

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL VII

CHARLES ALBERT BONNEVIALLE JUNIOR

**DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE CONTROLE E GESTÃO TEMPORAL
DE PROJETOS EM UM SETOR DE ENGENHARIA: uma aplicação de
pesquisa operacional**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2015

CHARLES ALBERT BONNEVIALLE JUNIOR

**DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE CONTROLE E GESTÃO TEMPORAL
DE PROJETOS EM UM SETOR DE ENGENHARIA: uma aplicação de
pesquisa operacional**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Automação Industrial VII da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Leandro Stebel

CURITIBA

2015

TERMO DE APROVAÇÃO

CHARLES ALBERT BONNEVIALLE JUNIOR

DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE CONTROLE E GESTÃO TEMPORAL DE PROJETOS EM UM SETOR DE ENGENHARIA: uma aplicação de pesquisa operacional

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 20 de novembro de 2015, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Automação Industrial, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.sc Guilherme Alceu Schneider
Professor UTFPR

Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas
Professor UTFPR

Prof. Dr. Sergio Leandro Stebel
Orientador - UTFPR

RESUMO

BONNEVIALLE, Charles A Jr. **Definição do problema de controle e gestão temporal de projetos em um setor de engenharia: uma aplicação de pesquisa operacional.** 2015. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Automação Industrial) – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

Este trabalho trata da análise do problema de gestão temporal de projetos em um setor de engenharia de desenvolvimento de produtos de um ponto de vista da pesquisa operacional. Dado um conjunto (portfólio) de projetos e um conjunto de recursos para executá-los, os projetos serão provavelmente concluídos no prazo? Caso contrário, qual será o atraso estimado em quais projetos? Embora não modele este problema, o presente trabalho discute e explicita a definição do problema e possíveis hipóteses a serem tomadas, para que futuros trabalhos possam dar o passo adicional de criar modelos.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional. Gestão de Projetos. Gestão do Tempo.

ABSTRACT

BONNEVIALLE, Charles A Jr. **Project control and time management problem definition in a engineering department: an opearations research application.** 2015. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Automação Industrial) – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

This paper approaches the project time management for a product development engineering department from an operation's research point of view. Given a set of project (a project portfolio) and a set of resources to execute them, will the projects have a high chance of being done before the deadline? Otherwise, what will be the estimate delay, and in which projects? Even though this paper does not attempt to model the problem, it analyses and explains the definition of the problem and possible hipotesis that may be assumed, so that future researches may use it to take the next step of creating models.

Keywords: Operations Research. Project Management. Time Management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – A escolha do processo influenciada pela customização e pelo volume de produção	12
Figura 2 – Organograma do setor	17
Figura 3 – Dados de entrada dos projetos	24
Figura 4 – Rede PERT para o Projeto 1.....	24
Figura 5 – Dados das atividades do Projeto 1	24
Figura 6 – Rede PERT para o Projeto 2.....	25
Figura 7 – Dados das atividades do Projeto 2.....	25
Figura 8 – Rol de recursos disponíveis para os projetos	25
Figura 9 – Gráfico de Gantt sem restrição de recursos para o problema exemplo ...	26
Figura 10 – Cronograma obtido pela aplicação da minimização do <i>makespan</i>	32
Figura 11 – Cronograma obtido pela aplicação da minimização dos atrasos ponderados	34
Figura 12 – Controle de atividades desenvolvido pelo autor	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
1.1	TEMA.....	4
1.2	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	5
1.3	PROBLEMA.....	5
1.4	OBJETIVOS	6
1.4.1	Objetivo Geral.....	6
1.4.2	Objetivos Específicos	6
1.5	JUSTIFICATIVA.....	7
1.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	7
1.7	EMBASAMENTO TEÓRICO	7
1.8	ESTRUTURA DO TRABALHO	8
2	REVISÃO DE CONCEITOS DE GESTÃO E FUNCIONAMENTO DO SETOR ...	9
2.1	OPERAÇÕES.....	9
2.1.1	Processos.....	9
2.1.2	Administração de Operações	10
2.1.3	Estratégias de Operações	10
2.1.4	Escolha de Processos	11
2.2	REVISÃO DE GESTÃO DE PROJETOS.....	12
2.2.1	Projeto	13
2.2.2	Relações entre Projetos, Programas e Portfolios	13
2.2.3	Definição de Gestão de Projetos	14
2.3	DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS NO SETOR ESTUDADO	16
3	ABORDAGENS E TÉCNICAS DE RESOLUÇÃO	18
3.1	ABORDAGEM DA PESQUISA OPERACIONAL	18
3.2	MÉTODOS DA PO PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	19
3.2.1	Programação Linear	19
3.2.2	Problema de designação, transporte e modelos de otimização de redes.....	21
3.2.3	Modelo de rede aplicado a projetos (PERT/CPM).....	21
3.2.4	Sequenciamento de tarefas ou <i>Scheduling</i>	22
4	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE CONTROLE DOS PROJETOS	23
4.1	TÁTICA ESCOLHIDA	23
4.2	ENUNCIADO INICIAL.....	23

4.3	DADOS DE ENTRADA DO PROBLEMA.....	26
4.3.1	Projetos e seus dados	27
4.3.2	Recursos	27
4.3.3	Tarefas	28
4.3.4	Restrições.....	30
4.3.5	Acompanhamento.....	30
4.4	ELEMENTOS DA SOLUÇÃO DO PROBLEMA.....	30
4.4.1	Definição da função objetivo (FO)	31
4.4.1.1	<i>Minimizar tempo total ou makespan</i>	31
4.4.1.2	<i>Minimizar o atraso ponderado</i>	32
4.4.2	Considerar a capacidade dos recursos	34
4.4.3	Capacidade de atualização rápida	35
4.4.4	Armazenagem do plano inicial.....	35
4.5	CARACTERÍSTICAS NOTÁVEIS DA APLICAÇÃO PRÁTICA.....	36
4.5.1	Capacidade Ociosa	36
4.5.2	Redução da duração através do uso de mais recursos.....	36
4.5.3	Sobrecarga de recursos	36
4.5.4	Capacidade de reserva.....	37
4.6	ACOMPANHAMENTO COMO FORMA DE GARANTIR A EXECUÇÃO DO PROJETO NO PRAZO.....	37
4.6.1	Níveis de acompanhamento e indicadores de progresso	39
4.7	DADOS DE SAÍDA	39
4.7.1	Dados de saída principais	39
4.7.2	Dados de saída opcionais	40
5	CONCLUSÕES	41

1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo serão apresentados tema, delimitação do estudo, problemas, premissas, objetivos, justificativa e procedimento metodológico.

1.1 TEMA

Na busca pelo sucesso de empresas das mais variadas áreas, o assunto da automação nunca esteve tão presente.

Com o avanço das máquinas, técnicas e tecnologias, tende-se a livrar o homem das tarefas que uma máquina ou computador possam realizar, de modo a aumentar a produtividade e confiabilidade de processos dos mais variados tipos.

Em particular na área de pesquisa operacional (chamada comumente de PO), visam-se auxiliar e, até certo ponto, automatizar o processo decisório sobre alocação de recursos dos mais variados tipos. Ou seja, estende a tendência de reduzir a necessidade de mão de obra humana também no domínio das atividades ditas intelectuais, como a gestão de projetos.

Na gestão de projetos, o uso de indicadores é uma técnica amplamente utilizada. Com a medição da qualidade e eficiência do trabalho realizado em um setor usando indicadores, é possível constatar onde uma empresa está sendo eficiente ou deficitária. Além de essencial de um ponto de vista de gestão, a medição de tais índices possibilita que se vislumbre a aplicação de pesquisa operacional na coordenação de um setor, sobretudo onde existam problemas de sequenciamento de tarefas.

Este trabalho trata do estudo da combinação de técnicas de automação e gestão com o objetivo de auxiliar o processo decisório quanto à gestão do tempo e dos recursos de um setor. Especificamente, deseja-se problematizar a otimização da gestão de um setor de engenharia de desenvolvimento de produtos, ou seja, delimitar o problema de um ponto de vista matemático, explorando-se os principais dados de entrada, cálculos, premissas e dados de saída.

Todo o trabalho terá como principal *case* o funcionamento de um setor real de engenharia, visando, além da exploração acadêmica, gerar informações úteis para a empresa que será estudada.

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O tema central é a gestão de projetos de engenharia com foco na gestão de recursos e prazos com o objetivo de reduzir ao máximo os atrasos causados pelo setor ao projeto.

Serão feitas várias simplificações e hipóteses, pois o problema é demasiado complexo para o escopo temporal deste trabalho, sempre sendo guiadas pelo problema real do setor de engenharia estudado. A cada premissa adotada, será feita uma comparação com o processo real do setor.

Este trabalho visa problematizar a gestão de um setor pela abordagem da pesquisa operacional, e não modelar ou resolver o problema em si. Não se entrará no mérito de modelos matemáticos ou resultados numéricos. Deseja-se que este trabalho possa auxiliar no desenvolvimento de outras pesquisas mais aprofundadas no mesmo assunto para obter modelos matemáticos e resultados aplicados.

1.3 PROBLEMA

A análise será feita em uma empresa de bens de consumo que possui vários setores de engenharia de desenvolvimento de produtos divididos por linha de produto e por mercado. O estudo será delimitado a um desses setores, o setor de engenharia de produtos para exportação (chamada também simplesmente de Exportação). O maior desafio do setor de engenharia em questão é a gestão de uma grande quantidade de projetos desenvolvidos paralelamente com uma equipe reduzida.

O setor de Exportação, embora seja responsável por um volume de vendas muito menor do que as vendas no mercado interno, é de importância estratégica para a empresa, pois, em momentos negativos da economia brasileira e desvalorização do Real, os preços dos produtos produzidos no Brasil se tornam mais competitivos no exterior, ao mesmo tempo em que as vendas no Brasil diminuem.

Em seu gerenciamento, o setor tem algumas condições desfavoráveis: projetos muito numerosos (ainda que sejam simples); poucos recursos humanos em relação a outros setores; projetos com prioridades diferentes e projetos paralelos que compartilham recursos. Perguntas como: “Qual das atividades é prioritária?”,

“Qual será o atraso em um dado projeto?”, “Como a adição de mais um projeto afeta o prazo de entrega dos demais projetos?”, ficam muitas vezes sem uma resposta ótima.

Neste contexto, é evidente a dificuldade de monitorar e controlar a qualidade, os prazos e os possíveis atrasos nos projetos do setor. A pergunta a que este trabalho se propõe a responder é: como poderia ser utilizada a pesquisa operacional no auxílio da gestão de um setor, com o objetivo de prever e minimizar os atrasos nos projetos?

Tendo um sistema com dados suficientes, e um cálculo para otimização do sequenciamento de tarefas, seria possível responder a essas e outras perguntas críticas para o controle da *performance* do setor.

Uma vez que serão controlados os recursos de apenas um setor, considera-se que os demais setores da empresa sempre cumprirão os prazos estabelecidos para as tarefas que os envolvam, ou seja, terão seus recursos considerados inacabáveis.

1.4 OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados os objetivos geral e específicos.

1.4.1 Objetivo Geral

Propor uma problematização de Pesquisa Operacional para controle e gestão de cronogramas de projetos em um setor de engenharia.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Estudar e revisar os aspectos de gestão de projetos que se visa modelar;
- Explorar possíveis abordagens para o problema;
- Problematização do case de acordo com a abordagem escolhida;
- Analisar hipóteses e simplificações que podem ou não ser aplicadas ao problema;

- Identificar dados de entrada e de saída para a resolução do problema.

1.5 JUSTIFICATIVA

A gestão de um setor como o de Exportação é de grande dificuldade e exige maturidade no planejamento e execução por parte do gestor e da equipe. Um método de auxílio para o gerenciamento do setor é de extrema valia para facilitar o controle de prazos e carga de trabalho, permitindo dimensionar corretamente a equipe e obter uma elevada performance.

Este trabalho é motivado pela lacuna que existe na área de métodos de automatização aplicada à gestão de projetos, bem como nos significativos ganhos que podem ser tirados da exploração dessa combinação de técnicas em empresas, como cortes de custos e aumento da eficiência. Espera-se auxiliar pesquisas semelhantes em outros setores.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto aos objetivos, o presente trabalho é uma pesquisa do tipo Exploratória, pois visa a explicitação de um problema. (GIL, 2008)

Quanto aos procedimentos técnicos é uma Pesquisa-Ação, ou seja, com base empírica e concebida para a resolução de um problema específico (GIL, 2008).

Quanto às fontes dos dados, é principalmente uma pesquisa bibliográfica, e em parte empírica, observada, medida e elaborada na empresa em questão.

1.7 EMBASAMENTO TEÓRICO

O trabalho é apoiado fortemente na teoria de pesquisa operacional e em gestão de projetos. Como principais referências sobre pesquisa operacional cita-se Hillier e Liebermann (2013). Na parte de processos de gestão de projetos, a principal referência foi o livro de Ritzman e Krajewski (2004), além da quinta edição do guia PMBOK® (2013) disponibilizado pelo Project Management Institute. Finalmente, nos assuntos de sequenciamento de tarefas e técnicas de otimização aplicada a gestão, a principal fonte foi o livro de Badiru (2012).

1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido nos seguintes capítulos:

Capítulo 1 – Introdução.

Capítulo 2 – Revisão de Conceitos de Gestão e Funcionamento do Setor: será realizada uma breve revisão de conceitos-chave de gestão de projetos para a compreensão do trabalho.

Capítulo 3 – Abordagens e Técnicas de Resolução: serão exploradas possíveis técnicas para estudo do problema em questão.

Capítulo 4 – Definição do Problema de Controle dos Projetos: escolhida a abordagem, faz-se a definição do problema.

Capítulo 5 – Considerações Finais: serão retomados a pergunta de pesquisa e os seus objetivos e apontado como foram solucionados, respondidos, atingidos, por meio do trabalho realizado. Além disto, serão sugeridos trabalhos futuros que poderiam ser realizados a partir do estudo realizado.

Capítulo 6 – Referências.

2 REVISÃO DE CONCEITOS DE GESTÃO E FUNCIONAMENTO DO SETOR

Neste capítulo serão revistos conceitos de gestão de operações, processos e projetos, bem como será explicado o funcionamento do setor de engenharia de projetos em estudo.

2.1 OPERAÇÕES

A gestão de projetos é uma disciplina pertencente a uma área do conhecimento chamada frequentemente de Administração de operações (RITZMANN e KRAJEWSKI, 2004). Por este fato, nesta seção exploraremos alguns conceitos dessa área para alicerçar a sequência do texto.

2.1.1 Processos

De acordo com Ritzmann e Krajewski (2004), um processo é uma ou várias atividades que partem de insumos, transformam-lhes agregando valor e criam produtos (resultados) para clientes. Outra visão do conceito de processo seria uma sequência de passos que levam à transformação de um insumo em resultado.

Embora estas definições possam parecer direcionadas à manufatura, elas também se aplicam a uma diversidade de outras áreas, já que os termos insumos, transformação, resultados e clientes podem ser aplicados em vários contextos. Por exemplo, veremos mais adiante que o gerenciamento de projetos também é um processo, que parte de uma necessidade de projeto, transforma-a em um planejamento e acompanhamento e, após várias etapas, entrega um resultado para os clientes internos e externos.

Um processo pode ser desmembrado em vários subprocessos, que podem ser executados tanto sequencialmente quanto independentemente (RITZMANN e KRAJEWSKI, 2004).

2.1.2 Administração de Operações

A administração de operações consiste no controle e direção dos processos, ou seja, é responsável por criar, alterar ou eliminar processos para atingir os objetivos da empresa. Numa interpretação ampla, a administração de operações está em todos os setores de uma empresa, criando e adaptando os processos pertinentes a cada setor.

Numa interpretação mais restrita, “Operações” em uma empresa consiste em um departamento específico, que é o responsável pelos processos que criam os produtos primários para clientes externos. Por exemplo: em uma empresa que fabrica bens de consumo, seriam os setores de manufatura e engenharia industrial.

2.1.3 Estratégias de Operações

Tanto no ramo de prestação de serviços quanto de fabricação, existem algumas estratégias notáveis aplicadas às operações.

Na prestação de serviços, tem-se a estratégia de serviços padronizados, onde o serviço muda muito pouco independente do cliente. Trabalha-se com volume elevado, alta sistematização, atividades repetitivas e baixos custos, um exemplo seria o serviço dos Correios.

Na outra extremidade, encontra-se a estratégia de serviços customizados, onde se presta um serviço personalizado ao cliente. As prioridades são o alto desempenho e a customização. Os volumes são menores, porém as margens de lucro tendem a ser mais altas. Um exemplo seria o atendimento a um cliente em uma clínica média, onde cada cliente receberá uma sequência de serviços diferentes (exames, radiografia, consulta a especialistas, entre outros) e que mudam a cada cliente dependendo de sua necessidade.

Entre os dois modelos citados acima, localiza-se a estratégia de serviços de atendimento por encomenda, em que se prevê certa flexibilidade através de pacotes de serviços que podem ser contratados dependendo da necessidade do cliente. Por exemplo, um provedor de internet pode ter várias opções de serviços, (telefonia, televisão a cabo) que podem ser combinadas em planos para atender às necessidades dos clientes, porém não são criados planos exclusivamente para atender a um cliente.

Já no ramo de estratégias de fabricação, a existência de um estoque necessita de estratégias diferentes.

A estratégia de produzir para estoque (ou em inglês *make-to-stock*) visa manter uma oferta de itens para entrega imediata ao cliente sem que ele tenha que necessariamente aguardar a produção. Esta estratégia é viável quando os produtos e processos são padronizados e vendidos em elevado volume e existe uma previsão estável e confiável de vendas, como por exemplo, a indústria automotiva de Ford. Com frequência é chamada de produção em massa a operação das empresas que usam esta estratégia, em que se visa baixo custo e qualidade consistente.

Analogamente aos serviços customizados, existe a estratégia de fabricar por encomenda (em inglês *design-to-order*), em que a principal prioridade é a customização, pois cada cliente tem uma necessidade diferente e está disposto a pagar por isso. Os volumes são baixos e o custo é alto como, por exemplo, na fabricação de máquinas especiais para indústria, equipamentos médicos especiais e casas de luxo.

Finalmente, um meio termo entre as duas estratégias de fabricação citadas é a montagem por encomenda (ou *make-to-order*) em que os produtos serão fabricados após a colocação do pedido, porém são produtos feitos de módulos padronizados. É oferecida ao cliente, principalmente, a escolha da combinação de características e raramente o desenvolvimento de uma nova variante do produto. Quando uma nova combinação é desenvolvida para atender a um pedido, ela se torna um novo item de prateleira e passa a poder ser vendida novamente com menor prazo de entrega.

Neste trabalho, quando o escopo for a empresa, serão utilizados termos relativos à fabricação, e quando se falar do setor de Exportação será utilizada a perspectiva de serviços.

2.1.4 Escolha de Processos

Em função da natureza da demanda do produto ou serviço, diferentes processos poderão ser adotados por uma empresa. Os processos são distribuídos em um espectro como mostra a Figura 1.

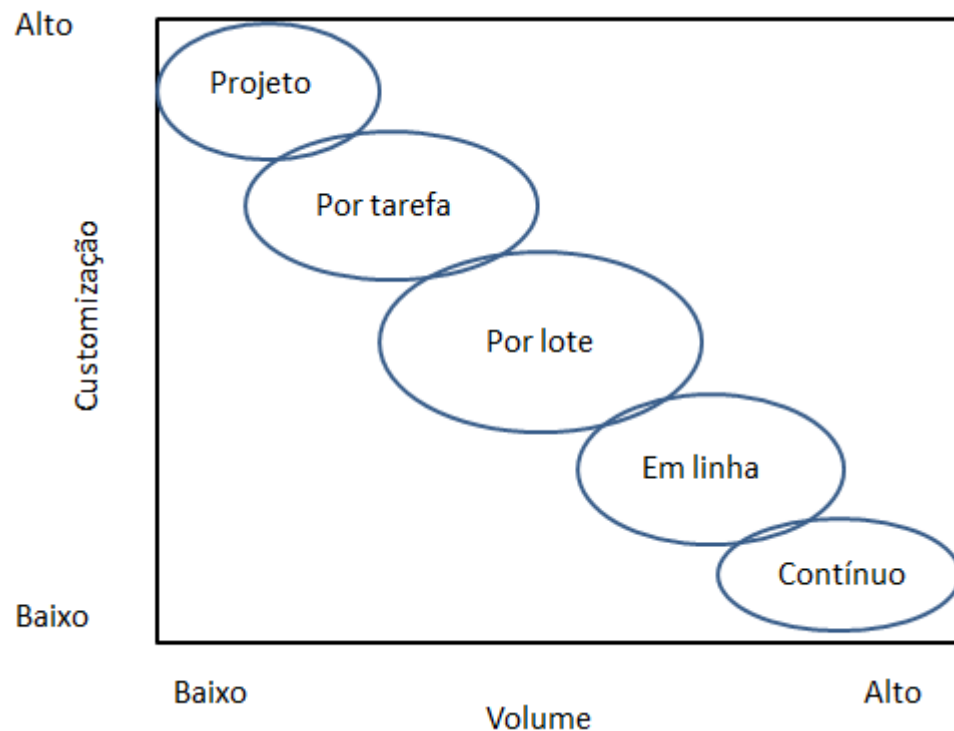


Figura 1. A escolha do processo influenciada pela customização e pelo volume da produção.

Fonte: adaptado de RITZMANN e KRAJEWSKI, 2004.

A natureza do negócio, as características intrínsecas ao produto ou o serviço a ser entregue e a importância relativa das prioridades competitivas impactam drasticamente na escolha dos processos de uma empresa.

A empresa estudada neste trabalho é uma fábrica de bens de consumo de grande variedade, por isso seu processo se encontra na região processo por lote. Já o setor de engenharia, que realiza serviços únicos de desenvolvimento de produtos, enquadra-se no processo de projeto. O restante do capítulo detalhará este processo dentro do escopo do presente trabalho.

2.2 REVISÃO DE GESTÃO DE PROJETOS

Nesta seção veremos conceitos-chave para a compreensão da gestão de projetos.

2.2.1 Projeto

De acordo com o Project Management Institute (PMI) em seu Guia PMBOK® (2013), um projeto é:

“...um conjunto de atividades temporárias, realizadas em grupo, destinadas a produzir um produto, serviço ou resultado únicos. Um projeto é temporário no sentido de que tem um início e fim definidos no tempo, e, por isso, um escopo e recursos definidos. E um projeto é único no sentido de que não se trata de uma operação de rotina, mas um conjunto específico de operações destinadas a atingir um objetivo em particular. Assim, uma equipe de projeto inclui pessoas que geralmente não trabalham juntas – algumas vezes vindas de diferentes organizações e de múltiplas geografias.”

Como exemplos de projetos têm-se: desenvolvimento de softwares; construção civil; esforços de resgate em áreas afetadas por desastres naturais e desenvolvimento de um novo produto ou serviço.

Para cada tipo de projeto existe um tipo de gerenciamento que deve ser usado para que sejam atingidas as metas de resultado, integração e aprendizado dentro do orçamento e prazo previstos (Guia PMBOK®, 2013).

2.2.2 Relações entre Projetos, Programas e Portfólios

Dentro de uma empresa ou organização, os projetos são agrupados de acordo com programas e portfólios. Um programa é um conjunto de projetos, operações e, possivelmente, subprogramas, todos com um mesmo objetivo. Um programa de combate à dengue, por exemplo, é composto de vários projetos, podendo atuar em diversos aspectos do combate à doença.

Um portfólio é um conjunto de projetos, programas, operações e possivelmente subportfólios que não necessariamente compartilham objetivos. Geralmente o ponto em comum entre os componentes de um portfólio é que todos são pertinentes a uma mesma empresa, órgão ou equipe. Exemplo: o portfólio de novos lançamentos de produtos de uma empresa de bens de consumo, também chamado de Plano Gerador, é composto de vários projetos que podem desenvolver

produtos totalmente diferentes para diferentes clientes e consumidores.

2.2.3 Definição de Gestão de Projetos

Novamente, segundo o PMI (2015):

“O Gerenciamento de Projetos, portanto, é a aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas para a execução de projetos de forma efetiva e eficaz. Trata-se de uma competência estratégica para organizações, permitindo com que elas unam os resultados dos projetos com os objetivos do negócio – e, assim, melhor competir em seus mercados.”

Como a gestão de projetos é um conceito amplo e logicamente decorrente da existência de projetos, ela foi praticada informalmente desde a execução do primeiro projeto. Porém, como profissão distinta, surgiu apenas em meados do século XX.

Segundo o PMBOK® (2013), o gerenciamento de projetos é realizado pela aplicação e integração apropriada dos 47 processos de gerenciamento agrupados logicamente, categorizados em cinco Grupos de Processo, a saber:

- Início;
- Planejamento;
- Execução;
- Monitoramento e controle e
- Encerramento.

As principais etapas encontradas na gestão de projetos são:

- Identificar os requisitos;
- Atender no planejamento e execução às necessidades, preocupações e expectativas das partes interessadas;
- Desenvolver, manter e realizar a comunicação entre partes interessadas ativas e efetivas no projeto.
- Gerenciar as partes interessadas para que os requisitos de projeto sejam cumpridos e os resultados entregues.

- Equilibrar as restrições de projeto que competem entre si, por exemplo:
 - Escopo
 - Qualidade
 - Prazo
 - Recursos
 - Riscos

As características e circunstâncias específicas do projeto podem influenciar na decisão de quais restrições são as mais relevantes para a equipe de gestão do projeto.

As relações entre esses fatores é tal que, se um deles muda, o outro provavelmente será afetado. Por exemplo, se o prazo é reduzido, frequentemente o orçamento terá que ser aumentado para comportar recursos adicionais necessários para completar o mesmo trabalho em menos tempo. Se um aumento no orçamento não é possível, os alvos de Escopo ou Qualidade podem precisar de redução para que a entrega do resultado do projeto possa ocorrer em menos tempo e com o mesmo orçamento.

As partes interessadas podem ter ideias diferentes quanto à importância de cada fator, criando um desafio ainda maior. Mudar os requisitos ou objetivos do projeto pode criar riscos adicionais. A equipe de projeto precisa ser capaz de avaliar a situação, pesar as demandas e manter comunicação proativa com as partes interessadas para entregar um projeto bem sucedido.

Devido ao potencial de mudança, o desenvolvimento de um plano de gestão de projeto é uma atividade iterativa e é elaborado progressivamente ao longo do ciclo de vida do projeto. Elaboração progressiva envolve melhoria e detalhamento contínuos à medida que informações mais detalhadas e precisas se tornam disponíveis.

A elaboração progressiva permite que uma equipe de gestão de projetos defina o trabalho e o gerencie de maneira cada vez mais detalhada à medida que o projeto evolui (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Disponível em: <<https://brasil.pmi.org/brazil/AboutUs/WhatIsProjectManagement.aspx>>. Acesso em 13 jul. 2015).

2.3 DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS NO SETOR ESTUDADO

Seguindo um modelo bastante consolidado, os projetos na Exportação seguem o seguinte fluxo, esquematizado na Figura 2.

- A. Vendas e Marketing enxergam a oportunidade de negócio, ou seja, que existe uma demanda em um mercado por um produto com certas características como: modelo de produto, cor, forma, linguagem e funções. Além disso, devem estimar o volume anual e a data desejada de primeira venda. Este “desejo do cliente” é consolidado no que se chama de Requisição de Nova Variante (RNV).
- B. O gerente de engenharia discute com Vendas e Marketing, valida a proposta, determina o responsável (ou líder de projeto, geralmente um engenheiro) e o time de projeto.
- C. O responsável (líder de projeto), com o auxílio do time de projeto, analisa profundamente o trabalho a ser feito, estima custos e investimentos assim como cronograma inicial do projeto e, caso haja riscos de que o projeto não dê lucro ou não seja entregue no prazo, informa os gerentes responsáveis para um ciclo de negociação.
- D. Uma vez de acordo, é publicado em reunião com a diretoria de vários setores da empresa qual o cronograma e custo do projeto. Neste momento a diretoria pode ordenar o cancelamento do projeto.
- E. Com a aprovação da diretoria, o projeto é lançado. Normalmente são realizadas várias reuniões de tomada de decisão onde são apresentados os resultados parciais do projeto para que se garanta o alinhamento entre o projeto e os interesses e expectativas da empresa. Quando se trata de um projeto que não vem de uma necessidade do mercado mas sim da empresa (exemplo: adequação do produto à linha de produção, ou pedido da qualidade e pós-vendas) não são feitas reuniões com a diretoria, porém ainda são determinados um líder e uma equipe de projetos e elaborado um cronograma.

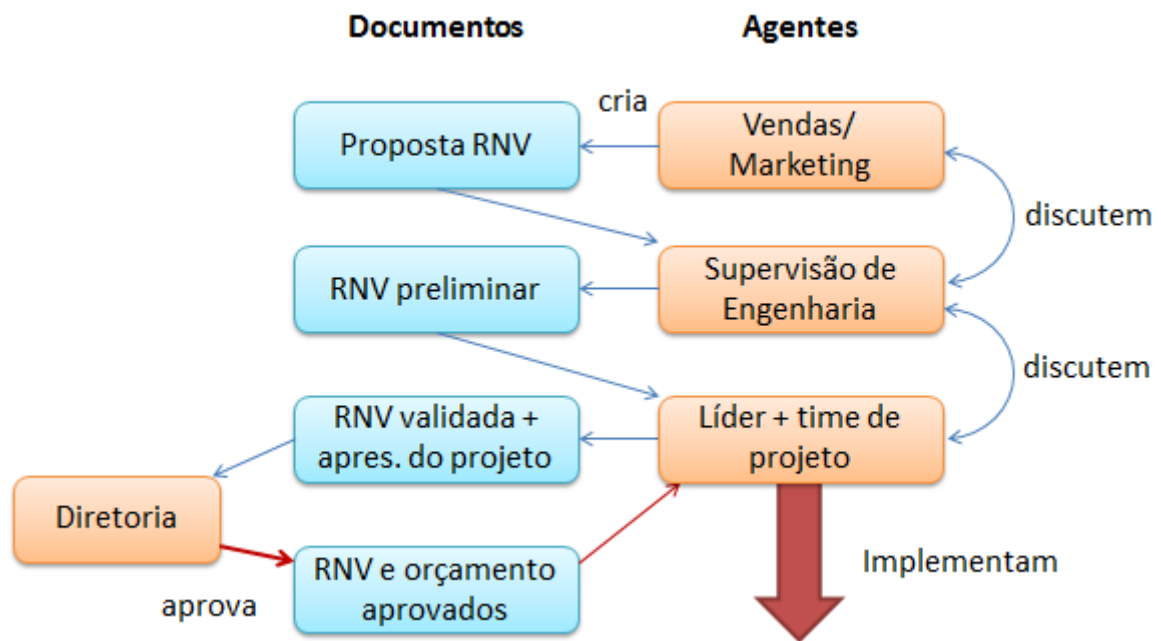


Figura 2. Organograma do setor.
 Fonte: O Autor.

Na Exportação, cada líder gerencia vários projetos e tarefas e frequentemente são necessários horas-extra e reajustes de prazos devido à constante mudança de demanda. Fatores como a inclusão repentina de trabalhos prioritários e o cancelamento de projetos em andamento tornam difícil a precisão no dimensionamento de cronogramas. Por isso, no capítulo seguinte, serão demonstradas quais ferramentas da PO poderão ser aplicadas na situação-problema.

3 ABORDAGENS E TÉCNICAS DE RESOLUÇÃO

Neste capítulo serão revistas a sequência de resolução geral de um problema de PO, enfatizando a problematização ou definição do problema, e algumas táticas de resolução da PO comumente aplicadas a problemas de gestão temporal. Por fim, será detalhado o método PERT/CPM, que foi desenvolvido exclusivamente para auxiliar neste tipo de problema.

3.1 ABORDAGEM DA PESQUISA OPERACIONAL

Embora a PO seja conhecida principalmente pelos seus métodos matemáticos, a análise matemática não é necessariamente a maior ou mais importante parte em estudos práticos (HILLIER e LIEBERMANN, 2013).

Como enumeram Hillier e Liebermann (2013) a abordagem de um problema com o uso de PO consiste em várias fases:

1. Definir o problema e coletar dados;
2. Formular um modelo matemático para representar o problema;
3. Desenvolver, com base no modelo, um procedimento computacional a fim de derivar soluções para o problema;
4. Testar e aprimorar o modelo conforme necessário;
5. Preparar-se para a aplicação contínua do modelo conforme prescrito pela gerência;
6. Implementá-lo.

O presente trabalho ocupa-se da primeira das etapas citadas: a definição do problema. Ao contrário dos exercícios nos livros de ensino de PO, a maioria dos problemas práticos são descritos de forma muito vaga. Como um enunciado claro e definido é o ponto de partida de qualquer exercício matemático, este é o primeiro trabalho na resolução do problema, uma vez que “é difícil obter uma resposta ‘correta’ para um problema ‘incorreto’” (HILLIER, LIEBERMAN, 2013, p.6).

No caso deste trabalho, a necessidade foi explicitada por uma simples pergunta: “Como melhor controlar os prazos de entrega dos projetos?”. Este texto representa a coleta de dados (tanto sobre a empresa e o setor quanto sobre o tema de gestão de projetos) e a definição do problema.

3.2 MÉTODOS DA PO PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Nesta seção serão apresentados diversos métodos de Pesquisa Operacional aplicáveis para o problema que se deseja definir.

3.2.1 Programação Linear

Classificado por alguns como um dos mais importantes avanços científicos do século XX, a programação linear foi e continua sendo usada em milhares de empresas para executar sua função, expressa a seguir de modo genérico: “alocar da melhor forma possível (isto é, de forma ótima) recursos limitados para atividades que competem entre si” (HILLIER e LIEBERMAN, 2013, p.20).

Sendo uma formulação de ampla aplicabilidade, a Programação Linear (ou PL) não está restrita a nenhum tipo de problema de PO e pode ser utilizada em conjunto com diversas outras técnicas (BADIRU, 2012). Abaixo são enumeradas as características de uma formulação de PL:

- A. Variáveis quantitativas de decisão: uma variável de decisão é um fator que pode ser controlado pelo tomador de decisão. Exemplos incluem quantidade de recursos a ser designados a uma tarefa, quantidade de produtos em um *mix* de produção e quantidade de peças a produzir, cada variável deve ser definida numericamente em alguma unidade de medida.
- B. Função objetivo linear: a função objetivo está relacionada com a medida de desempenho a ser minimizada ou maximizada. Existe uma relação linear entre as variáveis que compõem a função objetivo. O coeficiente de cada variável na função objetivo indica a sua contribuição por unidade (positiva ou negativa) na composição do valor da função objetivo.
- C. Restrições lineares: cada decisão no problema é sujeita a alguma limitação ou restrição. As restrições especificam a liberdade do tomador de decisão na manipulação das variáveis de decisão. Exemplos de restrições de decisão são: limitação na capacidade, disponibilidade de

recursos e número de horas de trabalho por dia. As relações entre as variáveis nas restrições devem ser expressas como funções lineares representadas por equações ou inequações.

- D. Restrição de não-negatividade: todos os problemas de PL estão sujeitos a esta restrição, ou seja, todas as variáveis de decisão são restritas a valores não-negativos.

O procedimento para usar um modelo de PL para resolução de um problema, de acordo com Badiru (2012), está resumidamente adaptado abaixo:

1. Determinar as variáveis de decisão
2. Determinar o objetivo do problema
3. Formular a função objetivo como uma expressão algébrica
4. Determinar as restrições que a situação impõe ao problema;
5. Escrever cada restrição como uma inequação algébrica. É importante garantir que estão sendo usadas as mesmas unidades por todas as equações.
6. Selecionar o método de resolução do problema matemático resultante. Existem dezenas de métodos de resolução, sendo o mais popular o método Simplex.

Para o problema do presente trabalho, as variáveis de decisão são as datas de início e fim de cada atividade, ou a ordem em que as tarefas devem ser executadas.

A função objetivo é, por exemplo, minimizar a data de conclusão da tarefa planejada para ser executada por último, o que força os cronogramas a serem encolhidos, ou seja, otimizados para menor tempo total de execução.

Embora a PL seja um método extremamente versátil e poderoso, utilizá-lo sem o auxílio de outras técnicas pode gerar uma complexidade muito grande na modelagem da função objetivo e restrições. Outra restrição importante é que todas as funções e restrições devem ser lineares, o que pode ser incompatível com o comportamento do sistema a se modelar. Por fim, caso haja centenas ou milhares de variáveis e restrições, o tempo de cálculo pode tornar-se muito alto.

3.2.2 Problema de designação, transporte e modelos de otimização de redes

Casos especiais de PL foram desenvolvidos para resolver problemas complexos e frequentemente encontrados, como o problema de designação, transporte e modelos de otimização de redes. Estes métodos são bem detalhados em livros texto de pesquisa operacional, como nos capítulos 8 e 9 de Hillier e Lieberman (2013).

3.2.3 Modelo de rede aplicado a projetos (PERT/CPM)

Casos especiais do modelo de otimização de redes foram desenvolvidos na década de 1950 com o objetivo de auxiliar a gestão de projetos complexos, chamados PERT (Program Evaluation and Review Technique) e CPM (Critical Path Method). Embora desenvolvidos separadamente, hoje são comumente referidas como PERT/CPM (HILLIER e LIEBERMAN, 2013).

Em resumo, a resolução utilizando os métodos PERT e CPM seguem os passos abaixo:

- 1) Identificam-se todas as atividades a serem realizadas no projeto, ao que também se chama de WBS (*Work Breakdown Structure*);
- 2) Identificar as relações de precedência entre as atividades, ou seja: relacionar, para cada atividade, quais as atividades que necessitam ser concluídas antes que ela possa ser iniciada;
- 3) Estimar as durações de cada atividade;
- 4) Construir uma rede de projetos: uma rede em que, de modo geral, os nós representam atividades e os arcos as relações de precedência, como a figura 4 do capítulo seguinte.
- 5) Determinar o caminho crítico: a(as) rota(s) do nó de Início (*START*) ao nó de término (*END*) que resultam na maior duração total, caso sejam somadas as durações de cada um dos nós deste caminho.

Descrições detalhadas do método podem ser encontradas em várias das referências citadas neste trabalho, em especial nos capítulos 22 de Hillier e

Lieberman (2013), Capítulo 3 de Ritzman e Krajewski (200) e capítulos 4 e 5 de Badiru (2012).

3.2.4 Sequenciamento de tarefas ou *Scheduling*

O problema matemático de sequenciamento de tarefas é encontrado na resolução de uma grande quantidade de aplicações de pesquisa operacional. Frequentemente chamado por seu nome em inglês *scheduling*, é um termo que engloba diversas táticas para sequenciamento de tarefas e operações, desde operações de manufatura até no domínio da computação.

Existem diversos autores, entre eles BADIRU (2012) e KLEIN (1999) que desenvolveram técnicas diversas para a *schedulling* aplicadas à gestão de projetos. A área onde se encontram muitas pesquisas recentes é o *scheduling* de projetos em ambientes com recursos restritos, que é um tema superficialmente abordado no capítulo seguinte.

4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE CONTROLE DOS PROJETOS

Neste capítulo será feita a definição do problema de gestão temporal do portfólio de projetos da Exportação.

4.1 TÁTICA ESCOLHIDA

Após a revisão teórica na literatura, dissertações e teses, optou-se por adotar o método PERT/CPM para cada projeto, porém com restrições de recursos compartilhados e com a possibilidade de diferentes prioridades para cada projeto e atividade.

Quando os recursos são escassos, o que é frequente na gestão de portfólio, o caminho crítico muda e pode tornar-se função dos recursos disponíveis.

A análise seguinte será apoiada em redes PERT e gráficos de Gantt para a compreensão da lógica a ser aplicada numa posterior modelagem. Será considerada como unidade de tempo a semana para a definição do problema por ser a unidade já utilizada no setor alvo, porém esta pode ser trocada por qualquer outra unidade de tempo para outras aplicações.

4.2 ENUNCIADO INICIAL

Dado um conjunto de projetos, cada um com suas tarefas e prazos limites, e dado um conjunto de recursos, encontrar a sequência de execução de tarefas que resulta no menor atraso possível nos projetos. Caso não haja atraso, o problema deverá ser resolvido para o menor tempo total possível.

Sabendo-se das atividades, no mínimo:

- Duração;
- Relação de precedência (para cada atividade, quais atividades deverão ser concluídas antes que esta seja iniciada);
- Recursos necessários.

Sobre os projetos:

- Prazo;
- Prioridade;

Sobre os recursos:

- Disponibilidade por unidade de tempo.

Para melhor visualização do problema foram criados os seguintes projetos hipotéticos, ilustrados nas Figuras de 3 a 8, abaixo:

Projeto	Responsável	Prazo	Prioridade
1 - Projeto Primavera	Lider 1	Semana 15	1
2 - Projeto Verão	Lider 1	Semana 25	2

Figura 3. Dados de entrada dos projetos.

Fonte: O Autor.

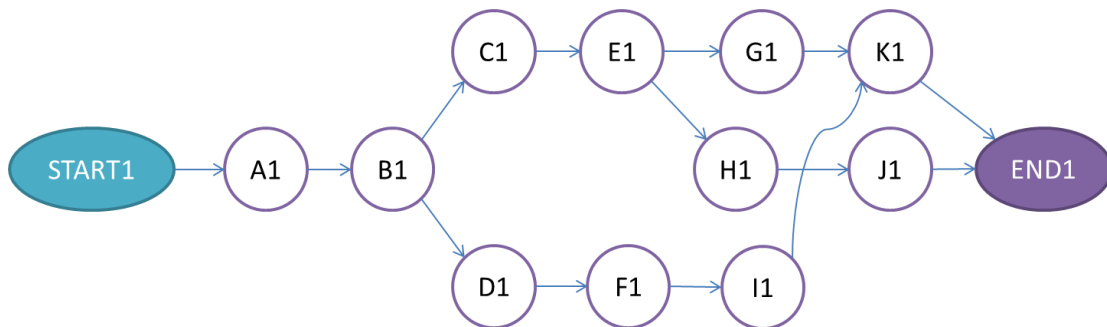


Figura 4. Rede PERT para o Projeto 1.

Fonte: O Autor.

1 - Projeto Primavera				
Ativ.	Duração (semanas)	Recurso A	Recurso B	Precedentes
A1	3	85%	30%	Não há
B1	1	75%	75%	A1
C1	2	70%	65%	B1
D1	2	40%	45%	B1
E1	3	100%	65%	C1
F1	1	100%	50%	E1
G1	1	95%	65%	E1
H1	1	90%	40%	E1
I1	3	60%	45%	F1
J1	2	45%	70%	H1
K1	2	45%	100%	G1, I1

Figura 5. Dados das atividades do Projeto 1.

Fonte: O Autor.

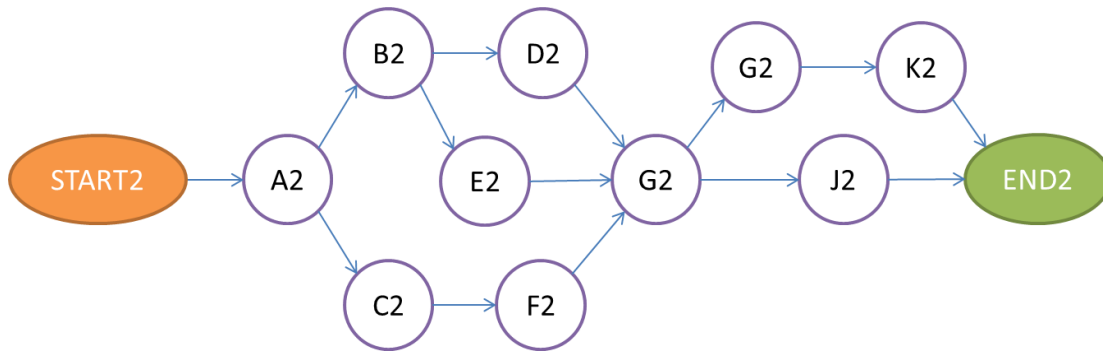


Figura 6. Rede PERT para o Projeto 2.
Fonte: O Autor.

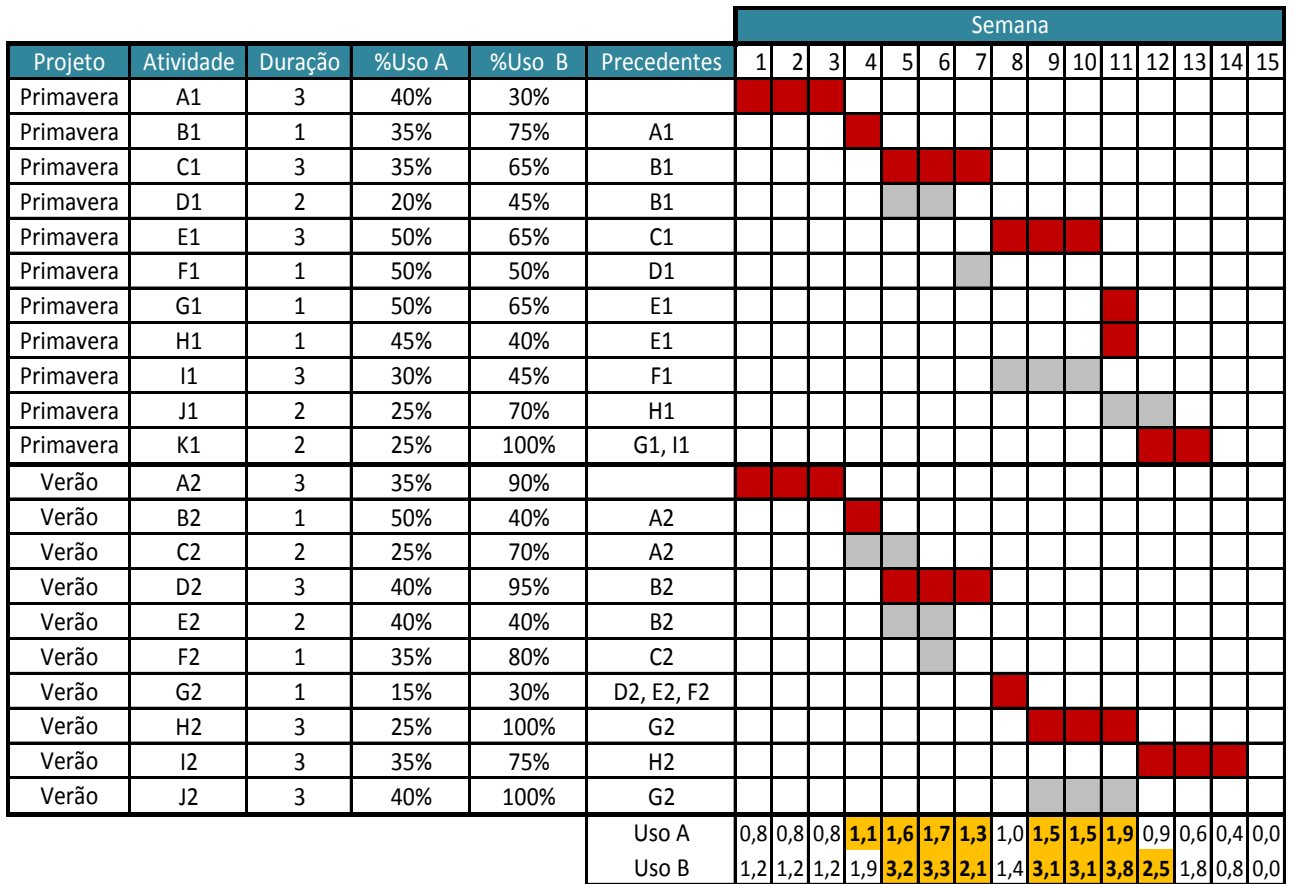
2 - Projeto Verão				
Atividade	Duração (semanas)	Recurso A	Recurso B	Precedentes
A2	3	65%	90%	
B2	1	95%	40%	A2
C2	2	55%	70%	A2
D2	2	85%	95%	B2
E2	2	85%	40%	B2
F2	1	70%	80%	C2
G2	1	30%	30%	D2, E2, F2
H2	3	45%	100%	G2
I2	3	70%	75%	H2
J2	3	80%	100%	G2

Figura 7. Dados das atividades do Projeto 2.
Fonte: O Autor.

Recursos	Disponibilidade
A - Lider de Projeto	100%
B - Projetista	200%

Figura 8. Rol de recursos disponíveis para os Projetos.
Fonte: O Autor.

Usando o método CPM, é criado o Gráfico de Gantt (Figura 9) desconsiderando a restrição de recursos:



Legenda

- Atividades do caminho crítico
- Valores de uso de recursos maiores do que os disponíveis

Figura 9. Gráfico de Gantt sem restrição de recursos para o problema exemplo.
Fonte: O Autor.

Observa-se que ambos os projetos poderiam ser concluídos antes da semana 15 caso houvesse ao menos duas unidades do recurso A e quatro unidades do recurso B, porém como os recursos são restritos, o cronograma acima não será obedecido.

4.3 DADOS DE ENTRADA DO PROBLEMA

Embora seja possível incluir mais informações de entrada se necessário, as subseções a seguir têm como objetivo abordar os pontos fundamentais para a resolução do problema no setor de engenharia alvo.

4.3.1 Projetos e seus dados

Projetos, na ótica deste problema de sequenciamento, são grupos de tarefas que, realizadas, concluem um objetivo do setor. Devem ser fornecidas informações como:

- Nome ou identificação numérica;
- Conjunto de tarefas;
- Prazo;
- Responsável;
- Prioridade: cada projeto também poderá ter uma prioridade, que pode ser desde arbitrada pelo gestor até calculada baseada em outras informações do projeto, como investimento, retorno esperado ou visibilidade.

Tanto para projetos quanto para tarefas, muitos outros dados podem ser adicionados para uso em técnicas avançadas, por exemplo, no cálculo heurístico de prioridades, ou em relatórios gerenciais:

- Investimento necessário;
- Volume de vendas;
- Número de novas peças;
- Tempo restante até a data de produção.

4.3.2 Recursos

Funcionários (incluindo líderes de projeto), terceiros, estagiários e, quando aplicável, máquinas e ferramentas são recursos do setor. O dado invariavelmente necessário é a disponibilidade de cada um. No enunciado proposto, existe um líder de projeto e dois projetistas no rol de recursos do setor.

Os recursos podem ser considerados iguais ou individuais a respeito de suas: atribuições (todos podem realizar qualquer tarefa) e performances (todos realizam cada tarefa no mesmo tempo). Caso sejam considerados individuais em atribuição, os recursos serão divididos em cargos. Caso sejam considerados diferentes em *performance*, terão de ter avaliados seus desempenhos para cada

tarefa, a fim de alimentar um banco de dados que permita melhor estimar a duração das atividades futuras.

Num setor de engenharia de desenvolvimento de bens de consumo, costuma-se dividir o tempo em semanas, portanto a disponibilidade e o emprego de um recurso para cada atividade pode ser expresso em porcentagem de horas de trabalho semanais deste recurso. Por exemplo, se no setor são trabalhadas 44 horas semanais, dizer que uma tarefa ocupa 25% do recurso em uma semana seria dizer que ela ocupará cerca de 11 horas do recurso na empresa.

4.3.3 Tarefas

Tarefas são os blocos de construção dos projetos. Podem ser definidas por mais ou menos parâmetros, dependendo do nível de controle que se deseja exercer.

Uma hipótese frequentemente adotada e particularmente relevante para os setores muito dinâmicos é a não-preemptividade das atividades. Preemptividade significa que um recurso, enquanto está executando uma tarefa, pode interrompê-la para começar outra atividade prioritária. A hipótese de não-preemptividade define que as tarefas, uma vez começadas, não sejam interrompidas com outras atividades até a sua conclusão. Considera-se esta hipótese no presente trabalho como modo de simplificar os exemplos.

Abaixo, alguns parâmetros que muito frequentemente são usados para definir cada tarefa:

- A. Nome, Descrição ou Identificação: deve permitir identificar a tarefa. No problema exemplo está sendo usada apenas a identificação por letras e números;
- B. Relações de Precedência: uma lista das atividades imediatamente predecessoras da atividade, ou seja, relaciona as atividades que, uma vez concluídas, permitem iniciar a tarefa. As primeiras tarefas do projeto não possuem predecessores, pois podem ser iniciadas imediatamente.
- C. Duração estimada: deverá ser fornecida mesmo que haja incerteza na estimativa para que sirva como uma primeira aproximação. Frequentemente é melhor superestimar o tempo necessário para uma tarefa do que subestimá-lo, especialmente quando a duração é desconhecida ou incerta. No método PERT existe uma tratativa especial

para durações desconhecidas que não será abordada neste trabalho mas que é descrita por Hillier e Liebermann (2013) em seu Capítulo 22.

- D. Responsável: na prática é vital que uma única pessoa fique responsável por cada atividade. Mesmo que vários recursos sejam empregados para sua execução, o responsável é quem centraliza as informações e quem garante que a atividade será realizada na duração planejada.

Além desses parâmetros essenciais, existem dezenas de outros que podem ser adicionados:

- Recursos a serem empregados e sua utilização em porcentagem;
- Prazo: é possível que uma atividade dentro do projeto possua um prazo próprio, que independe da conclusão do projeto;
- Prioridade: a prioridade pode ser considerada a cada atividade ao invés de a cada projeto, caso necessário;
- Local: algumas atividades precisam ser realizadas em um local específico; por exemplo: acompanhar testes de um novo molde em outro país. Durante este tempo não é possível executar tarefas que requeiram a presença no escritório;
- Recursos necessários para a execução: especificam-se quantos e quais recursos são necessários para a tarefa, se existem recursos substitutos e quantos recursos no máximo podem ser empregados para acelerar a tarefa;
- Fator de aceleração para múltiplos recursos: em algumas tarefas, dobrando-se a quantidade de recursos, o tempo total cai pela metade, ou seja, a quantidade de recursos e a duração de conclusão são grandezas inversamente proporcionais com fator igual a um. O fator poderá ser maior do que um (quando há sinergia na aplicação de múltiplos recursos) ou menor ou igual a um (quando há incompatibilidade na aplicação de mais de um recurso para a atividade).

Independentemente de quantas variáveis sejam relacionadas às tarefas, um banco de dados para armazenamento do histórico das atividades realizadas pode

ser muito útil. Entre os usos importantes estão análises de desempenho do setor, carga de trabalho e previsões estatísticas de desempenho futuro.

4.3.4 Restrições

Além de informações sobre recursos e atividades, também podem ser necessárias restrições adicionais.

Algumas restrições podem ser aplicáveis a todos os projetos, por exemplo: paradas programadas de fábrica, férias coletivas ou paradas de sistema (eventos que impedem a execução de algum tipo de tarefa durante certo tempo). Outras podem envolver apenas poucos projetos, como a limitação de espaço nas câmaras de teste no laboratório.

4.3.5 Acompanhamento

Desejavelmente a cada tarefa cumprida, o acompanhamento é alimentado com datas de conclusão e início das atividades. Também é possível que durante o acompanhamento surjam tarefas adicionais ou que sejam removidas tarefas inicialmente planejadas e, neste caso, será necessário um novo cálculo de sequenciamento de tarefas.

4.4 ELEMENTOS DA SOLUÇÃO DO PROBLEMA

Um problema tão multifacetado e complexo não tem uma única solução, e encontrar a solução ótima universal não é pretendido por este trabalho. Porém, analisando o setor ou empresa cujo portfólio se deseja gerir e aplicando-se as hipóteses, limitações e simplificações cabíveis, o problema pode ser resolvido. Os pontos a serem avaliados para o desenvolvimento de um modelo estão detalhados nas subseções a seguir.

4.4.1 Definição da função objetivo (FO)

Para otimizar, deve-se saber qual é o valor que define a qualidade da resposta, e se este valor deve ser máximo ou mínimo. Frequentemente cada funcionário e gestor são medidos pela sua entrega de trabalho, tanto em quantidade como em qualidade. Funções objetivo podem ter resultados bastante diferentes e aplicados a um projeto isolado ou a um portfólio. Usualmente, na gestão de projetos, aplicam-se variantes das duas funções abaixo:

Minimizar tempo total dos projetos (minimizar *makespan*);

Minimizar o atraso ponderado.

4.4.1.1 Minimizar tempo total ou *makespan*

De um ponto de vista de quantidade de projetos entregues em um determinado intervalo de tempo, minimizar o *makespan* é o modo mais direto de otimização, pois visa diminuir ao máximo a data de entrega da última tarefa de um conjunto de projetos e tarefas, o que tende a comprimir o tempo total para concluir o conjunto de projetos. O uso dessa função objetivo no problema exemplo poderia gerar o seguinte cronograma ilustrado pela Figura 10:

se compartilhada. Por isso, como forma de proteger a imagem do líder, e expor os setores que não entregam suas partes a tempo de cumprir o cronograma, visa-se minimizar o atraso ponderado pela prioridade do projeto.

Adotando como premissa que cada setor é responsável pela gestão apenas dos próprios recursos, pode-se considerar que os recursos dos demais setores são ilimitados. Outro fato que apoia o uso dessa simplificação é o de que o gestor de um setor não tem controle sobre os recursos ou autorização para monitorá-los quando fazem parte de outros setores.

O valor desta FO é o somatório dos atrasos ponderados, mas somente se são positivos (um atraso negativo representa uma folga). Caso o cálculo mostre que nenhum atraso vá ocorrer, o valor da FO será zero. Somente neste caso, pode-se retirar a restrição de somarem-se apenas os atrasos positivos, o que muda a FO para Maximização das Folgas Ponderadas, o que causa a priorização das atividades e projetos com maior "peso". Usando a hipótese adotada no parágrafo anterior, poder-se-ia minimizar apenas os atrasos ponderados das atividades do próprio setor de engenharia.

O "peso" (ou prioridade) será normalmente um fator muito específico do tipo de projeto, produto e/ou serviço envolvido, será um valor que representa a importância deste projeto para o setor. Geralmente existirá uma função matemática que recebe como parâmetros as características do projeto que determinam seu fator de ponderação. Imagina-se que uma atividade ou projeto que não possui uma data limite rígida e gera poucos benefícios para o setor teria o menor dos pesos, enquanto um projeto de alta visibilidade, importância estratégica e de cuja data de lançamento dependam outras atividades e projetos, teria o peso máximo.

O uso de uma função objetivo de minimização dos atrasos ponderados geraria um cronograma como o mostrado a seguir (Figura 11):

do próprio setor, e apenas manter os demais setores cientes dos prazos que terão que cumprir.

Caso o setor notifique a incapacidade de atender ao prazo, e o faça antes da divulgação do cronograma, este deverá ser ajustado. Caso a notificação seja posterior, a mudança de prazo será considerada atraso.

4.4.3 Capacidade de atualização rápida

Com a aplicação do pensamento enxuto ou *Lean Thinking* em todas as camadas das corporações (RITZMAN, 2003), frequentemente o líder de projeto ocupa mais de uma função no organograma do projeto.

Em empresas de bens de consumo tecnológicos, como a linha branca e a automotiva, muitas vezes o líder do projeto é um engenheiro que também participa das operações de desenvolvimento tais como: análises, documentação de engenharia e ensaios. Isso deixa a ele menos tempo para manualmente atualizar cronogramas, sobretudo quando o líder é responsável por vários projetos. A situação se torna ainda pior quando o mercado em que se está exige reação rápida e projetos necessitam ser repentinamente iniciados e frequentemente alterados ou cancelados.

Neste cenário é desejável que o cronograma seja de grande rapidez de atualização. Existem ferramentas como o *MS Project Server* que permitem a gestão de portfólios automatizada. Infelizmente, muitas empresas brasileiras não se adaptam ao modelo de gestão que esse tipo de software necessita e não investem nesse tipo de ferramenta, devido principalmente ao custo e ao impacto na cultura empresarial.

4.4.4 Armazenagem do plano inicial

A divulgação do cronograma, após prévia validação com demais setores envolvidos e aprovação pela diretoria, oficializa um acordo de atendimento de data. A partir do momento em que o acompanhamento dos projetos evidencia que se tornou inviável atender à data de entrega proposta, toda a equipe deverá ser comunicada. Por este fato, é importante sempre comparar o projeto planejado com o que se está executando. Quando representado em gráficos de Gantt (por um traço

escuro abaixo de cada atividade no cronograma), o plano inicial geralmente recebe o nome de linha de base.

Outro benefício do acompanhamento das divergências entre durações planejadas e executadas é a criação de um banco de dados que permita melhor estimar as durações das atividades e projetos futuros.

4.5 CARACTERÍSTICAS NOTÁVEIS DA APLICAÇÃO PRÁTICA

4.5.1 Capacidade Ociosa

Na prática, frequentemente uma tarefa não ocupa a semana inteira de um recurso, ou seja, caso só seja atribuída uma atividade por unidade de tempo, o recurso ficará subutilizado. É possível, no entanto, que ele realize várias atividades em uma unidade de tempo.

4.5.2 Redução da duração através do uso de mais recursos

Algumas atividades, dependendo de sua natureza, poderão ter sua duração aumentada ou diminuída em função dos recursos dedicados a ela, porém este deverá ser um dado adicional sobre a tarefa.

Exemplo: se a sequência de tarefas estudada fosse a preparação de um jantar, cozinhar o arroz seria uma atividade que não suporta redução de duração através do uso de mais recursos, pois a velocidade de cozimento não depende diretamente da ação do recurso; outra possibilidade é uma atividade que não comporta o trabalho de mais de um recurso, como redigir uma ata.

4.5.3 Sobrecarga de recursos

Em todo este capítulo, considera-se recurso como um colaborador do setor e tende-se a pensar a quantidade de recursos como um número inteiro, porém em alguns casos é possível a sobrecarga do recurso, ou seja, que o recurso seja usado em mais do que 100%. O melhor exemplo é o uso de horas extras.

4.5.4 Capacidade de reserva

Em setores como a Exportação há uma série de demandas aleatórias, tais como a necessidade de auxiliar com problemas na fábrica assim como produzir e fornecer dados para as demais áreas da empresa. Essas demandas tornam muito complexa a tarefa de prever com exatidão a carga de trabalho dos recursos do setor em uma dada semana.

Por isso, é importante que não se aloquem todos os recursos com 100% ou mais de sua capacidade para tarefas planejadas, pois o risco do planejamento não ser cumprido devido a demandas adicionais é muito alto.

4.6 ACOMPANHAMENTO COMO FORMA DE GARANTIR A EXECUÇÃO DO PROJETO NO PRAZO

Como coloca Alexandre OLIVEIRA (2007): “Um plano não implantado é só um plano, ou ainda, planejamento sem ação é só ilusão.” O ponto onde mais se peca na gestão de projetos estratégicos nas empresas públicas e privadas é a execução, sendo que uma grande quantidade não chega a ser concluída com sucesso e, dos que são concluídos, muitos não conseguem se manter no prazo estabelecido (OLIVEIRA, 2007).

O objetivo de um projeto é entregar um resultado dentro de custo, qualidade e prazo determinados. Quando se acompanha um projeto, deseja-se detectar qualquer desvio em relação ao planejamento e agir o quanto antes para impedir que se percam os prazos, especialmente os prazos finais de entrega.

Diversas intempéries podem acometer a execução de um projeto, entre as principais estão:

- Fator humano (erros e retrabalhos);
- Má estimativa das durações das atividades;
- Redução inesperada de recursos;
- Questões e tarefas imprevistas ou adicionais que devem ser incorporadas ao escopo do projeto;
- Não execução de tarefas devido a fatores internos ou externos ao projeto, como atividades prioritárias de outros projetos.

Para cada problema existem várias medidas corretivas possíveis que não serão detalhadas neste trabalho, porém o que elas têm em comum é que todas são mais facilmente executadas caso o desvio seja detectado precocemente, o que se faz através do acompanhamento.

Frequentemente, o acompanhamento é feito pelos líderes de projeto em reuniões periódicas com a equipe, as quais dispendem do tempo de todos, especialmente quando se considera uma quantidade elevada de projetos. Outros modos de acompanhamento incluem bancos de dados facilmente atualizáveis, sistemas, planilhas e outros controles, que podem ser preenchidos tanto pelo executor da tarefa quanto pelo líder de projeto (Figura 12).

The screenshot displays the 'Acompanhamento Atividades' application interface. At the top, there is a search bar labeled 'Charles' and 'Busca', and a project filter dropdown labeled 'Filtro Projeto' showing 'Vanessa EXP - ECR-ST00972'. To the right, a 'Filtro Status' section contains five unchecked checkboxes: 'Em execução', 'Não-iniciada', 'Concluída', 'Cancelada', and 'Stand by'. The main activity list shows one entry: 'Implantação Engenharia' by 'Charles' for project 'Vanessa EXP - ECR-ST0095'. Below this is a 'Detalhes' section with the following data:

Status	Descrição	Requisitante	Prazo
Concluída	Implantação Engenharia	Charles	11/02/2015
Concluído em	T.Gasto	T.estimad. (h)	Qtd Docs
11/02/2015 16:35:57	0:11:05	0:10:00	15
Iniciado em	Observações		
11/02/2015 16:24:52	ECR-ST010395, descobrir o número da ECN e mandar para frente.		

At the bottom of the details section, there are four buttons: 'Start', 'Stand By', 'Conduzir', and 'Cancelar'.

Figura 12. Controle de atividades desenvolvido pelo autor.
Fonte: O Autor.

4.6.1 Níveis de acompanhamento e indicadores de progresso

Quando se é o gestor de um setor em que cada subordinado atua como líder de projeto em mais de um projeto, a quantidade de variáveis e a complexidade do acompanhamento tornam-se ainda maiores. Nestes casos, recomenda-se o uso de indicadores de progresso, o que permite ao gestor saber o andamento dos projetos sem a necessidade de checar cada cronograma.

4.7 DADOS DE SAÍDA

Nesta seção serão detalhadas as informações que um futuro modelo poderá entregar como resultado do processamento dos dados de entrada.

Uma vez que o objetivo da resolução do problema é obter a melhor ordem para se realizar as tarefas e saber o quanto antes os riscos de atraso nos cronogramas, estes são os principais dados de saída desejados:

- Datas de início e fim estimadas para cada atividade e projeto;
- Folga ou atraso estimados em cada projeto e atividade;
- Recursos estimados aplicados para cada atividade.

Opcionalmente, caso o modelo utilizado permita, mais dados podem ser obtidos:

- Utilização dos recursos ao longo do tempo;
- Indicadores de *performance* individuais e do setor;
- Indicadores gerenciais dos projetos realizados e futuros.

4.7.1 Dados de saída principais

É desejável que sejam apresentadas na forma de um gráfico de Gantt sobreposto ao planejamento original (linha de base).

4.7.2 Dados de saída opcionais

Além das datas e atrasos, uma solução de um problema como definido neste capítulo poderia eventualmente tornar-se um sistema supervisor do setor, indicando como estão operando cada aspecto do setor de engenharia, analogamente a uma tela sinóptica industrial, informando uso dos recursos, suas performances e indicadores gerenciais.

5 CONCLUSÕES

No cenário competitivo em que as empresas de bem de consumo se encontram, otimizar o planejamento e execução de projetos é uma forma direta de reduzir o tempo com desenvolvimento de produtos. A combinação de técnicas de gestão de projetos e pesquisa operacional é uma ferramenta promissora para criar um diferencial competitivo.

Foram vistos e analisados vários aspectos da gestão de projetos e de aplicações de pesquisa operacional. Espera-se que com esse trabalho tenha-se atingido o objetivo de criar uma referência para a elaboração de modelos e pesquisas no assunto da aplicação da gestão temporal de projetos.

Em especial como sugestão para trabalhos futuros, sugerindo a modelagem do problema exposto e aplicações destes modelos a situações reais, para que, eventualmente, outros setores, empresas e instituições tenham mais sucesso na execução e acompanhamento de seus planejamentos.

REFERÊNCIAS

BADIRU, Adedeji B. **Project Management: Systems, Principles and Applications**. Florida: CRC Press Taylor & Francys Group, 2012.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 1994.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda., 2013.

KLEIN, Robert. **Scheduling of Resource-Constrained Projects**. Massachussets: Kluwer Academic, 1999.

OLIVEIRA, Alexandre Ferreira de. **Gestão de Projetos Estratégicos – um estudo de caso**. 2007.180 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)**. 5ª edição. Pennsylvania, 2013.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **O que é gerenciamento de projetos?** Disponível em: <<https://brasil.pmi.org/brazil/AboutUs/WhatIsProjectManagement.aspx>>. Acesso em 13 jul. 2015.

RITZMANN, Larry P.; KRAJEWSKI, Lee J. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.