2>>. Acesso em: 23/02/2018
- WINTER M., SZCZEPANEK T., 2007, “Projects and programmes as value creation processes: A new perspective and some practical implications”, *International Journal of Project Management*, v. 26, pp. 95-103.
- WODALSKI, M., THOMPSON, B., WHITED, G., HANNA, A., 2011, *Applying Lean Techniques in the Delivery of Transportation Infrastructure Construction Projects*. In: No. CFIRE 03-11, Universidade do Wisconsin. Disponível em: <http://www.wistrans.org/c...IRE_03-11_Final_Report.pdf>. Acesso: 25/04/2016.

- WOMACK, J.P., JONES, D.T., 1996, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, Simon & Schuster.

APÊNDICE A – QUESTÕES DAS ENTREVISTAS

- 1) Você teve alguma experiência de problemas em projetos? Qual foi o tamanho do projeto? Que tipo de problemas? Por que você acha que aconteceu? Quais foram os seus impactos?
- 2) Com base na sua experiência, quais os fatores que levam a projetos bem-sucedidos?
- 3) Você já lidou com lean e six sigma? Você acha que eles poderiam ser úteis em Gerenciamento de Projetos? De que forma você acha que eles podem ser úteis? O que são as limitações de sua utilidade?

APÊNDICE B – MINUTOS DA ENTREVISTA COM M. P.

Data: 29/02/2016

M. P. said he has been involved with multi-million pound projects as well as small tens of pounds projects. The biggest projects of being multinational or national requiring multiple teams and, at a very small level, he or a very small team. He thinks the biggest difference between them is communication, because the bigger you get, the more difficult can be to communicate. When you start to get bigger, you start to get more remote, so what kind of communication is actually needed? How often and how long does it actually take to put the communications together? And he thinks that's what puts a lot of people off. So, that is the biggest difference between the larger projects and the small projects. The smaller ones, you tend to be very close to it, therefore is easy to go, talk to people, move things along. Larger projects, you need a lot more infrastructure in order to get the progress you are after.

Before working at Rolls-Royce, he has worked as a project manager in other companies and he realised that all of them had suffered delays in their projects. Small projects are more agile. Some of the investigation that he has been doing more recently, he has been part of bigger programs and as soon as you actually start to get a bigger situation, you start to come across different conflicts, different priorities. The smaller projects, the individual ones, they can be more agile because they have less successor or predecessor links or even stakeholder links. It is very much for the

individual, so they can be agile in that sense. Small projects can be more flexible, because they tend to be a reliance on the individual. So, everyone on an early cycle or even within an early cycle go to the projects to say “right, you want us to do this piece of work, it’s going to cost you this amount and they, the projects, then balance their overall cost and delivery with individual areas of a company. In smaller project it tends to be the individual person, taking it on themselves, or small groups taking it on themselves to actually achieve a deliverable which doesn’t necessarily get costed. So, the idea of costing know the idea of putting it into a broader framework and cost measures to slow the larger project down, to make them less agile. With smaller projects, he knows in himself, if he is doing an activity, what might be some of the deliverables and the expectations, and what is needed to deliver those.

You start to get to a larger project that has a lot of downstream functional activities. The ultimate deliverable aim can get confused to go further down the cycle of through the overall program. So, years ago he used to talk about design and manufacture being very towards with one another because it got this almost imaginary brick wall between them and designer just throw something over the fence into manufacturing and they just have to get on with it. Now the fence has been broken down more and more, so instead of an explosive from design to manufacture we’ve got a ripple effect of design and manufacture but you are still losing some of the original intent within the design process because of the leads time that it takes.

After asked about the causes of delays in small and large projects, M. P. Said that in both cases it’s due to unplanned events. From an individual perspective, if you do an activity, then you initially start off with some degree of a lack of understanding. So you think an activity is going to take you a day to do, but actually it takes more than a day. One, because the conflict between what might be a day task and another task that you have been got on it. This is an unplanned split in terms of the ultimate deliverables that he has got on his table at this present moment in time. And that, in a similar spectre is what happens with larger projects. A larger project might have though the addition of “how do we do something”, “who will actually got to complete that task.

After asked about the prioritization of time or quality and its impact, M. P. said that it depends on the pressures. An individual person is more inclined to want to prioritizing quality. The larger you get, the more balance you might look for. You end up saying “right, am I doing more work than is

necessary to achieve an outcome?” Potentially you have that in both smaller projects and individual projects as well as the larger ones, but M.P. thinks the smaller, the individual ones can be less. You do not ask the question as often. You are not prompted to necessarily ask the question whereas a bigger organisation. He supposes it might be down to him as a technical person, he might like the technical aspects and therefore he doesn't think about the program side of it whereas you get someone who is in programme and project management. They will automatically ask that question “What do I need to do? What is my immediate deliverable? Is that deliverable acceptable? The problem that he sees from a technical perspective is that whatever then put in place tends to be the “if you like the predominant route forwards”. Right or wrong, that's been taken as the “that's what we're actually going to do”. From a technical sense it might not actually be ultimately the right thing to do. It just get it is over an initial situation, an initial problem.

After asked about scope creep, M. P. stated that this problem happens quite often. From a technical perspective, it happens from a number of different routes. Customers might change their mind. They get floating into the business. Therefore, the original work that was planned, that was identified both in terms of the original work contents may be a slightly modified work content. Part of the delay is in understanding the changing requirements. Another part of it, is in maybe reworking what has already been done. But as time pressures do not sleep, they end up with a possible impact on quality. So there are big decisions then around. Does this, for Rolls-Royce, does this make the engine unsafe? And therefore, we cannot do a piece of work, therefore we know the program is going to have to sleep or if it isn't, “can we afford the technical risk and just hit the milestone?” He thinks scope creep in small individual projects goes back to interest. A technical person will potentially want to spend more time because they are exploring more and learning more about what they are doing. That's obviously then going to result in a level of creep. Because you see one avenue and think, right there's a number of inputs into that and I might need to explore the impacts of those on to what I am doing for delivery. For a root cause analysis, for a statistical analysis, which he is partly doing at the minute, you start to look at a piece of data and as soon as you look at the data you identify a pattern which was not there when you originally went into doing the analysis. So, the analysis unfinished at the minutes is probably about a month late. It should only take a month at most. Because when we start to look at the data, the data then highlighted certain things about the manufacturing process, so we have to go back then to manufacturing in

order to understand how they were producing the parts to make sense of the data. Therefore, in making sense of the data, did we need to re-do a piece of analysis in order to understand it and therefore give the answer that's actually required?

Rolls-Royce is very new, particularly on the transactional side of introducing Lean and Sigma. If we take the medical industry, they've got a triage system where you've actually got somebody walks into the hospital or a doctor. Then you're immediately met by someone who is going say: "what's wrong with you? What's the situation?" Then you give the details, even face to face or however, and you are then automatically put into a level of priority, to what's needed. If you're breathing or you just have a slight headache, than you are not as high priority as someone who is bleeding and unconscious. And like that, being able to plan for those differences is difficult.

So will Lean and Sigma help in that? To a certain point, but essentially doing an amount of upfront work in order to say "right, how my planning and my later activities, knowing I've got a full scope, a full understanding of what is required, is important?"

If you look at the whole projects, then he thinks there are ideas within Lean and Six Sigma which can be applied to all of them. What he is a little unsure about, because he doesn't necessary have the experience, is to go further and further into the detail. How supportive some of the tools actually are? So, going back to Rolls-Royce and the hospital. Rolls-Royce is renowned the minute for doing late changes in the process partly because you can only prove an engine by testing it. And that automatically has an impact on the program. So, if you got parts fail, we need to root because why the parts are failing in development and then that goes around the houses of instigating certain changes. So that automatically extends to the lead time of a project. So would Lean have an impact on that? Not necessarily. You couldn't necessarily plan for that or you could say "Well I know I am going to have a failure", or "I know I am going to have a series of failures within that period", based on what has happened in the past. The same with the hospital, when I get a patient in, what am I actually going to find? Now to some degree, if somebody is in an accident, it can typically be communicated back to the hospital "ok we have got one emergency, we have got someone who was in a car accident." Then, they start to prepare for that, the hospital, you just turn up there, they have no idea. He thinks that's where they actually then start to get the problems with queueing and waiting time, because there isn't necessarily that flexibility there in order to responsiveness.

Responsiveness might be able to bring that down. Now whether there is possibly a way at a larger level of being able to look at the types of injuries you get or the type of conditions you get. So, what happens in the morning?

What types of injuries or submissions do you get to hospital in the morning and is that different from mid-morning, to afternoon, to evening? A while ago he ended up using the hospital in the morning, because of cycling to work and he ended up in an accident, so could the hospital say: "In the morning we know we are going to get cycling accidents"? We do not know the proportion of that. Maybe, people who had strokes, man who had strokes or heart attacks tend to be first thing in the morning, when they get up. It's almost as there is an alarm clock shocking them when they wake. They end up having a heart attack or a stroke. So they could say:" that's about the types of incidents that we actually get and does that then change their responsiveness as they would tackle a group of problems, but not necessarily a problem specifically?

After asked about the critical factors that lead a project to success, M. P said that the initial thing is communication. But, he thinks there's a level of awareness of what to expect. So there is an overall level of planning and communication. What is the broader, the sequence that we might need to go to in order to deliver that? And you end up then and this initial upfront rework cycle, so we have not necessarily entered into a project, but a general discussion upfront us to write "well, what is needed in order to achieve that aim? How are we putting things into a logical sequence? How would we measure what that sequence or how well that is performing? There were two fellows who came into Education, who build a framework for looking at problems, being able to complete projects and the title is "Go Mad". So it was aimed at an individual to say "right, how are you making a difference? So "Go Mad" is Go and Make A Difference (MAD). So they had a triangle framework that talks around how things are internalised. So how, what is the deliverable? How strongly do we feel about the deliverable? How comfortable, confident are we that the project can be completed? That's part of the initial communication piece. Who is involved with the work? How comfortable are we that the outcome is achievable? So there are two equilateral triangles with among triangle in the bottom right, so you've got a long base across the bottom. The bottom right corner is matched with the bottom left of the other triangle, so the bottom right is about "how do we get things started?", "how comfortable are we with getting work started?" and the bottom right triangle is about "how do we plan?", and then "how do we communicate that plan?", "how do we

prioritize?”, “how do we get people involved in doing activities within that?” So that’s why M. P thinks communications is the top, but equally we’ve got to engage the people in creating an awareness of the deliverable, what is involved in that deliverable. The other is about “what do we think is the priority? Who do we need to get to do what actually first? And how do we measure how well, we’ve achieved that? Where he would say Lean comes into it is about how we describe what family of deliverable we are, actually, talking about. So Rolls-Royce at the minutes they have, the splitting to large engines, medium and small engines. Maybe not much medium at the minute, but large and small. So, each one of those can have a different set of people and a different set of requirements leading to an ultimate deliverable, but it is still a jet engine, at the end of the day. So therefore some of the design rules may change for a particular engine, but it is still a jet engine. We should be able to transform them over, but we cannot because there is a recognition that the design rules at times make prohibitive. So you got to have an awareness of the design rules in order to have speed, a faster pace of design process. So communication then comes into that, because you are understanding whole teams or whole process, experiencing around a design activity.

Coming back to communication. If we have the communication, then we can understand the perspectives of the people within the design process whether we can actually do that. Once we actually recognize that we can do that and it fits into a particularly framework, we can say: “OK, what are the activities that are then needed for us? What are their priorities? Do we then need to put into place? And that then defines a whole different set of family of processes that we could then actually call upon. So communication is the top.

About the application of Lean and Six Sigma in Project Management, M.P. made the following comments: We have a project. What kind of family or what kind of process might it actually follow? If we can actually try and do that, which will help us in terms of it automatically defines a sequence for us. So, we can say “right, it’s a big project and the deliverable outcome is Y, therefore we’ve got X blocks of work in between.” If your experience and my experience aren’t similar, what we actually get is those blocks of work differ in length or can differ in length quite a bit. Now that becomes chaotic in terms of the business and how we actually loaded. So one of the things that I’m interested in is understanding if, like a manufacturing process, you actually then block into a manageable piece of work or batch a piece of work into a convenient size. If you have similar sized blocks of work, maybe with one person, maybe with a multifunctional team does that increase the

pace of a program? Or, do we still have problems because of the unplanned events that came through the project? Unplanned events could be changing customer expectations or when we've gone through a testing program, a part fails and therefore we have to go through a re-design. He still doesn't think that is too much of a problem because it is expected, because we are pushing the boundary of design elements. But if we have prescribed groups of work, and people within that, it can theoretically go in a big loop very quickly because they are confined to that task and to that idea. So we've got the idea of the sequence and the work content within that sequence. The batching of work within different time frames of a project allow us to then describe well "how many people would we need to have for a piece of work?" "Is it one person we need?" "Can only one person do that job?" And if that's the case, we will stick in terms of a critical path around that one person and that task.

That then helps us prioritise and say "there's another way of us being able to do that". Some of the design community is trying to automate or introduce as much automation as possible. Particularly on those areas which are repetitive tasks that then freeze up a person directly makes it more agile. The negative side of it is if you create programs like that, it becomes a black box, and it becomes than difficult to alter, to change, so how we actually again batch up those pieces of work in order to make it flexible and achievable?

M. P. thinks Six Sigma doesn't have as much significant impact. Six Sigma is looking at variation in general. So, yes, you could look at the variation that is caused by deliverable. By the work contents, do we think we are actually slipping more or less? So we have a big task .There is a big task equal that was slipping more than a little task. In each case you can get a regression line whether is curve or a straight line potentially, which gives you an understanding of the situation. He hasn't done it for a bit but when he was in program management what he ended up doing was using Monte Carlo announces to look at variation in a Project. Now at the minute, Rolls-Royce doesn't have well the ones that he has come across , the areas he has come across do not appear to be doing that kind of analysis, therefore an understanding of a package of work and therefore what type of triangular distribution is he picking for a program? And therefore, where in that distribution could a program slip? So you can use Six Sigma in that sense, to give you an overall prediction of life from a series of connected tasks and you could use it more for investigating. The project isn't doing so well at this point, so why? Why might it not be doing quite so well at this point? It tends

to be more reactive than what Lean could do, which is more proactive. How we are planning the process. If you use Lean, definition of a system, of a delivery program and then did the likes of the Monte Carlo upfront, which goes back to what he was saying earlier about the communication, about the triangles that go mad.

If you are able to understand upfront, “what is the likelihood of failing? Within what range do we think we are actually going to be able to achieve a deliverable? Lean and Six Sigma could be used in that sense, in order to get a better estimate of what the outcome is. Again by grabbing people and saying: “We think it’s achievable”, or “we do not think it’s achievable”. What do you think of some of the issues that will affect the overall deliverable? How much would be able to get around those? That’s the way that he would say that the two could be used in order to look at program management. However, the full scope of Six Sigma on Program Management, he doesn’t think has as much to offer as Lean might do, from his experience.

APÊNDICE C – MINUTOS DE ENTREVISTA COM G. W.

Date: 01/03/2016

After asked about problem in projects and their causes, such as time overruns, cost overruns and scope creep, G. W. said that problems in budget and time scales are really often. Some key problems are budget overruns and cost overruns. About scope creep, he said that it happens because one of the most typical things to do is to pin down requirements, what does the customer wants, and the customer is often quite foggy about what they want. They are either not clear of what they want or they don’t give enough time to think about it. So, you start with a very vague idea of what was required and then the main customer may change their mind, they may think more about it, they may start adding extra things in. What also happens is other people start throwing requirements in, because they may have been wanting a project themselves and they see a project going and they say: “Wow, there is a project that is rolling. Let me throw my ideas into that to see if I get my requirements seen as well. So, lots of people start throwing in extra requirements and the scope grows and grows. The results is failing to control the time scales and the budgets. So, one of the key things to do is requirement specification and trying to pin down what you are trying to do and what you are not trying to do, and this is the boundary of the project and this is what is not in it.

Another way you trying to keep that is that you have a kind of a dual level management structure. So you have a project manager who is going to manage the practical, technical part of the project, but above the project manager you have a steering committee of senior business people led by one person, a strong individual who is the project sponsor or project owner and it is the steering committee's job to maintain that scope. It's their job to say: "we are in charge of the business, we are going to define what requirements are, what we want this project to do, what the scope is, what the budget is, what is in the project, what is not in the project, where is the boundary, because it is quite difficult to maintain the boundary, and you have to have a strong business person to say "those are nice ideas to have, but they are not in my project". So it's about priorities. Would you rather let a project roll on for ten years and get everything you can dream of or would you rather have a sensible realistic project that you can achieve in two years and it's not perfect but at least you get it going? Some of the other requirements may be good requirements but you say: "OK. They are phase two, phase three". So it's about creeping that project scope. "You got to have the people with the right skills and the right experience".

Another reason projects get out of control is that you have people on the project who is not capable of doing it properly. Or you do not have enough of them and you only have one or two skilled people and then you will have a lot of people that will be put in (bad bodies). You might have some trainees, you might have some people who are inappropriate or do not have the right background. That will make you lose control of the project.

There is a very nice book it's called "The Mythical Man-Month" and it was written by Fred Brooks. He was the chief project manager and system architect of the 360 Operating System. It comes up with some interesting ideas: if your project is running over time, do not assume that throwing more people will solve the problem, because actually in the short term that will slow down your project because all the people will stop doing what they are doing in order to bring in the new people and explain what was going on. So that will slow it down. So throwing lots more people does not always solve the problem. G. W. said that he used to work in a manufacturing company that had a factory in northern France, and there was this engineering director, civil engineer, George. According to him, throwing lots more people on the project wouldn't help. Certain tasks have to be sequential. You have to finish certain tasks before starting others. He said "you cannot have a baby in one month by putting nine people to do the job." That's the kind of thing people forget about projects.

It's not like a task of primary school, a mathematic calculation: If takes 5 men a year to dig a field, how long would it take if there is 10 men? It is just a proportionality thing, but in running projects, things are a bit more complicated.

G. W. thinks that if you have got the right people, the right skills, if you understand what the tasks are, you understand the natural sequence of the task, the conditionality between the tasks – what has to follow what – and it's also about how you break it up into milestones, how you break it into stages, and this has come a classic methodology for any engineering project, whether it's mechanical engineering, civil engineering or systems engineering. You essential start up with a project proposal, that says: this is what we think we are trying to do, this is an outline budget, an outline time scale, this is a cost benefit analysis, this is what we think the benefits might be and this is what we're doing it. In lots of engineering projects, you have a sort of waterfall approach. You get a series of stages and each one has a deliverable. This is often called the waterfall model of a Project Management. We start with a project proposal – you're trying to identify what is this project all about, what you're trying to achieve, what the objectives are, then you get that signed off by the steering committee and you produce the requirements specification, which you get signed off. After that, you go into a design stage and construction stage and so.

The key thing is to have a decent methodology, you know what you are going to do in each stage and you have different challenges, you have different kinds of people involved. Of course, in the early stages you're talking to the people, the customers, to know what they want, and later on you come to technical stages, technical design and that sort of things. Having a sort of clear methodology and deliverables in each stage, you know what you are signing of, because that's one of the challenges, all we got to the end of that stage. Then you get into political issues, which are about the balance between technical knowledge and political imperatives. If you let the technicians, the technical people have total control, they will just sort of disappearing to an endless spiral trying to make the project perfect. If you let the political people have total control, they will be so obsessed by the budget, the time scales, and the end of point that they will forget about the technical realities. So you can get a sort of some complete insanities going on if you let that approach. I remember once we got a very firm directive from the chief executive to come into the engineering director who said: "you guys are always running over time with your projects. I want some discipline. It's going to be done then." So they drop the plan and they've put fix dates for each engineering

drawings and they had such a dogmatic attitude “this drawing for this component and this assembly must be issued by this date”, so the engineers ended up saying “ok, we haven’t got that far yet, we haven’t had that time to do that, so we will have a blank sheet of paper, we will put a stamp on it , we will put a date in the verse of it and we will put a note saying “details to follow”, so this is actually a blank sheet of paper, it allows you to take it of the plan so it would be the version 1. In fact, the version 1 is useless. So, it requires always a sensible trusting relationship between the politicians, the political managers and the technicians, the technical people. And it requires me to trust, it requires me to listening.

And I suppose the classic example of failure to listen to the technical people was the “Challenger Disaster”. The Space Shuttle Challenger, about 25 years ago now. It was in Ronald Reagan’s days, so it was in the 1980’s. And this shuttle, this space shuttle, from Huston, they decided to make a big public thing about it. Ronald Reagan was trying to make a lot of publicity about this. They arranged that, for the first time, they would send up a non-engineering specialist, they would send up a school teacher who could broadcast back to children across America, around the World, what it was like to live in a space shuttle. They got this woman, a school teacher, all trained up, she did years of training. Florida is usually pretty hot all the year around but it can have occasions, or days it can get underneath freezing, not quite freezing but, 3, 4, 5 degrees. So they got that schedule. It must have been a sort of a spring day. And they got this schedule. It was very public and Ronald Reagan, the President, was watching, all publicity, all the media, so this was going to be the great thing, there will going to have broadcast children around the nation. And one of the engineers said: it’s better not to launch now, the temperature is too low, he said there are rubber o-rings about the fuel tank, and then there’s outside their design limits. He said if rubber gets that cool, it contracts and it can leave fuel and if that happens, disaster will happen, because it will explode. And there was a failure of chain of trust, so the president of the United States was saying: “I’m going to be watching on the TV this evening and I’m looking forward to watch this thing.” The power came down the line to the managers who said, “This is going to go whatever”. And the engineer guy, which was very young at that time, he was overruled by the managers who rather took the attitude of “ do not bring me problems, bring me solutions”, “tell me if you are absolutely sure it’s going to fail” to which the engineer said, “no, I’m not absolutely sure, but it seems quite likely”. The

President was on the line talking and they said: “We are going to launch it”, and they launched it and it blew up and everybody was watching it on television.

G. W. says that it is another issue in projects: “have you got trust on honest communication between the technical skills and the management people? Are they listening to the technical people and making proper judgements about what is an honest concern or what is just an injured? It takes experience to know that. But it takes partnership, and it takes honest partnership and collaboration. So, you got all those sort of aspects. Theoretically, you can do all the standard things: plan, milestones, activities, deadlines, etc., but what throw this is people. This combination of people not been clear about what they want, failure to manage the requirements gathering properly interference from other people trying to get involved in it.”

G. W. said that from his experience in systems projects, you can also get bloody-mindedness and if you are doing a systems project, probably other things like civil engineering, and so on, there is a boundary around your project but some stages has to interface to somebody else’s project, and he said that he has run projects before now where he has gone to the guy who was responsible for the other side of the boundary and said “I should need your collaboration to build this interface” to which the answer is. “You will be lucky. I’m not getting involved. Build it yourself. It’s your project”. There are two reasons for that, for the refusal: One is not wishing to commit resources to another project but the other reason is more cynical of wanting to avoid risk of criticism, or more involvement. If it doesn’t go right, so if it fails, “I didn’t get involved”. So you’ve always got those cynical managers attitude. That’s human beings.

So, for G. W. some of the problems are technical, some of them you can manage by properly putting the boundaries around things and managing throw a decent methodology, and getting the right people in place, but some of it won’t work because of human attitudes. After asked about the factors that cause overtime, G. W said that one is because people misjudge it in the first place. “You misestimate it. And that is a question again about each partly, about the skills you got available, and the tools you got available, also about the technologies you are using. If you are using a well trial whether an established technology, you stand a better chance to making an honest estimate. If you are using a new, sometimes called bleeding edge technology, where you are hopeful when trying something someone has never done before, then that’s dangerous because you

do not know how long it is going to take and things may go wrong and you do not have the right skills because the people you are employing are skilled in the old ways, not in the new ways. There's also again the political pressure. All of us, when we are asked to estimate a time to complete a job, we underestimate, we always overestimate our ability, we estimate a minimum time, rather a maximum time. That is pretty human nature really. There is also a tendency to assume that people, even yourself, like robots, and you can just look at the amount of work they did, divide the work needed by the number of hours needed per activity and then it comes out. People have holidays, sickness, they have other things to do and they got to spend part of the day answering e-mails. People do not actually work 7 and a half or 8 hours a day on the project, life is not like that, so you have to take that into account.

And some people may leave, that's another thing. It's about the ability to keep the people you got for the duration of the Project. You might start off with a very good team, but if the people are very good, they are likely to be looking around for other jobs. So, you might lose some of your key people during the duration of the Project. It may have someone gone for maternity leave. I was once running a project and there was this really splendid young women and she deliberately avoided to get pregnant until the end of the project, so she could finish it, which was very noble.”

So, for G. W. problems in estimating generally occur due to over optimism about what can be achieved and also a tendency in lots of the politicians, which is explained next. One of the reasons why civil services government projects tend to fail a lot is that the deadlines are set by politicians who never made a project in their lives and do not understand it. So you get all this deadlines to meet political deadlines without any cognizance what it involves. You also get conflicts of different things going on. You have often a situation when you have a limited set of people available. They should be allocated firmly to one project or another but sometimes there are multiple projects and they will have to share some of the resources. These shared specialists resources can cause a conflict which results in one project or another being delayed because it's waiting for the previous project to finish using those resources, wherever they are.

After asked about the critical factors of success, G. W. agreed that the topics (project team – assign the right people for the right job ; communication between the technical people and the top management; requirements specification and change control) mentioned above are some of them.

He said that there are different sorts of projects in different parts of engineering. He supposes the more purely technical it is, where you are only fighting against physics or materials, for instance, the easiest it is to control it. "In some ways, the more it involves human beings, setting parameters, the more difficult it is. So system is very conceptual, so it is about people's ideas, and how an organization ought to work and therefore how a system ought to work to run the organisation. So, it's like trying to pin bees to a flower bed, you go around in circles. If you come down a level for a civil engineering project (bridges, buildings, etc.), if you are doing a development for a local government organization and you are building a new courthouse or something. Then you get a group of opinion in the council who gather all different views of what is needed, they get to argue about it and they will need to agree in order to start designing this building. They are all human beings who like arguing. Then it is difficult to pin the requirements down. In an engineering project, it's a bit more practical, you can control the materials and the equipment more. The network rail setup is absolutely classic because it's got all of that, it's got considerable technical engineering skills, a lot of high quality safety requirements, a lot of rules or regulations, what you may or may not do, or who has got the skills to upgrade points and so another rail track and a limited number of people available, a limited number of specialists tool equipment available. You get into all this sharing of resources and tools and people and skills between different projects, all of that, and you're also trying to run the railways. So, if you want to wider the M6 motorway from a six lane to an eight lane highway, then the cheapest and quickest thing to do is just close it down for two years, wider it to eight lanes and then open it up again, being normal to do that because people still want to drive up it. So, what you will end up doing is working out a sort of phase to range when you make people driving in one or two lanes through certain sections of it and then you keep the traffic flowing. In a rail, you cannot quite do that with the railways, because there's only two tracks, there's also multiple use of the tracks and there's different rail companies running on those tracks, so what they do is the maintenance people take ownership of the track for an agreed slot of time, it's either a weekend or it's overnight. If you do it like that, you've got the track for five hours per night at the beginning and end of your five hours slot you have whatever you have to do to take over the track and get it so prepared to do the repair. At the end, you have to do the reverse, so putting in back to useful state. So only the middle bit of your five hour slot is actually available for doing the work. It's a very wasteful way of doing it because ideally you would at least have to take the track for a week, but you cannot because the trains have got to run during the day. So there are

a lot of conflicts between the network rail and the train operating companies about ownership of the track, releasing the track to the maintenance people for how long their availability can be. So you got all those sort of problems of the conflict between wanting to do the maintenance work and wanting to run the trains.

APÊNDICE D – MINUTOS DE ENTREVISTA COM R. B.

Date: 04/03/2016

According to R. B., there are two areas of problems. One is when things go wrong because it is not being well managed. Things like overspend, overrun. The other one is when things go wrong because it is the wrong project. “Why are we doing this Project if it is supposed to be something else?” Sometimes people see that it is management if you produce the wrong product. “Is that failure of project management or is it failure of the specialist work within the project to identify the right solution?”

R. B. identified some categories of problems. The first one is strategically: what you want to do doesn't fit or the management upstairs don't know how to direct projects, so there is topdown failure. Project never stood a chance of succeeding. The second one is what some people perceive as project managers' fault. Either it's badly managed, the plan is wrong, the risks weren't taken into account, there weren't enough resources or they were there at the wrong time or the specialist work - engineering, marketing, etc. - wasn't done properly. “Is that a fault of project manager if specialist work isn't done properly?” So often the bosses, the seniors do not see any difference, they are not very good at distinguishing, because of usually low level of maturity in understanding. It can never be their fault.

R. B. said that the simplest way of analysing the causes of failure in projects (time overrun, cost overrun and benefits shortfall) is to look at the triple constraint (cost, time and scope). If something takes too long, it usually costs too much. So, therefore one of the things he finds is that people's plans are not built to take account all the risks that they already know of. The other is the problem of getting resources. Resources have to be skilled and competent to undertake those specialist work

that they are there to do. Many organizations work in a matrix where departments are vertical and projects are horizontal. In many organisations, the power of the line manager is much greater than the project manager, so the line managers can choose the amount of people and the most skilled people to work with them, leaving the project managers a lack of enough qualified resources to work in the project teams. So, lots of failures are related to these two examples: project manager fails to plan taking into account all the risks and the up level, when the organization makes it very difficult to the project manager to succeed by limiting their resources in some way, rather intentionally or unintentionally.

After asked about the causes of other problems such as the customer satisfaction in the end of the project, R. B. explained that there is a procedure called “verifying”, which is basically to build a prototype as specified in the requirements of the project to check if what has been produced is really what the customer wants. One of the examples given, was the development of a software. In this case, you would build a mock-up of what the screen looks like, people can click on and you do things to prototype or to simulate.

For R. B., success is still in the eyes of the person who sees it. He has seen projects where they overspent, they were late and the quality was been a bit dodgy and the customer loved it. That is success. After asked about the causes of scope creep, R. B. said that scope creep happens because the customer either doesn't know what they want, but also because they get too excited about what they're getting. If they do not know what they want, scope creep is how they find out what they want, and a proper change management is necessary to control it. In the software world, the way of institutionalizing scope creep is called Agile. If the scope is crept and crept, the things becomes unwilling, and then it's up to the project manager to realize that this thing is becoming a bit out of control. And the things may start going wrong, if the sponsorship of the Project is weak - which is another top down failure - to say “actually I need primarily to look at this and that. This is the problem I'm really trying to solve, let's focus on that. Let's look at those other things as opportunities.” Unless that's something really beneficial, you must say “let's focus on the main Project”. What R. B. tends to do is to start a second project, to deal with it, with the same engineering staff, but the priority is the first Project. So you've contained it.

For R. B., the critical factors that lead to successful projects are: clear and responsive sponsorship; skilled and competent project manager; applying the basic project management techniques effectively, so planning risks management and issues management. A risk is something, a threat or an opportunity, that will impact the project subjective. It is something it might happen and you have to think of a new plan. An issue is something like a risk that has happened and now you got to something. Or it's something unknown that has just hit us from behind, we did not realize it was coming, something unexpected. So risk can become an issue, and when you solve an issue you can either solve it by just swatting it out, and the project plan is essentially unchanged, or you might need to have a change to the project plan/scope in order to sort that out. And every time when you have an issue sorted out, there might be residual risk.

R. B. stated that he has come across Lean and Six Sigma briefly. He started looking at it in his last company but mainly applying it in sort of process basis. But he started looking at it in terms of behaviours and principles that are good for project management. He said that Lean and Six Sigma are different things. Six Sigma is very much for manufacturing, standard deviations, whatever else. You have to have populations and stuff to monitor statistically, it is statistics based of. Lean is much more mind-set and so, the trouble is people. It comes trendy when you get the people in the top talking around "oh we're a lean company". We have started talking about Mackenzie and read their papers on Agility. Well, there's nothing to do about that software stuff. Basically it is Matrix Management. So Lean System is the same thing. He said that his own experience through Lean is very limited. They've started putting it in his last company and it's about solving problems and to him the way it would be implemented didn't look very "lean". The simplest thing was taking months to do because he thinks there are missing the central mind-set differences.

After asking the interviewer an example of the application of Six Sigma in Project Management and he talked about the possibility of applying in Planning based on past performance, R. B. agreed that Six Sigma could be useful in project management. He said that in terms of time, cost and quality, measures could be gotten to help estimation. "In civil engineering projects, we use to work out how many drawings it will need to do the design and we use to know the cost per drawing and this was before Six Sigma was invented. We used statistics to estimate."

About Lean Manufacturing, R. B. said that “ if you’re managing a Project, to think of the Lean Principles in terms of the aim of what you are doing and how you are going to get there , you cannot argue with it. The CMMI for development says if an organization creating stuff wants to be successful, they have to be good at managing, they have to be good at producing the product they are producing and they have to have an eye to quality.” And if those three overlap, and unless you manage the three together, you’re going to fail. “Brilliant project manager, lousy engineer, we’ve talked about that. Brilliant engineer, lousy project manager, the project will be late and the quality won’t be really good.” “These sorts of views very much can help in formulating a project. The thing is where was really done for manufacturing originally, and also process flow, so hospitals often can look at Lean and in UK they use Lean to work out patient half way that a patient arrives, before they end up in a bed in an operating field, then back home.

So he thinks it’s more effective on those, because if you apply Six Sigma, you start getting statistics to prove whether it’s working, you use the whole thing as an experiment.” Unfortunately, in a project you cannot keep experimenting. You do it and it’s gone. So, if you do a lot of projects, or you do a lot of work, you can apply Lean and Six Sigma to that work, that specialist work to improve how you do it. And sometimes people confuse that with Project management. So, if you are in a small in-house software department, all you do is to do software, and you work with any project that the company gives you. Then, you are essentially doing the same stuff. So you have your software development method. This is how we develop software. Then you do it in this project, this project and this project. So you can apply Lean and Six Sigma to how you do that, because each project you work on is an experiment. And you, as a department improve, is that improving Project management? No, it is not. It’s improving the erformance of the projects that you work on. Maybe, if you are the critical element. What it’s doing is making you really good at your part of that project. But the project fails on the weakest link. If you are using Lean in that way you are not improving project management, you’re merely improving the development of software.

Unfortunately, you will see lots of papers written by this, because they think software development is project management. It is not, it’s software development. So that’s why you should be very careful to distinguish. And what people say in the words they use may be misleading. If you take the word Program and Project, they use them interchangeably. If you research, they are saying that the word Project and Program, they are using them indiscriminately and that Program word is more

associated to success and Project word more associated with failure. So if you are a senior manager, you will definitely start a program. And there is no rational behind any of it whatsoever. So the biggest drag on project management is people thinking IT development is Project management.

Because they lost sight. Because they lost sight of the rest. For example, some companies say: “I have an IT Project and the business Project.” If you got IT Development and you do not do anything with it, it’s useless. That is worth nothing. Until you put in the business change, the preparation for business change, training, coaching, whatever else is needed. Another change is to absorb the use of that technology to benefit the company. You haven’t got a Project, you have got a bit of it.

APÊNDICE E – MINUTOS DE ENTREVISTA COM K. A.

Data: 04/03/2016

K. A. said that she had lots of problems in projects. Projects are unique by definition. According to her, quite often is the first time that they are doing the activity. Particularly, she has worked in certain projects that have a customer requirement. Therefore they were satisfying the customer and sometimes those requirements can change and you have to make sure that you have a robust change control process. It is important to manage the customer, the changing control process and, sometimes, the expectation has not been clear. Quite often the customers do not know exactly what they want so we are trying to understand what they want, so the original pricing might be based on a set of assumptions, and it is down to the project manager to make them sure that they understand those assumptions and they know if there is going to be any impact on cost or time if any of those assumptions maybe change or are incorrect.

The other thing is resources. Getting resources sometimes can be tricky. She has worked on projects where she had resources conflicts with operational requirements, proving why her project is important. And also with equipment coming out of a factory, that can be quite tricky to get the right thing. So, lots of things happen in projects that you are not expecting. For K. A., one of the keys to a good project manager is good planning and scheduling. “However, you are not going to have a 100% perfect plan, you plan as much as you can. You have to be able to manage the changes and think about contingency and risk management.” She gave an example of a situation when an issue

that happened which was not expected. So, they had to have lots of investigation of why it happened, what happened, how they could prevent happening again.

When asked about the impact in the quality of the project due to budget and time overruns, K. A. said that it depends on if you have a fixed price contract and you have to deliver for that price. The same could happen with a fixed deadline. In the Olympics, for example, time is most important and you have to deliver that. It could result in a huge cost increase, since cost and quality would have potentially been the moveable things because time wasn't.

When asked about communications in projects and if it could be a problem, K. A. said that the size of the project makes communication harder. "Communication is part of leadership, project management and people. The people aspect of project management". According to her, communication is one aspect of leadership and you can set communication process, processes procedures, methods, to improve the communication among the project team and the communication with suppliers and customers. One way trying to ensure whether the communication is effective is in the planning stages to have your communications plan and set out how you will communicate with all the key stakeholders in your project . That is something that a good project manager would do.

After asked about the critical factors that lead to successful projects, K. A. agreed that the factors mentioned before (resources, leadership, planning and change management) are CSF. She added that monitoring and controlling the project is also a critical factor of success in this case. Some problems could happen in monitoring and controlling and it is part of risk management to have some mitigation and contingency. What could go wrong, that would impact the delivery of the project? So that maybe when things do change you are able to deal with those effectively. And also, in terms of monitoring and control, having regular meetings, and knowing what is going on instantly. If something happens to that project, the project manager needs to know about it instantly. So, one part of this is leadership because it's building up the relationship with the key stakeholders, that they feel they can report and obviously the project lifecycle monitoring and controlling throughout implementation and doing your close out effectively and lessons learning effectively .

When asked about scope creep and change management, K. A. said that it is down to the project manager to be very clear on where the project starts and where the project ends, so a project has a

defined start and finish date. Program might not, because they might be more delivering change management . Typically a project is delivering the output. For her, there should always be a defined start and a defined end in the project. You can divide your project into phases, so maybe when they say there is a scope creep, actually is going into a different phase, or if the requirements change than the project manager should then say “are we starting a new project?” “Because it has changed”, “or we are adding it into the scope and therefore we are having a change management”. “Did we extend the time scales?” A good project manager will keep in focus the start and end date and deliver to that end date. And if, for any reason, that end date changes, they will know why and they will then negotiate on that, a new project, new phase or change the end date.

K. A. has not had any particularly direct experience of Lean and Six Sigma for project management. She said that they are reinventing the wheel every time they start a new project. In terms of Lean and Six Sigma implementing those on project management. Lean is about reducing waste, it is all about efficient and effective. So the project manager should have that in mind whether they can. For example, agile project management might fit in that in terms of making sure that all the work that is done is required by the project and leadership that the project manager is checking if that work is getting done effectively and efficiently. As well as obviously the wide of the project team are doing what are they agreed to do.

In terms of Six Sigma, it is about reducing variability. Project by definition is unique. However having said that, there are several projects that K. A. has worked on, for example, on implementing a telecommunications for one costumer and then implementing a telecommunications for a different costumer and there is quite a lot of similarities, because quite a lot of the equipment will be the same, quite a lot of the deliverables, and you know what you need to do to deliver the communications, although you have a different costumer, so the variability is more about the schedule, is more about the cost negotiated, is more about the differences between delivering this telecommunications in Birmingham versus delivering it in Scotland, and there are different issues, there are lots of things that might be the same, such as access to site. However, you are dealing with different people, different ways of working. So in that, in those type of projects, there is quite a lot of similarity, so Six Sigma might be useful.