

2

Contexto e literatura diretamente relacionada

Este capítulo apresenta os principais trabalhos, diretamente relacionados à pesquisa, encontrados na literatura de gestão de projetos. Em seguida, apresenta-se a relevância que o estudo das abordagens de aplicação, priorização de atividades e do comportamento dos principais *buffers* de tempo tem dentro da literatura que engloba a metodologia da CC/BM em múltiplos projetos.

2.1.

A motivação da pesquisa dentro da literatura de gestão de projetos.

Para melhor compreender a complexidade do sistema de gerenciamento e descrever o comportamento do tipo de projeto que motivam o estudo, utiliza-se a classificação sugerida por Hans *et al.* (2007) Como mostra a Figura 2.1, essa classificação é baseada nos graus de variabilidade e de dependência característicos dos projetos, esquematizando-se quatro quadrantes diferenciados. A motivação desta pesquisa surge nos projetos localizados no quadrante extremo **AA**. Esses projetos se caracterizam por ter, de um lado, uma complexidade elevada devido às dependências das influências internas (alto nível de compartilhamento de recursos entre projetos) e externas (necessidade de comprar equipamentos, tecnologias, subcontratar pessoal, etc.), e de outro lado, uma alta variabilidade decorrente da incerteza presente na informação que se tem das atividades no momento da programação.

		Dependência	
		BAIXA	ALTA →
Variabilidade	BAIXA	BB	BA
	ALTA ↓	AB	AA

Figura 2.1: Classificação de projetos.

Fonte: Hans *et al.* (2007).

Metodologias clássicas como PERT/CPM, ao não considerarem explicitamente as restrições de recursos limitados e focalizarem o controle do risco isoladamente em cada atividade do programa, fazem que para o tipo de problema AA, elas tendam a ser utilizadas apenas para apresentar programas de trabalho aos clientes, mas não para efetivamente controlar os projetos. Como alternativa para este tipo de projetos de alta variabilidade e complexidade, recentemente surgiu a metodologia CC/BM (Programação por Cadeia Crítica e Gestão de *Buffers*,) criada por Goldratt em 1997. Baseada na teoria das restrições (TOC, *Theory of Constraints*), ela utiliza o conceito de **cadeia crítica** e administração de **buffers de tempo** para a programação e controle de projetos. Segundo Rand (2000) e Steyn (2002), esta metodologia pretende cobrir as deficiências crônicas dos projetos (exceder prazos limites, exceder orçamentos e reduzir alcances do projeto) que as metodologias e abordagens anteriores não têm conseguido minorar, mesmo utilizando os sistemas de *software* mais sofisticados e caros. O surgimento desta metodologia vem de uma visão divergente que segundo Rand (2000), leva em conta aspectos psicológicos e técnicos, imersos no desenvolvimento de projetos. Entretanto, sua adoção tem ocorrido com cautela, sendo ainda poucas as avaliações de sua eficácia prática, assim como os estudos sistemáticos e analíticos a seu respeito. Faz-se, assim, necessária a realização de pesquisas que esclareçam suas vantagens e limitações práticas nos diferentes ramos que a gestão de projetos alcança, assim como indicações úteis para orientar os gerentes em diversos aspectos práticos de sua aplicação (ROZENES *et al.*, 2006; STEYN, 2002),

2.2.

A aplicação da metodologia CC/BM em múltiplos projetos e o estudo da arte

O estudo da programação conjunta de múltiplos projetos é abordado como uma complicação do problema original em projetos individuais, mas ainda há pouco conhecimento no que se refere às suas particularidades.

2.2.1.

Estudos da gestão clássica de projetos individuais

Na programação de projetos individuais existem metodologias bem conhecidas e difundidas, como PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e CPM (*Critical Path Method*), ambas desenvolvidas quase ao mesmo tempo (*circa* 1957), mas com finalidades distintas. O PERT foi criado como técnica de controle dos tempos de execução de atividades de projetos especiais, e o CPM como ferramenta para controlar e otimizar os custos de operação do projeto. Uma diferença entre elas está na forma de estimar as durações das atividades, o CPM usa tempos determinísticos e o PERT tempos probabilísticos com estimativas de tempos otimistas, pessimistas e mais prováveis. A solução em ambos os métodos é determinada com base nas relações de precedência das atividades, supondo que os recursos estarão sempre disponíveis quando forem necessários, premissa, esta dificilmente observada durante a execução do programa. (PATTERSON, 1984).

Mesmo assim, segundo Jyh-Bin (2007), o método foi considerado o mais bem sucedido durante muito tempo e, ainda agora, depois de ter passado por importantes evoluções e adequações é base da maioria de sistemas de *software* dedicados à gestão de projetos. Observa-se, entretanto, que as condições vigentes quando a técnica foi concebida também evoluíram, sem que fossem, necessariamente, bem acompanhadas pelo método. O novo conceito de gestão de projetos responde as exigências competitivas do mercado atual. Num ambiente competitivo se estabelecem prazos de entrega mais curtos associados a níveis de custo e qualidade ótimos, exigências que, na gestão de projeto, são traduzidos como níveis de risco mais altos.

Ante esta situação, Rand (2000), Steyn (2002) e Raz *et al.* (2003), explicam como metodologias como PERT/CPM, que não consideram explicitamente e

adequadamente a restrição de recursos na sua solução, fazem com que o resultado seja ineficiente para controlar o risco peculiar de cada projeto, assim como para manter, ao nível organizacional, um fluxo equilibrado de projetos. Desta maneira, a literatura define como problema principal da gestão de projetos a tomada de decisão sobre que atividade, dentro de um conjunto de opções, atrasar caso exista um conflito de recursos. Problema conhecido formalmente como “o problema de programação de projetos com recurso limitado” (“*the resource-constrained project scheduling problem*”).

Desde então, numerosos estudos têm se dedicado ao problema, utilizando-se desde programação linear até os mais criativos procedimentos heurísticos, mas sempre com base nos princípios da metodologia PERT/CPM. Essa tentativa de abordar o problema de programação de projetos com recurso limitado se estendeu também na prática, quando os sistemas de *software* para gestão de projetos começaram adicionar às aplicações da metodologia PERT/CPCM funções de programação com nivelamento de recursos. Segundo Herroelen & Leus (2001) os sistemas comerciais priorizam a seqüência de atividades mediante regras simples que nos melhores casos podem atingir projetos 5% mais longos do ótimo, criando seqüências deficientes que produzem caminhos críticos e tempos de folga irrealistas. Isso, acrescido ao erro na estimação das durações de cada atividade, origina um programa baseado num somatório de incertezas. Como a metodologia PERT/CPM centraliza o controle do projeto localmente em cada folga de atividade, torna-se difícil identificar oportunamente as fontes de problemas e riscos de atraso. (RAND, 2000; JYH-BIN, 2007).

2.2.2.

A gestão de projetos individuais por meio da CC/BM

Como tentativa de cobrir as ambigüidades e deficiências presentes na gestão de projetos surge a metodologia da cadeia crítica e gestão de *buffers* (CC/BM). Essa nova metodologia, criada por Eli Goldratt (1997), estabelece um algoritmo de programação aplicado tanto a projetos individuais como a sistemas de múltiplos projetos. Como Rand (2000) explica, a CC/BM é baseada nos princípios básicos da **teoria das restrições**, a qual tem como finalidade aumentar o fluxo de produção (*output*) do sistema. O processo da teoria se inicia com a identificação

da restrição ativa dominante, ou seja, o recurso gargalo que limita o *output* do sistema. Em seguida, programa-se o recurso gargalo de forma que sua produção seja máxima, para depois programar as demais atividades e recursos em função da programação ótima do gargalo. Se, na programação completa resultante, for identificado outro gargalo, este levará a segunda prioridade de programação, e assim por diante.

A premissa da aplicação deste processo no cenário de gestão de projetos é a definição de metas globais e, não, locais, de forma que a cada decisão se considere os efeitos que se terá no sistema de projetos. É assim, que ao aplicar a metodologia CC/BM na programação de projetos individuais, se concentra a atenção nos objetivos do projeto total e não no cumprimento das datas de início e término das atividades que o formam. Ao estender a aplicação da metodologia para múltiplos projetos, priorizam-se os objetivos do sistema como conjunto, supondo que os objetivos dos projetos individuais são garantidos no passo anterior. Será visto nos Capítulos IV e V como esse suposto nem é sempre adequado durante a etapa de execução dos projetos.

Para cumprir os objetivos do projeto e do sistema, a CC/BM implementa no seu método elementos de proteção que mitigam o efeito dos atrasos das atividades evitando o atraso da entrega dos projetos. Segundo, como explicam Herroelen & Leus (2001) a proteção dos projetos responde a atrasos geralmente originados em aspectos comportamentais psicológicos dos trabalhadores. Estes aspectos psicológicos seriam explicados pelos fenômenos das “Síndrome do Estudante” e pela “Lei de Parkinson”, a partir dos quais se infere que o conhecimento prévio da existência de um tempo de segurança embutido nas datas estabelecidas para cada atividade gera a tendência de postergar até o último momento a execução das atividades “menos prioritárias”.

Ao considerar tais conceitos na determinação da segurança dos projetos, a metodologia se torna adequada para gestão de projetos de alta complexidade (quadrantes **BA** e **AA** na Figura 2.1), especialmente quando o recurso crítico, ou gargalo, é humano. Uma vez que a metodologia se concentra na proteção do cumprimento das datas de entrega prometidas nos projetos, faz-se necessário o entendimento da origem das incertezas presentes neles. Para isso, a metodologia

se baseia na famosa “Lei de Murphy”, que explica como a execução do projeto é afetada pelo desconhecimento exato de quando começar o preparo das atividades dependentes da duração variável da atividade anterior. Embora ainda exista muito por pesquisar sobre a modelagem da variabilidade e incertezas na execução de projetos, autores como Leach (2005) afirmam que os efeitos delas são ampliados quando a segurança do projeto é distribuída e alocada a cada atividade (método PERT/CPM), provocando-se tempos ociosos e atrasos na execução dos projetos, dificultando a continuidade de trabalho nos projetos.

Baseando-se na concepção de gestão de projetos através da proteção das datas de entrega, acrescentaram-se novos objetivos na avaliação do desempenho da programação (*schedule*), tais como: a minimização da quantidade de trabalho em processo (WIP- *Work in Process*) no sistema, a minimização do tempo de produção dos projetos, e a continuidade na carga e no fluxo de trabalho. (HERROELEN & LEUS 2001).

Para atingir um programa individual que cumpra com as exigências de proteção da metodologia, definiram-se dentro da sua estrutura elementos fundamentais como a **cadeia crítica**, **buffer do projeto –BP**, **buffers de alimentação – BA** e **buffers de recursos - BR**. Com base da cadeia crítica, definida como a seqüência de atividades que determina a duração do projeto (incluindo-se as restrições de precedência e de recursos), se determina a duração e localização do BP. A finalidade desses *buffers* é assegurar que a data de entrega do projeto seja cumprida. Para tal fim, este é constituído pelos **tempos de segurança** que foram desconsiderados inicialmente em cada atividade e localizado no final da cadeia. Os BA têm a finalidade de proteger a cadeia crítica dos atrasos nas atividades não críticas, e por isso, inseridos nas uniões entre as cadeias não críticas e a cadeia crítica, ou seja, sempre que uma atividade não crítica desemboque na cadeia crítica. Os BR têm a finalidade de informar ao recurso estratégico quando começar a se preparar para trabalhar na seguinte atividade. (HERROELEN & LEUS 2001; HERROELEN *et. al.*, 2002).

Além dos elementos estruturais, a metodologia estabelece a utilização de um “programa alternativo” que reflete o estado do projeto na etapa de execução, mesmo que ele não seja considerado por todos os autores, Herroelen & Leus

(2001), Herroelen *et al.* (2002) o incluem como elemento importante para a consecução dos objetivos anteriormente definidos. Esse programa alternativo, chamado de **programa projetado** é implementado nos principais sistemas de *software* que aplicam a metodologia. Herroelen *et al.* (2002) numa análise dos diferentes elementos que formam a CC/BM, lamentam a falta de interesse da metodologia pelos algoritmos usados na solução do problema do *Resource-Constrained Project Scheduling Problem* (RCPSP), afirmando que a determinação da seqüência de atividades (no recurso gargalo) e conseqüentemente, o desempenho do projeto, dependem diretamente do algoritmo utilizado. Da mesma forma, os projetos são afetados pelo desempenho dos sistemas de *software* atuais, que aplicam algoritmos de RCPSP como uma caixa preta, gerando soluções, que segundo Herroelen & Leus (2001) e Herroelen (2005) pioram no desempenho na medida em que aumenta o número de atividades e o número de tipos de recursos.

Contudo, a metodologia alega que seu interesse está nas técnicas de proteção do programa que assegurem o cumprimento do prazo de entrega estabelecido, sem importar se o método de programação é ótimo ou aceitável. Com essa lógica, o estudo das técnicas do tratamento da incerteza e variabilidade se faz relevante. Em princípio, a proposta original de Goldratt utiliza *buffers* que sejam 50% da duração da cadeia à qual pertencem. Isso pode resultar em projetos muito longos de provável rejeição pelos clientes. Um método alternativo como o da “raiz quadrada do erro” calcula a raiz quadrada da soma dos quadrados dos erros em atividades individuais (erro é a diferença entre durações das atividades que consideram seguranças e durações enxutas) determina o tamanho do *buffer* com base ao risco acumulado ao longo da cadeia que o alimenta (HERROELEN & LEUS, 2001). Isso, é claro, tem como premissa a independência probabilística entre as durações.

Ambas as técnicas são incluídas em sistemas de *software* que implementam CC/BM. Não obstante, na procura de *buffers* que reflitam melhor as incertezas do projeto, Kjersti & Taylor (1999) propõem um método de simulação simples que determina *buffers* mais enxutos baseados unicamente no comportamento do projeto, outras propostas como uso de técnicas alternativas como teoria de filas foram apresentadas por Hans & Herroelen *et al.* (2007).

2.2.3.

A gestão de múltiplos projetos por meio da CC/BM

Essa deficiência de centralizar o controle do projeto localmente em cada folga de atividade se vê acentuada em sistemas de múltiplos projetos, principalmente, quando o nível de compartilhamento de recursos é elevado e complexo. (RAND, 2000; JYH-BIN, 2007)

Ao ampliar o escopo das pesquisas para um marco de múltiplos projetos, o problema objeto de estudo interessou-se pela definição de uma metodologia de gestão que permita uma melhor coordenação entre os vários projetos planejados e executados simultaneamente, definindo-se a definição organizacional, ou de planejamento, da gestão de múltiplos projetos.

Kurtulus & Davis (1982) definem duas abordagens na programação de múltiplos projetos. Numa os projetos estão ligados unicamente pela dependência de um *pool* de recursos disponíveis e a visualização do programa é através de múltiplos projetos com vários caminhos críticos. Na segunda abordagem os projetos são combinados artificialmente num único projeto, adicionam-se atividades fictícias de início e fim, e o controle é feito como se fosse um único projeto com um único caminho crítico.

Hans *et al.* (2007) apresentam uma evolução das abordagens de planejamento mais relevantes. O uso de níveis hierárquicos de planejamento vão desde um único nível, onde se utiliza métodos de programação dinâmica na obtenção de uma seqüência ótima que minimize o custo total, até o uso de três níveis hierárquicos diferenciados. Nesse último, utilizam-se relacionamentos entre macro atividades que representam os projetos individuais já programados em base a CC/BM (incluindo a inserção de *time buffers* de proteção e subordinando a programação à seqüência do recurso gargalo). Essa abordagem tem como objetivo geral maximizar o valor presente líquido do conjunto de projetos, mediante objetivos específicos de atingir projetos de menor duração.

Newbold (1998) se concentra nas abordagens de aplicação da CC/BM, resumindo-as a três mais importantes: A abordagem de “todos juntos”, dos “projetos sucessivos” e do “recurso estratégico ou gargalo”. A primeira se diferencia por usar um único programa artificial como base de programação. As duas últimas gerenciam os programas (*schedules*) individuais nivelando a carga de trabalho dos recursos através do sistema sem alterar sua estrutura individual. A abordagem de “projetos sucessivos” nivela todos os recursos do sistema, sem permitir qualquer tipo de sobrecarga, enquanto a abordagem do recurso estratégico somente nivela a carga do recurso gargalo, permitindo a existência de outros recursos sobrecarregados.

No atual estado da pesquisa, dependendo da abordagem utilizada e do conjunto de regras de priorização de atividades, pode-se chegar a programas muito diferentes, fazendo com que a confiança na eficiência dos resultados seja reticente devido à ambigüidade imersa tanto na programação como na avaliação de prioridades.

Kurtulus & Davis (1982) explicam a necessidade de estabelecer categorias de projetos com regras de priorização específicas para cada uma. Continuando com essa lógica na aplicação da CC/BM, Cohen *et al.* (2004) realizam experimentos para comparar diferentes metodologias de programação, em que o critério para a escolha das atividades a executar na metodologia CC/BM, é baseado em priorizações dinâmicas. Esse tipo de priorização classifica as atividades com base na característica crítica das atividades e no nível de consumo dos *buffers*.

Contudo, a metodologia CC/BM e as ferramentas de *software* a ela relacionadas, aplicam o critério de priorização fixa, baseado na organização prioritária dos projetos que são programados simultaneamente. (NEWBOLD 1998, LEACH 2005). Tais ferramentas de software, mesmo fornecendo uma série de relatórios sofisticados, ainda são deficientes na identificação oportuna das atividades que poderiam prejudicar os projetos e, mais ainda, na prevenção dos possíveis efeitos que possam desencadear-se nos diferentes projetos do sistema. (KOLISH, 1999; HERROELEN, 2005)

Trabalhos que aprofundem sobre o comportamento dos elementos de programação da metodologia CC/BM em múltiplos projetos (como são os *buffers* de capacidade – BC, *buffers* tambor - BT e da mesma **seqüência crítica**), são escassos na literatura pesquisada. A literatura revisada aborda a programação de múltiplos projetos somente como um complemento teórico do problema de programação individual. Não foram também encontrados estudos que abordem diretamente a aplicabilidade e implementação da CC/BM.