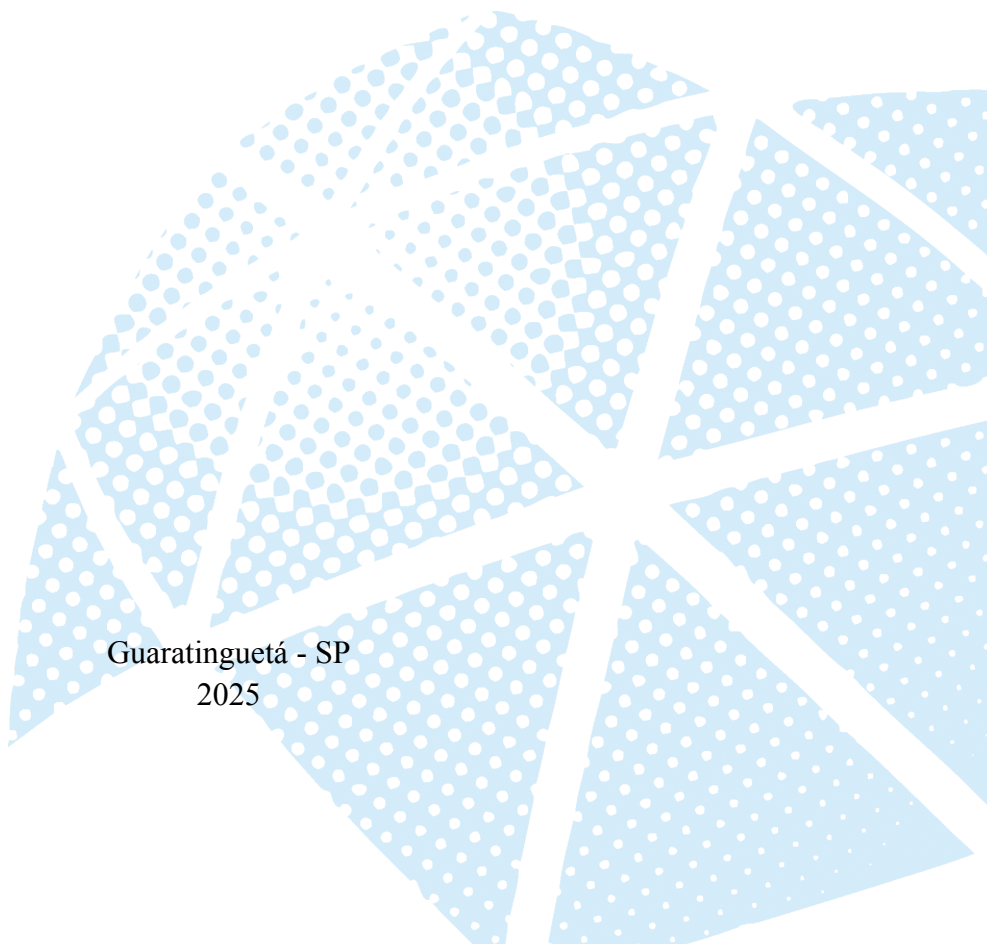


JOÃO MARCOS DA MOTA PORTO

Simulação de Monte Carlo aplicada ao Gerenciamento de Projetos de Corrente Crítica

Guaratinguetá - SP
2025



João Marcos da Mota Porto

Simulação de Monte Carlo aplicada ao Gerenciamento de Projetos de Corrente Crítica

Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do certificado de Especialista em Gestão da Produção.

Orientador (a): Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins

P853s Porto, João Marcos da Mota
Simulação de Monte Carlo aplicada ao gerenciamento de
projetos de corrente crítica / João Marcos da Mota Porto -
Guaratinguetá, 2025.
44 f. : il.
Bibliografia: f. 43-44

Especialização em Gestão da Produção – Universidade
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de
Guaratinguetá, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins

1. Administração de projetos. 2. Teoria das restrições
(Administração). 3. Monte Carlo, Método de. I. Título.

CDU 658.5

JOÃO MARCOS DA MOTA PORTO

**SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO APLICADA AO GERENCIAMENTO DE
PROJETOS DE CORRENTE CRÍTICA**

Monografia apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências do Campus de Guaratinguetá, para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção:

Data da defesa: 23/06/2025

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS**
Data: 15/08/2025 10:10:07-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins

Orientador

UNESP - Faculdade de Engenharia e Ciências do Campus de Guaratinguetá

Documento assinado digitalmente
 **ANEIRSON FRANCISCO DA SILVA**
Data: 15/08/2025 10:15:02-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Aneirson Francisco da Silva

UNESP - Faculdade de Engenharia e Ciências do Campus de Guaratinguetá

Documento assinado digitalmente
 **ERICA XIMENES DIAS**
Data: 15/08/2025 10:16:55-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Erica Ximenes Dias

UNESP - Faculdade de Engenharia e Ciências do Campus de Guaratinguetá

RESUMO

Foi realizado, nesta pesquisa, uma revisão bibliográfica do Gerenciamento de Projetos de Corrente Crítica (CCPM - *Critical Chain Project Management*), proposta por Eliyahu Goldratt. Os conceitos de programação e controle das etapas do projeto foram avaliados, por meio de uma simulação de Monte Carlo que contou com 8 mil estudos. Estas simulações permitiram avaliar a capacidade de contenção de atrasos, proporcionados pelos Pulmões de proteção, em um cenário onde foram reduzidas as estimativas de tempo e aplicada uma distribuição triangular para o tempo utilizado em cada etapa do projeto. Foi aplicada a distribuição de forma que permitisse que os processos fossem finalizados antes do esperado; que a moda estivesse próxima do tempo tecnicamente estabelecido; porém, a média dos tempos se encontrasse em atraso dentro de cada etapa. Este cenário foi construído para que houvesse uma tendência ao atraso e se desafiasse a capacidade do modelo. Os resultados das simulações permitiram comparações com casos onde há predominância da Lei de Parkinson e nos modelos de monitoramento de progresso.

PALAVRAS-CHAVES: Corrente Crítica; Teoria das Restrições; Monte Carlo.

ABSTRACT

This research conducted a literature review of Critical Chain Project Management (CCPM), proposed by Eliyahu Goldratt. The concepts of scheduling and controlling the stages of the project were evaluated through a Monte Carlo simulation that included 8,000 studies. These simulations allowed for the assessment of the ability to contain delays, provided by the protection buffers, in a scenario where time estimates were reduced and a triangular distribution was applied to the time used in each stage of the project. The distribution was applied in such a way as to allow processes to be completed earlier than expected; that the mode was close to the technically established time; however, the average times were found to be delayed within each stage. This scenario was constructed to create a tendency toward delay and challenge the model's capacity. The results of the simulations allowed for comparisons with cases where the Law of Parkinson predominates and in progress monitoring models.

KEYWORDS: Critical Current; Theory of Constraints; Monte Carlo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E QUESTÕES DE PESQUISA	6
1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	7
1.3 ETAPAS E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	7
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 TEORIA DAS RESTRIÇÕES	10
2.2 CORRENTE CRÍTICA	12
2.2.1 Tambor-Pulmão-Corda - TPC	16
2.2.2 Monitoramento e Controle	19
3 DESENVOLVIMENTO	27
3.1 APRESENTAÇÃO E DIAGRAMA DE REDE	27
3.2 SIMULAÇÃO	31
3.2.1 Lei de Parkinson	35
3.2.2 Monitoramento de projetos	37
4 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E QUESTÕES DE PESQUISA

Este estudo é baseado nas ideias propostas pelo israelense Eliyahu Goldratt, principal contribuinte para a disseminação da filosofia gerencial da Teoria das Restrições (TOC - *Theory of Constraints*). A TOC teve sua primeira aplicação no meio produtivo propondo um novo olhar para a gestão da produção. Focada na preservação dos ganhos da organização, a TOC tem uma visão crítica voltada para as restrições – intrínsecas ao processo produtivo. Essas restrições podem estar associadas à capacidade produtiva ou política da organização, sendo o motivo que a impede de progredir, como ilustrado por Goldratt em seu romance *A Meta* (1992).

A TOC possui em seu conceito uma forma de gestão da produção, com um olhar contábil para os ganhos e custos, que permite a programação desta produção focando nas restrições e gargalos da linha. As soluções propostas pelo físico Goldratt foram disseminadas para outras áreas, como o *marketing* e logística de distribuição, e tem em seu romance *Critical Chain* (Corrente Crítica, 1997) o foco deste estudo. A Teoria das Restrições, de Goldratt (1992), ressalta pontos de uma proposta de programação que busca destacar o momento correto de se iniciar uma atividade, a importância de manter o foco nas atividades que de fato irão impactar no tempo e nos ganhos de uma produção e nos custos que são introduzidos pela tentativa de se produzir lotes econômicos e manter estoques em processo.

Apesar de criar as bases da programação, o modelo de Gerenciamento de Projetos de Corrente Crítica (CCPM - *Critical Chain Project Management*, 1997) expande as ideias da TOC por definir como devem ser tratadas os tempos destinados às atividades, mas, principalmente, nas seguranças existentes no momento de estimar o tempo alocado para cada uma.

Este modelo de gerenciamento aplica um diagrama de rede para que seja definida a sequência e o momento de início de cada atividade da cadeia de processos, permitindo a programação, controle e monitoramento. Goldratt (1997) caracteriza uma gestão tradicional pelo excesso de segurança inserida em cada etapa do projeto, estendendo o tempo de finalização e reduzindo os ganhos. A CCPM questiona como estas gestões mencionadas seguem com atraso quando utilizam um tempo excedente cada vez maior.

Neste estudo foram utilizadas simulações para entender a teoria na forma mais prática possível, verificando a capacidade de contenção de atrasos nos projetos, avaliando o ganho de

desempenho na redução de prazos e comparando o impacto fornecido por gestões do capital humano.

1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O objetivo geral do trabalho é responder se o modelo é eficiente. Para tanto buscamos explorar e ilustrar a aplicação deste modelo de gerenciamento de projetos, procurando uma síntese das ideias e uma visualização mais clara da possibilidade de controle e monitoramento.

Para testar a teoria foram realizadas simulações, que tivemos como um objetivo específico, bem como o monitoramento do progresso do projeto. Por meio destes, a aplicação de comparações de resultados nos deu a resposta do objetivo geral. Outro ponto importante avaliado é a questão da gestão dos recursos humanos, ligada à Lei de Parkinson e Síndrome do Estudante - também estudados com comparativos.

A delimitação do trabalho é realizada a partir de um projeto fictício construído exclusivamente para testar cada ponto do estudo e proporcionar um resultado mais próximo do real possível.

1.3 ETAPAS E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Os primeiros passos desta pesquisa foram a reunião dos conceitos da CCPM e da TOC, explorando e avaliando as etapas necessárias para uma aplicação prática do modelo. Estes princípios foram divididos em duas óticas: a reunião de conceitos que permitem caracterizar a Corrente Crítica de um projeto, estipulando a intensidade e os locais de inserção das proteções; e os princípios que devem ser considerados para que fatores humanos, relacionados à gestão, não influenciem negativamente no desempenho da Corrente.

Foi construído um projeto teórico e caracterizado o seu diagrama de rede, definindo os recursos a serem utilizados, o tempo e as dependências entre as atividades. Foi realizado um trabalho neste diagrama para que as etapas de processo fossem sequenciadas de maneira a eliminar as contenções de recursos, permitindo que os recursos processem apenas um atividade por vez; que a próxima atividade do caminho se inicie após o término da antecessora

e deslocando o início de cada atividade para o último momento possível de início. Para todas as atividades do projeto foram reduzidos os tempos estipulados e adicionados os Pulmões de segurança conforme os princípios da CCPM – com os Pulmões de Convergência, de Recurso e Projeto.

Em uma nova etapa da pesquisa foi proposto uma simulação de Monte Carlo, com a realização de 8 mil amostras para cada recurso (totalizando 184 mil dados), com geração baseada em uma distribuição triangular assimétrica, centrada no valor previsto de execução, com média tendendo ao atraso.

Estas amostras foram utilizadas para avaliar possíveis cenários de andamento do projeto, com análise focada no Pulmão de Projeto, visto que esta é a proteção final da Corrente Crítica e pode ser tomada como referência para o andamento de um todo. Foram, também, avaliados alguns cenários escolhidos para que se pudesse visualizar o diagrama de rede real de algumas das possibilidades, verificando a aplicação do modelo.

Foi realizado um comparativo do andamento final do projeto, sobre cenários seguindo os princípios da CCPM e de cenários onde eram esperados que os recursos se comportassem prevendo um comportamento humano segundo a Lei de Parkinson, onde os ganhos recuperados não fossem devidamente repassados e os recursos utilizassem todo o tempo mínimo destinado ao término da tarefa. Este comparativo foi proposto em relação ao percentual de consumo do Pulmão de Projeto, utilizando os dados obtidos por meio de uma nova simulação de Monte Carlo. O objetivo é demonstrar como os ganhos podem ser desperdiçados pela ineficiência da gestão de recursos humanos.

O modelo de gestão por meio da CCPM propõe, também, um novo olhar sobre o monitoramento do andamento do projeto. Foi escolhido um cenário, dentro dos resultados das simulações, para avaliação de caso. Este monitoramento foi observado no percentual de consumo do Pulmão de Projeto ao longo do tempo e por meio do comparativo de progresso do projeto em relação ao percentual concluído na Corrente Crítica e o percentual de tarefas concluídas ao longo do tempo. Teve como objetivo apresentar a importância do monitoramento constante dos processos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo, sendo este, apresenta a introdução, objetivos, etapas e estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, onde foram realizadas as pesquisas que fundamentam este trabalho, foram levantados os princípios pelos quais a Gestão de Projetos pela Corrente Crítica (CCPM) vê a gestão do tempo como pilar do sucesso financeiro da organização. Foi realizado um contexto da Teoria das Restrições – conceito onde a CCPM está inserida – que norteia todos os fundamentos do modelo.

A primeira seção do terceiro capítulo é focada na apresentação do projeto criado e avaliado nesta pesquisa. A segunda seção do capítulo é destinada à simulação de Monte Carlo dos tempos de execução da cada tarefa, permitindo o estudo do consumo do Pulmão de Projeto (como principal foco de avaliação).

Por fim se apresenta a conclusão e a referência bibliográfica do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Em um mercado cada vez mais competitivo, as empresas se veem cada vez mais forçadas a maximizar seus lucros e minimizar os custos, entregando seus produtos dentro do menor prazo. Neste contexto, Eliyahu Goldratt propôs a Teoria das Restrições (TOC), que busca o entendimento que toda organização deve “Aumentar o Ganho, reduzindo simultaneamente o Inventário e a Despesa Operacional” (SOUZA, 2015, p. 187). Estas premissas são explicadas por Luebbe e Finch (1992, p. 1472), como sendo: o ganho, ou rendimento, definido como a taxa na qual o sistema ganha dinheiro com as vendas; inventário, ou estoque, como todo o dinheiro que o sistema investe na compra de coisas que o sistema pretende vender; e despesa operacional como todo o dinheiro que o sistema gasta transformando estoque em rendimento.

Sendo, estes, os princípios que levam para o caminho da principal meta de toda organização privada: o resultado financeiro. Este caminho passa pelo entendimento que toda organização possui restrições, evidenciado pela premissa que “se a empresa não possuísse uma restrição, seu lucro seria infinito” (QUELHAS, BARCAUI, 2004, p.3).

É amplamente disseminado, dentro da Teoria das Restrições (TOC), os cinco passos para a melhoria contínua propostas por Goldratt (1994):

1. Identificar a restrição
2. Decidir como explorar a restrição
3. Subordinar e sincronizar todo o resto à decisão acima
4. Elevar a performance da restrição
5. Se em qualquer um dos passos anteriores, a restrição principal for alterada, voltar ao primeiro passo

‘ Estes passos foram estabelecidos como forma de planejamento e gestão da produção, visando a interruptibilidade do processo produtivo e proteção dos ganhos, com a identificação e exploração das restrições; controle dos inventários; gerenciamento da carga de trabalho – ecoado nos recursos com capacidade produtiva excedentes –; liberação de material e programação da cadeia, pelo sincronismo do fluxo de trabalho; e melhoria contínua do modelo de gestão.

Goldratt (1997, p. 93) divide a administração em dois lados antagônicos, o Mundo dos Custos e o Mundo dos Ganhos. Onde, uma melhoria global do sistema que exige otimizações locais, aplicação de grandes lotes de produção, garantindo altas eficiências e reduzindo o tempo de parada para trocas de ferramentas, é um controle focado nos custos. Entendo, desta forma, que o controle dos custos é feito pelo controle de cada parte do sistema.

No Mundo dos Ganhos o controle está focado na ligação entre os setores, na cadeia como um todo. Retornando aos cinco passos para a melhoria contínua da TOC, tendo identificado e explorado uma restrição, chega-se em um impasse, onde um recurso com restrição de capacidade delimita a capacidade total. Um processo anterior ao gargalo – sem restrição de capacidade – deve diminuir seu ritmo, reduzindo suas eficiências para subordinar o fluxo de trabalho à restrição, amortecendo os inventários e garantindo um fortalecimento da cadeia. De forma que, “não há como termos um bom desempenho de ganho através de bons desempenhos locais em todo lugar” (GOLDRATT, 1997, p. 104).

É defendido pela TOC que não há meio-termo entre a administração pelo Mundo dos Custos e dos Ganhos, estabelecendo um enfoque em desempenho locais ou globais. Contudo, definir altas eficiências, necessariamente, exige o trabalho com elevadas ocupações da capacidade dos recursos. Como resultado deste modelo, há o acúmulo de material, ou processo, antes da restrição, gerando inventário – entendido pela TOC como dinheiro parado e custos de manutenção. Devendo reduzir o fluxo de trabalho em um recurso sem restrição de capacidade com a motivação da redução de custos. Sendo, o pressuposto do Mundo dos Custos – em que somente é possível controlar os custos pela melhoria local – o problema-raiz das organizações.

Um ponto que, de acordo com a TOC, é tradicionalmente realizado de forma que – apesar de não ser incorreta – direciona a organização para caminhos indesejados, por utilizar uma administração no Mundo dos Custos, no modelo de monitoramento de desempenho. Goldratt (1997, p. 114) exemplifica esse monitoramento com a medida de tonelada por hora (ton/h) produzido em uma linha, como sendo a principal medição de desempenho operacional fabril. Observando que os departamentos tentam maximizar suas eficiências em ton/h. Adicionados a este fator, questões como: sempre há itens fabricado com melhores eficiências que outros; que nenhuma produção é ineficiência e que cada *setup* adicionado reduz a eficiência local. Há conclusões, respectivamente, na tendência de: produzir itens mais rápidos em detrimento dos mais lentos, produzir para estocar – mesmo sem pedido – e processar pedidos antes do necessário e fora de sequência. Todos esses fatores foram observados por

seguir a administração pelo Mundo dos Custos, levando ao aumento de inventários (prejuízo nos custos) e atraso na entrega (prejuízo nos ganhos).

Goldratt (1997, p. 29) ressalta que todos os projetos passam pela alta probabilidade de estourar o orçamento, o prazo e comprometer o conteúdo do projeto. Wurthmann e Manocchi (2018, p. 3) ressalta que a dificuldade de atender os prazos é a origem dos problemas ligados aos custos e falhas na entrega do escopo esperado pelo cliente. Isto ocorre visto que projetos que se alongam acabam exigindo mais recursos e, muitas vezes, acabam encontrando soluções falhas na expectativa de atender ao prazo.

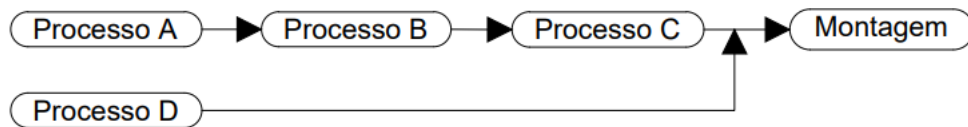
O andamento do projeto quanto ao prazo se torna uma das questões mais importantes dentro das organizações por ter grandes impactos negativos no ganho, por alargar o volume de inventários e despesas. Em um ambiente de multiprojetos esse gerenciamento se torna ainda mais relevante por elevar o número de restrições quanto a disponibilidade de recurso e inventários em processamento – aumentando a carga de trabalho em pontos de não gargalos, criando novas restrições.

2.2 CORRENTE CRÍTICA

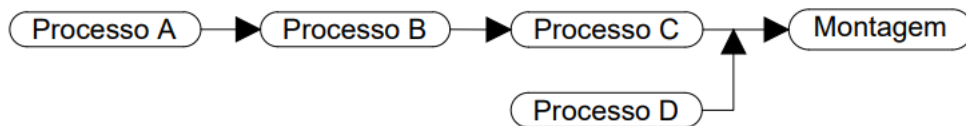
Os passos para a melhoria contínua, definidos pela TOC, foram propostos para serem utilizados dentro do ambiente de gerenciamento de produção, garantindo um procedimento de otimização dos processos. Goldratt propõe ainda um método para planejamento, execução e gerenciamento de projetos, denominado de Gerenciamento de Projetos de Corrente Crítica (CCPM - *Critical Chain Project Management*).

Dentro de um ambiente de projeto, com multitarefas, há uma série de processos dependentes e independentes a serem desenvolvidos em sequência ou separadamente, convergindo em um dado momento do processo. A Figura 1 exemplifica uma série de processos, dependentes e independentes, ao longo do tempo de projeto. É observado que o processo D – Figura 1 (a) – é realizado ao início do projeto, com uma grande folga, diferente do apresentado na Figura 1 (b), onde o processo D é realizado próximo do momento onde é requisitado. Contudo, em ambas as programações, o tempo para finalizar o projeto não foi alterado, uma vez que o processo D não possui dependência e o caminho seguido pela sequência de processos paralelos (A, B e C) é consideravelmente maior.

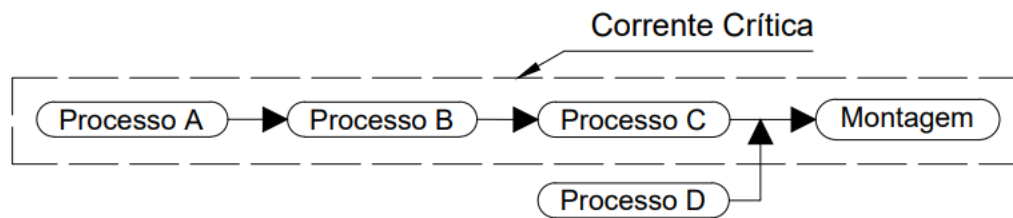
Figura 1 - Sequência de processos dependentes e independentes



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autor (2025)

Uma importante e simples observação é que a sequência de processos A-B-C é o mais longo, portanto está dita o tempo de produção, sendo assim denominado de Corrente Crítica, “que nada mais seria do que a corrente mais longa de eventos dependentes de um projeto.”(CARDIM e GRANJA, 2011, p. 4).

Quelhas e Barcaui (2004, p.7) definem a CCPM como uma abordagem gerencial e de diagramação de rede como uma forma de melhorar a performance de projetos, resolvendo conflitos desafiando as premissas do planejamento e controle da produção tradicionalmente aplicadas.

A Teoria das Restrições (TOC) e a Corrente Crítica (CCPM) possuem uma importante abordagem em relação ao gerenciamento do tempo de projeto. Couri (2010, p. 59) afirma que, usualmente, a duração das atividade ultrapassa o prazo estabelecido pelo limite técnico e como forma de assegurar que os projetos não passem por atrasos, os gerentes acabam introduzindo uma margem de segurança em cada atividade, aumentando sensivelmente a duração total do projeto. Isto ocorre porque a dificuldade em se determinar estimativas de tempo realistas para cada etapa do projeto está centrada nas incertezas, como descrito por Goldratt (1997, p. 44). É de conhecimento dos gerentes as incertezas existentes na criação de

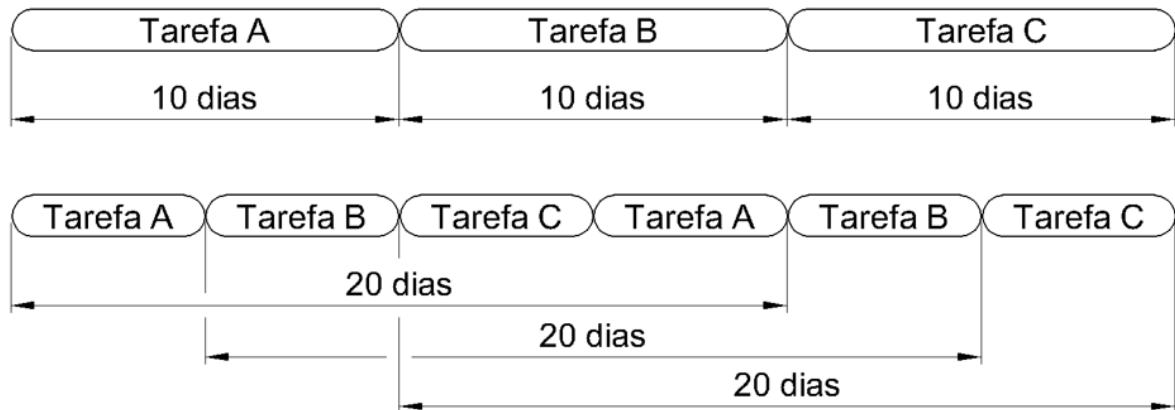
estimativas de tempo. Os problemas gerados por estas incertezas são prevenidas adicionando segurança de tempo em cada etapa do projeto, visto que “na maioria das empresas há pouco incentivo, se é que há algum, para acabar antes do tempo, mas muitas explicações são necessárias quando se atrasa” (GOLDRATT, 1997, p. 48).

É entendido pela CCPM a grande tendência de inserção de uma alta margem de segurança em cada processo. Goldratt (1997, p. 124) prevê três mecanismos principais para adição de segurança no projeto, onde as estimativas de tempo são baseadas em experiências pessimistas; que cada nível gerencial adiciona sua própria segurança; e que as pessoas responsáveis pela estimativa de tempo protegem suas estimativas contra possíveis cortes. Muitas vezes a estimativa de tempo toma como referência o último grande atraso de tarefas semelhantes. Destacando que a estimativa, como um todo, é feita pela soma das estimativas de cada tarefa – que já possuem proteções excessivas –, mais uma proteção adicionada pelo gerente ou responsável, como uma segurança final, já prevendo atrasos. E visto, também, que gerentes de altos níveis hierárquicos esperam que os projetos sejam realizados antes do estimado, reduzindo o prazo, levando os responsáveis pelas estimativas a adicionarem segurança esperando tal corte.

Um ponto de questionamento é: se há excesso de segurança inserido ao projeto, por que estes tendem a sofrer problemas com os prazos? Barcaui e Quelhas (2004, p. 8) sintetizam os preceitos descritos por Goldratt, onde várias dessas causas são: a característica humana de adiar uma tarefa até o ponto onde esta se torne urgente para iniciá-la (síndrome do estudante); o tempo para realização de uma tarefa se expande para preencher todo o tempo disponível, mesmo realizando grande parte da tarefa antes do tempo, o recurso consome todo o tempo restante para terminar de completá-la (lei de Parkinson); o desperdício das folgas entre etapas, em tarefas dependentes, onde uma etapa terminada antes do prazo não é notificada para o responsável pela próxima etapa¹, ou mesmo que reportada, o próximo recurso pode estar ocupado com outra tarefa; no caso de tarefas realizadas em paralelo, que convergem para o mesmo ponto, a próxima tarefa só irá iniciar quando finalizadas todas as antecessoras, uma tarefas que termine antes do tempo não vai encurtar o tempo final; e o caso de multitarefas, exemplificada na Figura 2.

¹ Ponto exemplificado por Goldratt (1997, p. 127) pelo diálogo: “É que, da forma como estamos organizados, não há nenhuma recompensa se acabarmos mais cedo, mas sim uma grande penalidade. –e, ele explicou: – Se você acabar mais cedo, você só vai fazer com que a gerência coloque mais pressão para cortar os tempos estimados. Seus amigos, que são responsáveis por outras equipes, não vão gostar muito disso.”

Figura 2 - Caso de multitarefas



Fonte: Adaptado de Goldratt (1997, p. 133)

Em um departamento, como exemplo, com restrição de capacidade de processamento e elevada demanda é comum o envolvimento em muitos projetos simultaneamente. Na Figura 2 é exemplificado um recurso que deve processar três tarefas, de projetos independentes. Se processado sequencialmente cada etapa terá o *lead time* de 10 dias. Porém, por serem etapas de tarefas independentes, com pressão para que sejam finalizadas, vinda de setores diferentes, este recurso acaba processando essas etapas na forma de multitarefas. Entendendo o *lead time* como o tempo entre o início e o fim das tarefas, estas tiveram o *lead time* duplicado. Este fenômeno de multitarefas também pode ser entendido como reuniões ou emergências.

Para que sejam garantidos os prazos de projeto e redução do *lead time* é necessário que sejam utilizadas as capacidades máximas dos centros de trabalho. Contudo, entendendo que, como defendido pela TOC, sempre há uma restrição no sistema e o ritmo desta é ditado pela restrição, é preciso que os recursos, que a precedem, mantenham um fluxo constante e suficiente. Entretanto, a CCPM vê as incertezas como ponto fundamental no planejamento, desta forma, para que seja garantido um fluxo de trabalho constante na restrição, é necessário protegê-la contra imprevistos vindos de um recurso anterior. Em um ambiente de produção esta é feita pelo acúmulo de inventário antes da restrição, que permite à ela continuar o fluxo.

É, então, inevitável que a restrição utilize deste inventário quando interrompido o fluxo de processo antes dela. Para que este inventário não se esvazie e o fluxo de trabalho não seja interrompido, é preciso repor esse inventário, para tal, é necessário que os recursos anteriores não somente processem no fluxo normal, mas, também, o necessário para repor o inventário. Entendendo que os recursos anteriores possuem capacidade produtiva excedente, estes possuem o necessário para a reposição.

Em uma linha produtiva, a distância entre a liberação da matéria-prima e o produto acabado é o inventário em processo, de forma semelhante, em uma ambiente de projeto, o tempo entre o início e o fim é o *lead time* do projeto. Buscando reduzir ambos, é necessário que todo o sistema mantenha o mesmo fluxo. Porém, o fluxo é limitado pelo gargalo ou restrição, desta forma, quando se busca manter as eficiências em altas (Mundo dos Custos) é incentivado o ganho de produtividade ou redução do tempo da atividade, o que eleva o inventário em processo ou *lead time* – em um ambiente de projeto por ser visto um distanciamento entre o início do projeto e a restrição.

Modelos produtivos para que sejam evitadas as dispersões, redução do inventário e *lead time*, são exemplificados por Goldratt (1997, p. 153), dentre estes a linha de montagem, que controla o material em processo por meio de correias transportadoras. Uma vez que um recurso com restrição de capacidade se torna uma gargalo e o recurso anterior à ele possui uma capacidade produtiva excedente, este não poderá manter o seu ritmo de trabalho normal, pois não haverá espaço físico para se depositá-lo, assim, o seu ritmo de produção é definido pelo gargalo. De forma semelhante, no modelo produtivo do *just-in-time* o uso de *containers* somente permite um acúmulo limitado de produtos entre os centros de trabalho. Goldratt ressalta o quão efetivos são estes métodos, pois garante um *lead time* bem menor que os métodos convencionais.

Goldratt (1997, p. 155) descreve uma diferença do modelo produtivo japonês e da linha de montagem com a CCPM, pois, uma vez interrompida a produção em um centro de trabalho toda a linha é paralisada. Buscando manter a eficiência do projeto, o único local que necessita dessa proteção é a restrição – não entre cada etapa do projeto como comumente aplicado. Em um ambiente de projeto, o acúmulo de inventário que protege o fluxo de trabalho na restrição da produção é o tempo de segurança. Assim, tendo identificado a restrição, para que seja possível explorá-la é preciso protegê-la contra interrupções vindas de outros recursos.

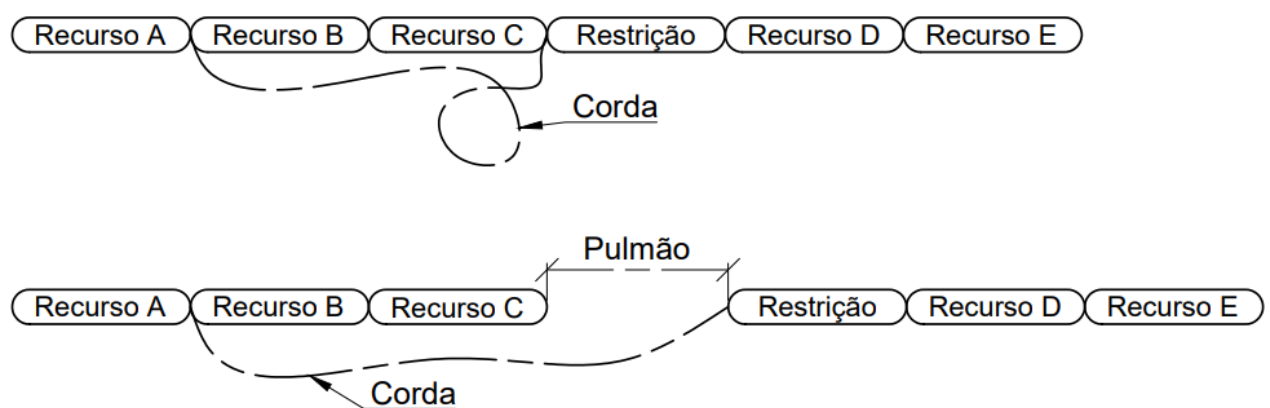
2.2.1 Tambor-Pulmão-Corda - TPC

Para que o fluxo de trabalho não seja interrompido por uma etapa paralisada, a CCPM propõe uma ligação inflexível não entre cada etapa, mas entre a restrição e o início da linha – proposto como uma grande diferença entre os princípios da TOC e os outros modelos produtivos: o entendimento, a identificação e exploração da restrição. Pois, uma vez que eram

feitas ligações entre as etapas, a interrupção de uma centro de trabalho forçava o acúmulo de inventário entre os recursos e não o fluxo continuado deste em direção ao gargalo – que poderia promover o acúmulo dele concentrado, como proteção da restrição.

Aqui são definidos dois importantes conceitos da CCPM, exemplificados na figura 3, o Pulmão (*Buffer*), como sendo o tempo de proteção inserido antes do recurso com restrição de capacidade produtiva e a Corda (*Rope*) de ligação entre a restrição e liberação de matéria-prima ou início do projeto.

Figura 3 - Definição Corda-Pulmão



Fonte: Autor (2025)

Esta corda de ligação força a liberação de material no mesmo ritmo que a restrição pode absorvê-la. Entendendo, novamente, que os recursos anteriores à restrição possuem capacidade produtiva excedentes, estes processam mais rápido que o gargalo, porém em ritmos iguais (visto que estes estarão processando menos material que sua carga máxima), e os recursos posteriores a restrição também estarão reunidos, pelo mesmo motivo. Criando, assim, uma folga – definida e controlada – entre os recursos anteriores à restrição, de forma que a interrupção no início da linha, por exemplo, não interrompa o fluxo de trabalho da restrição. Esta folga, chamada de Pulmão, vai definir o tamanho do inventário ou *lead time* permitido antes da restrição. “A questão é como preservar folgas, desejáveis e necessárias, para absorver imprevistos sem comprometer a data final do projeto, sem aumentar o prazo total de sua execução” (COURI, 2010, p. 59).

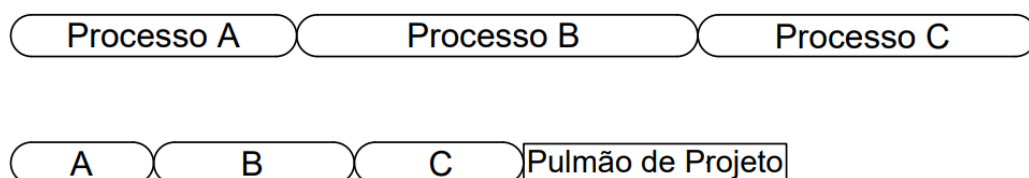
Uma das propostas da CCPM, em contrapartida de gerenciamentos mais tradicionais, vem pelo entendimento de que são adicionadas proteções excessivas em cada etapa de um projeto. A CCPM propõe uma redução da estimativa de tempo necessário para execução de

cada etapa – Goldratt (1997, p. 163) afirma que a redução para metade da estimativa, baseado na curva de distribuição normal, determina uma probabilidade de 50% de ocorrência de uma tarefa terminar no prazo. Esta simples e pura aplicação acrescentaria vulnerabilidade no caminho crítico, possibilitando atrasos. Para tal, a CCPM controla este risco adicionando segurança em pontos que necessitam gerenciamento, como forma de proteção da Corrente Crítica.

A metodologia de planeamento da produção por Tambor-Pulmão-Corda (TPC) parte do pressuposto, de acordo com Souza (2005, p. 185), que em um sistema produtivo, há poucos Recursos com Restrição de Capacidade (RRC), estes ditam o ritmo de produção (Tambor). Como forma de proteção do sistema, para que a produção não seja interrompida por falta de material em um RRC, é criado antes dele um inventário que protege a produção por um período de tempo determinado (Pulmão). Para que não ocorra um acúmulo de produtos em processo – inventário – o material é liberado para a fábrica no mesmo ritmo com que o RRC o consome (Corda).

Em um ambiente de projeto, é entendido que a maior restrição do sistema é o compromisso com o prazo final. Sendo, assim, este um ponto que necessita de proteção, realizada pela adição de um Pulmão de Projeto ao final do caminho crítico – ou na expedição em um sistema de manufatura –, como forma de amortecer incertezas inerentes à programação e o processo de estimar o tempo destinado de cada etapa. É expresso por Goldratt (1997, p. 164), como uma boa prática, a redução da estimativa de cada etapa pela metade e adição de um Pulmão de Projeto de tamanho igual a metade da segurança retirada, conforme apresentado na figura 4.

Figura 4 - Inserção do Pulmão de Projeto



Fonte: Autor (2025)

Como forma de proteção da Corrente Crítica de possíveis atrasos em decorrência de atrasos vindos de caminhos não restritivos, são adicionados ao final destes – antes da convergência com a Corrente Crítica – um pulmão de tempo (Pulmão de Convergência). De

forma semelhante ao ambiente de manufatura, onde a proteção é feita por meio de um pequeno acúmulo de inventário, como exemplo exposto por Souza (2005, p. 185): “se o intuito é explorar a restrição, deve-se evitar que peças produzidas por um recurso restritivo fiquem esperando, na operação de montagem, por peças provenientes de recursos não-restrição”.

Em muitos casos, como expresso por Goldratt (1997, p. 168), uma etapa é marcada como “urgente” visto que a próxima etapa somente pode iniciar ao fim desta. Porém, um fato que é inerente ao processo se torna um debate quando a próxima etapa é de responsabilidade de outro setor, que deve esperar o recebimento. Goldratt ressalta como a síndrome das eficiências está vivida não somente na produção e que muitas das emergências são na realidade alarmes falsos, uma vez que essa espera não atingiu o pulmão na qual ela alimenta.

Por fim, outro aspecto que pode influir na Corrente Crítica é que, mesmo estando tudo pronto para a continuidade do fluxo na corrente, o próximo recurso pode estar ocupado processando outra tarefa. Tal acontecimento pode consumir grande parte dos avanços, fato este, que não deve ocorrer no caminho crítico do projeto, em especial, em um recurso com restrição de capacidade.

Para que sejam preservados os avanços, Goldratt (p. 172) propõe um Pulmão de Recurso, como forma de conter os prejuízos por tal contenção. Ressaltando, também, a necessidade da informação atualizada, do andamento da tarefa do caminho crítico, ao responsável pela execução dos processos. Garantindo, que quando chegado o momento, este recurso estará disponível, tal como demonstrado no trecho:

Uma semana antes do necessário nós simplesmente lembramos as pessoas que o trabalho delas no caminho crítico está chegando. Em seguida, três dias antes, as lembramos de novo. E, novamente, um dia antes, quando temos certeza de que tudo vai estar pronto. O que é importante é que as pessoas saibam que, quando a hora chegar, elas precisam parar o que estão fazendo e trabalhar no caminho crítico. (GOLDRATT, 1997, p. 173)

2.2.2 Monitoramento e Controle

Entendendo, assim, a importância do monitoramento, é necessário um modelo de medição do andamento do projeto. Uma vez que é proposto a retirada de folgas e encurtamento dos prazos, é adicionado um risco no prazo de entrega do projeto. Goldratt (1997, p. 77) levanta, então, um questionamento quanto à medição de progresso de um projeto. Tradicionalmente, o progresso de um projeto é “medido de acordo com o montante de

trabalho ou de investimento, já feito, em relação ao montante ainda por fazer” (GOLDRATT, 1997, p. 77). Contudo, esta análise de medição não faz diferenciação de progresso realizado na corrente crítica ou não. O resultado deste monitoramento é uma falsa sensação de progresso, onde o avanço em um caminho compensa o atraso em outro, podendo indicar assim que o projeto está em evolução e que o prazo geral pode ser alcançado, porém o projeto estará em atraso, visto que somente será concluído quando finalizado todos os caminhos.

O modelo de medição de progresso é um indicativo que deve conduzir os gerentes para os pontos que necessitam de atenção. Contudo, este modelo incentiva o progresso – e o início antecipado – de caminhos não críticos, visto que estes também são contabilizados como progresso. Para um monitoramento correto do andamento – baseado no CCPM –, é preciso um monitoramento dos pulmões inseridos.

Em conceito estipulado pelo CCPM, o tempo estimado para a realização de cada tarefa do projeto é reduzido pela metade – como referência proposta por Goldratt –, sendo assim, como expresso por Barcaui e Quelhas (2004, p. 14), é esperado que metade das tarefas terminem mais cedo e metade mais tarde. Por consequência, é esperado, também, que o tempo dos pulmões sejam consumidos e recuperados ao longo do projeto.

De modo geral, para muitos autores, o tempo dos pulmões é dividido em três partes. De forma que, se há um consumo de até $1/3$ do tempo reservado ao pulmão, nenhuma ação é necessária, visto que este deve ser recuperado com o tempo, à medida que algumas tarefas terminam antes do esperado. Um consumo maior que $1/3$ do pulmão, mas menor que $2/3$, é gerenciável. Neste ponto, os gerentes devem traçar planos para recuperação do tempo, “este plano de recuperação pode passar por horas extras, alocação extra de recursos, aumento de prioridades, fast-tracking, etc” (QUELHAS, BARCAUI, 2004, p. 14). Um consumo maior de $2/3$ do tempo do pulmão é caracterizado como crítico, sendo necessário, ao gerente do projeto, a colocação do plano de recuperação em prática.

Esta mudança proposta no modelo de medição do progresso permite um monitoramento do andamento, mas também nas expectativas de atrasos. Dados atualizados, na maior frequência possível, geram uma maior flutuação no consumo dos pulmões. É plenamente esperado que problemas inesperados aconteçam, fazendo com que os pulmões – seguindo a ordem de Recurso, Convergência e Projetos – sejam consumidos e restabelecidos. Problemas estes que, quando evidenciados, criam, naturais, preocupações no prazo, elevando o tempo estimado para o fim da tarefa e consumindo os pulmões inseridos – onde uma estimativa que consuma grande ou toda parte do Pulmão de Projeto é alarmante. Contudo, é também natural que estes problemas gerem maior comoção para a solução, que, muitas vezes,

são mais simples do que as preocupações. Visto que, as previsões de prazo de execução são ditadas pelas experiências vividas pelo executor, estas estão sujeitas a grandes variações dadas pelo fator humano, onde esta observação é um fato importante nas constatações do Método da Corrente Crítica.

Esta mudança de comportamento é defendida por Goldratt (p. 171) declarando que há uma diminuição da tensão para que sejam cortadas especificações iniciais de qualidade, dadas por “alarmes falsos”. Há uma redução da Síndrome da Eficiência em gerentes por conta de funcionários com baixa produção, visto que para uma determinada tarefa ou é muito cedo para processá-la ou este é o momento para finalizá-la o mais rápido possível. Defendendo, também, que retirando os marcos de projeto, o tempo destinado à uma etapa é reduzido, gerando uma mudança de comportamento. Uma vez que os prazos para realização continham folgas, este era o prazo de término, levando ao responsável consumi-ló (Síndrome do Estudante). Contudo, é entendido que há uma real possibilidade de que determinada tarefa não seja concluída no prazo, visto a diminuição do prazo, transparecendo a necessidade do acompanhamento próximo do gerente responsável – fato este que poderia não ser visto com bons olhos quando o gerenciamento do prazo era única responsabilidade do executor, com um prazo plenamente estabelecido.

Sendo assim, as mudanças de paradigmas propostas pela CCPM necessitam de persuasão e compreensão do fator humano para que os envolvidos aceitem cortar as estimativas de tempo, eliminar os prazos para o término de etapas individuais e um repasse frequente das previsões de término.

Estas mudanças são mais fáceis de serem controladas em agentes internos, contudo, Goldratt propõe uma discussão de ambientes de projetos com grande influência de fornecedores e subcontratados, onde a escolha destes tem uma maior prioridade baseada no preço. Os agentes externos possuem grande impacto nos atrasos, de forma que é essencial compreender o impacto financeiro destes. Estas penalidades podem estar relacionadas à perda de credibilidade e a atrasos na colheita de benefícios – sejam o faturamento de uma obra ou projetos internos, como uma expansão. O adiamento dos benefícios ainda podem gerar impactos quando estes podem não estar disponíveis no futuro ou em questões de capital aberto – onde o preço das ações possuem grande influência da expectativa de participação de mercado.

Goldratt (1990, p. 187) defende, então, a importância de entender o verdadeiro impacto, para que sejam estabelecidos o quanto estará disponível para trocar dinheiro por *lead times* menores. Contudo, esta discussão esbarra em um dilema, de como reduzir os prazos de

fornecedores sem comprometer uma data de entrega e esbarrar na Síndrome do Estudante. Dentre as propostas, está a troca de redução do *lead time* por um maior pagamento, mesmo tal proposta não ser tão facilmente aceita. Fornecedores e subcontratados possuem grande tendência em relutar pela redução do *lead time*, visto o impacto de credibilidade acarretada pelo atraso.

O autor ilustra a oportunidade de subcontratados crescerem no mercado competindo por *lead time* ao invés do preço, uma vez visualizado a grande perda do contratante por atrasos de fornecedores e subcontratados. Esta oportunidade é ilustrada propondo um ganho na entrega de projetos antes do prazo, porém, principalmente, uma grande penalidade em caso de atrasos – onde tal proposição surge de subcontratados. Inicialmente, esta visão pode ser contraditória, acrescentando grande risco aos subcontratados, contudo, para subcontratados com um bom gerenciamento de seus processos e conhecimento de que podem reduzir seus *lead time*, possuem grande vantagem competitiva, crescendo seu mercado e mantendo bons preços.

Quando se verifica o andamento de um projeto quanto à corrente crítica, se cria uma série de eventos dependentes – onde o caminho mais longo é conceituado como o caminho crítico – e eventos paralelos, pertencentes ao caminho não-crítico, que no eventual momento converge com o caminho crítico. Dada a importância no enfoque com o caminho crítico, este é protegido pelos pulmões de recurso e convergência. Entretanto, um projeto sujeito a grande variabilidade pode encontrar um problema grande o suficiente, em uma etapa de um caminho não-crítico, que consuma que todo o pulmão de convergência e grande, ou toda, parte do pulmão de projeto. Para tal situação, é possível se propor uma mudança da corrente crítica, visto o atraso acumulado em um caminho não-crítico.

A CCPM avalia a necessidade de proteção da corrente crítica, visualizando esta como a maior corrente de eventos determinante para o término de execução de um projeto. Sendo assim, está protegida de diferentes formas permitindo que os atrasos possam ser monitorados, controlados e recuperados ao longo do projeto. Contudo, para um evento do caminho não-crítico, que consuma todo o pulmão de convergência e o seu atraso acumulado influencie o término do projeto, este passa pertencer à cadeia de eventos mais longa, indicando uma mudança do caminho crítico. Porém, este caminho não possui os meios de proteção (pulmões) necessários para o controle e recuperação dos atrasos, necessitando de uma mudança sistemática das posições dos pulmões de recurso e convergência.

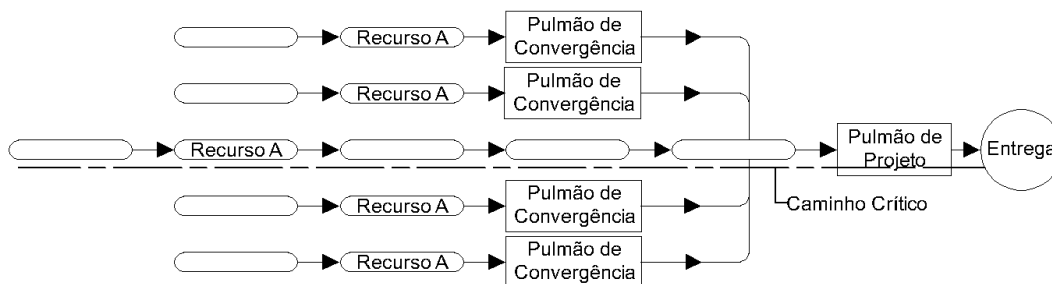
Uma mudança do caminho crítico poderia acarretar uma reação em cadeia da programação inicialmente estabelecida, tornando inviável a utilização sistemática do método.

Goldratt (1900, p. 222) expressa que tal ocorrência não poderia levar ao rearranjo do projeto, propondo, então, um estudo das contenções de recurso, onde um recurso – responsável pelo rearranjo – estaria ocupado em outra tarefa, igualmente necessária para a manutenção do processo. Este fenômeno seria comum em situações de multi-tarefas ou recursos que necessitam trabalhar em paralelo em diferentes etapas.

Esta contenção de recurso é exemplificada na Figura 5, onde o Recurso A é aplicado em caminhos não-críticos em paralelos. Uma vez que este recurso não tem a possibilidade de trabalhar nestas etapas ao mesmo tempo, é necessário reconhecer a capacidade limitada do recurso, visto que os pulmões de convergência não possuem a capacidade de absorver os atrasos. Sendo, assim, necessário terminar a maior corrente de eventos dependentes, que podem pertencer a um caminho ou resultar de um recurso em comum – que por não poderem ser realizados em conjunto, criam uma dependência de recurso. O autor então define a maior corrente de eventos dependentes como sendo a Corrente Crítica do projeto.

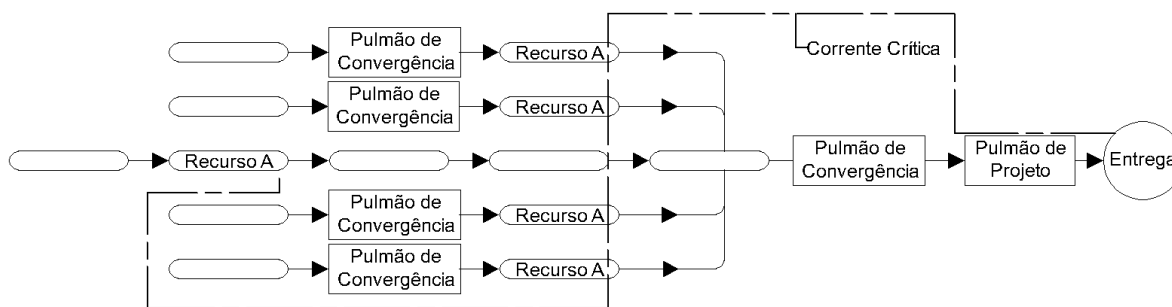
Dada então uma definição para a Corrente Crítica, é necessário reconhecer as contenções e reorganizar os preceitos, exemplificado na Figura 6. Nesta é exemplificada uma cadeia de eventos dependentes, diferente da original, necessitando a mudança dos pulmões de convergência.

Figura 5 -Contenção de recurso no Caminho Crítico



Fonte: Adaptado de Goldratt (1900, p. 224)

Figura 6 - Contenção de recurso na Corrente Crítica



Fonte: Adaptado de Goldratt (1900, p. 229)

Muitas das contenções podem ser evitadas com a análise mais minuciosa dos recursos, onde parte das tarefas dos recursos podem ser executadas em outros momentos, mesmo que estas são comumente realizadas em sequência pela economia momentânea de tempo ou facilidade – por estar envolvido com a ação –, ou transferir parte da tarefa para outro recurso.

É observado que a Corrente Crítica é superior ao Caminho Crítico, em que uma análise inicial eleva o tempo para finalizar o projeto, mas na realidade eleva a confiabilidade do método e o controle dos processos, uma vez que seguir o Caminho Crítico pode levar a mudança deste continuamente. Desta forma, é destacado a importância de se seguir a Corrente Crítica ao invés do Caminho Crítico.

A CCPM cria uma série de passos para a determinação de um modo de gerenciamento de projetos – baseados no gerenciamento da produção, segundo as premissas da TOC. Tal metodologia de gerenciamento foi descrita para o sequenciamento, controle e monitoramento de tarefas, tendo o seu ápice no gerenciamento de uma gama de projetos mantidos em conjunto, onde as restrições de recursos não estão apenas influenciando em um único projeto, mas uma diversidade de interesses. Em projetos com diferentes contenções de recursos – que precisam processar tarefas ao mesmo tempo – o sequenciamento não criam impacto significativo no prazo final, contudo em um contexto de multiprojetos há inúmeros embates de contenção – podendo haver conflitos entre gerentes de projetos.

Em um ambiente de multiprojetos a questão está no sincronismo, uma vez que no gerenciamento de um único projeto, como discutido, diferentes tarefas que necessitam do mesmo recurso, a escolha é arbitrária. Aqui há diferentes interesses relutantes em adiar suas etapas.

É natural, em tempos atuais, a aplicação de softwares que facilitam a velocidade na identificação de contenções – por menores que sejam – e a eliminação destes. Contudo, estas aplicações levem em considerações tempos previstos para término das tarefas, as quais estão sujeitas à atrasos, onde “qualquer pequeno desvio em um etapa e [...] você tem o efeito dominó” (GOLDRATT, p. 245, 1900) com contenções sendo reestruturadas. Quando uma estimativa de tempo é adotada em um diagrama de rede, estas são tomadas como mais precisas que as incertezas existentes, levando a necessidade de reprogramação sempre que forem encontradas uma nova contenção, apesar que estas poderiam, muitas vezes, serem, facilmente, absorvidas pelos pulmões.

Um dos grandes dilemas na programação de projetos, em um ambiente de multitarefas, está na necessidade de considerar as contenções existentes nos recursos, apesar destas serem dinâmicas. Assim como na programação de produção, pelas premissas da TOC, a programação é realizada conforme a necessidade do gargalo, identificando, explorando e subordinando. Para um único projeto não há um gargalo, uma vez que há uma sequência de tarefas, que uma vez realizada não há necessidade de reprocessar-lá, diferente da produção em que há uma linha contínua de tarefas repetitivas. Contudo, em uma ambiente de multitarefas, há sempre um recurso mais requisitado, necessitando processar diferentes tarefas ao mesmo tempo, o qual é definido como o gargalo.

Assim como na produção, na gestão de projetos a programação de tarefas se inicia pelo recurso restritivo e então subordinando todos os outros projetos. Goldratt (p. 249, 1990) destaca que não reconhecer a existência de um gargalo não apenas impossibilita a sincronização entre projetos, mas também leva ao mesmo cenário da produção, não o protegendo com pulmões e desperdiçando o seu tempo, reduzindo os ganhos da organização.

É proposto, então, voltar a programação como projetos individuais, onde a influência dos outros projetos é considerada pelas informações do gargalo, como o momento de início e fim previsto de execução por este. Para cada projeto é realizada a programação retirando grandes contenções e, então, ajustando em relação às condições impostas pelo gargalo. Em seguida os projetos são protegidos inseridos os pulmões – de projeto, de convergência e de recurso – que protegem os projetos individualmente. Como forma de proteção do desempenho global da organização, Goldratt (1900, p. 249) defende a necessidade de proteção do gargalo, com um Pulmão de Gargalo, forçando o início das atividades. Ressaltando que, muitas vezes, não é necessário programar somente o gargalo, mas, também, um ou outro recurso com restrição de capacidade. A suficiência do Pulmão de Gargalo ou de proteção de recursos com restrição de capacidade são avaliados de forma dinâmica, pelo monitoramento dos Pulmões de

Convergência, uma vez que estes são usados como termômetros, em que se um projetos começar a exaurir estes pulmões este será o sinal de incapacidade e que será necessário reavaliar. Somente assim outro recurso passará a ser considerado como um recurso restritivo.

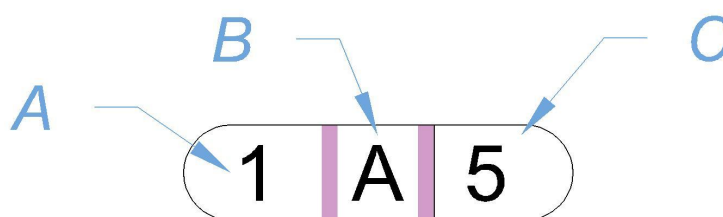
3 DESENVOLVIMENTO

3.1 APRESENTAÇÃO E DIAGRAMA DE REDE

A gestão de um projeto exige o planejamento e o controle de suas etapas, de forma que seja possível estabelecer um sequenciamento das atividades, identificando seus precedentes e seus condicionalismos. De uma forma geral, a *CCPM* sugere a criação de um diagrama de rede dos caminhos do projeto, identificando o recurso utilizado e o tempo previsto de execução de cada tarefa. Isto para que seja possível a visualização das dependências, a ordem e momento de execução – usando os princípios da *TOC*, explorando as restrições e sequenciando as atividades baseadas neste princípio.

Neste estudo foi avaliado a capacidade de previsibilidade de projetos quanto aos atrasos ocorridos nas atividades. Foi avaliado, em um primeiro momento, um projeto fictício, inspirado em um projeto real. Para tal, foi necessário caracterizar e definir cada uma das atividades do projeto, conforme ilustrado na Figura 7. Este foi realizado por meio de uma identificação (A), do recurso necessário para a sua execução (B) e o tempo estimado para o término (C).

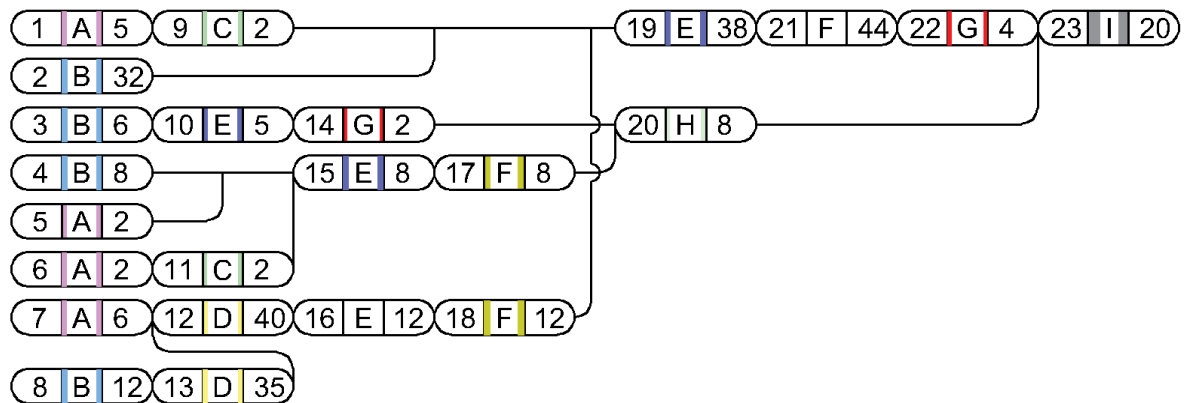
Figura 7 - Modelo de caracterização das atividades do projeto no diagrama de rede.



Fonte: Autor (2025)

Um diagrama de rede, para o projeto estudado, está apresentado na figura 8. Neste, foram sequenciadas as atividades conforme suas dependências. O projeto foi inspirado em um processo de fabricação, onde os diferentes componentes, que compõem o produto final, possuem inícios independentes e são manufaturados e convertidos ao longo do processo para uma entrega final. Todas as atividades foram configuradas de forma que é necessário o fim das atividades antecessores para o seu início.

Figura 8 - Diagrama de rede genérica proposta para estudo



Fonte: Autor (2025)

Para o projeto mencionado, o diagrama de rede apresentado foi tratado e os processos sincronizados. A *TOC* possui como pilar a exploração da restrição, no gerenciamento de projetos a maior restrição encontrada é o tempo. Outra importante consideração da *TOC* é a redução de inventários. Na gestão de projetos estes inventários podem ser entendidos como processos parados – sejam esperando que outros processos dependentes sejam finalizados ou atividades que foram processadas antes do tempo necessário. Desta forma, os processos foram sincronizados de forma a eliminar contenções, folgas na corrente crítica e no momento adequado ao seu início.

No sequenciamento das etapas de um projeto é comum que estas sejam alocadas de forma cronológica. Entendendo que na *CCPM* o caminho crítico ditará o tempo total do projeto, é aconselhado o início de um caminho no último momento possível – buscando postergar o consumo dos recursos, permitindo alterações no projeto sem a necessidade de retrabalhar etapas já concluídas e minimizando o trânsito e a necessidade de alojamento – em projetos que utilizam insumos físicos.

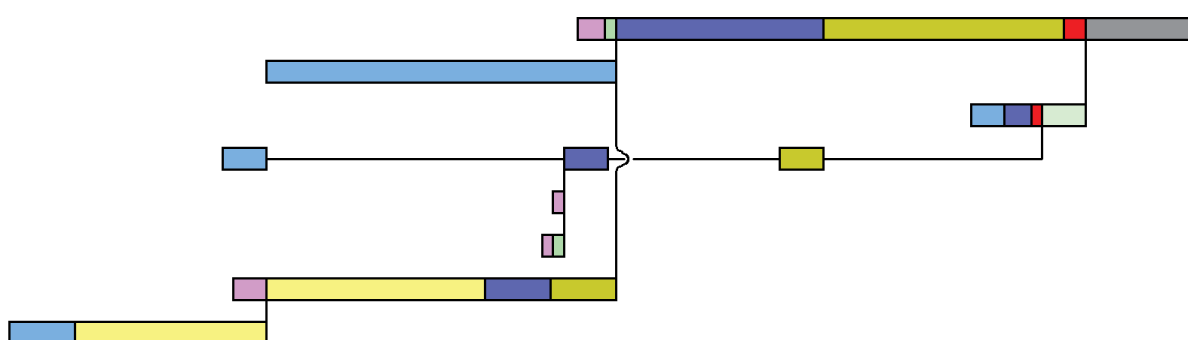
Dentro de um projeto há uma série de caminhos e o caminho mais longo pode ser chamado de caminho crítico. No sequenciamento das atividades, o caminho crítico pode ser entendido como a restrição do sistema – pois tem como impacto a *verdadeira* restrição, o tempo ou *lead time*. Seguindo a *CCPM*, esta restrição deve ser explorada como o ponto focal, assim o projeto estudado teve suas atividades sincronizadas partindo do último processo, mantendo o caminho crítico do projeto livre de folgas ou desperdícios de tempo.

Os caminhos convergentes tiveram também suas atividades sincronizadas trazendo-os para o último momento possível de início, reduzindo os inventários de processo. Estes

caminhos convergentes tiveram suas atividades subordinadas à restrição (caminho crítico), permitindo folgas, quando necessário, visto que estas não afetam o *desempenho global* do projeto, para que sejam eliminadas as contenções de recursos no caminho crítico.

Na Figura 9, é possível verificar o primeiro momento de sincronismo das atividades no diagrama de rede. Para tal, o caminho mais longo de atividades foi preservado de folgas e os caminhos convergentes foram alocados para o seu início o mais tardar, contudo, sem que houvesse contenção de recursos.

Figura 9 - Diagrama de rede genérica sincronizado



Fonte: Autor (2025)

A gestão do tempo na *CCPM* é fundamentada no pressuposto de que há grande segurança inserida nas estimativas de tempo de execução de cada tarefa. Desta forma, é necessário a redução destas estimativas, para que o projeto esteja sequenciado de maneira a não haver desperdício de tempo e elevar a performance da restrição. Esta constatação é conhecida dentro da *CCPM*, porém, uma difícil avaliação da verdadeira segurança existente nesta estimativa acrescenta, dentro do gerenciamento, uma elevada dose de incerteza.

Esta incerteza é o motivo de se elevar a segurança dentro do gerenciamento dos processos, pois é conhecido o poder de cascata que o atraso que uma única etapa do projeto pode ocasionar – em especial financeiros, sejam perdas de insumos, multas ou mão-de-obra ociosa. Pontos de controle para os projetos normalmente são utilizados como marcos de projeto. A *CCPM* não se utiliza de marcos, mas adota pulmões, aplicados em pontos de controle nos projetos. Estes pulmões são utilizados como respiros de projeto – visto que a redução das estimativas de tempo adicionam estresse ao longo do caminho – impedindo que o atraso de uma etapa do projeto seja levado para a corrente crítica.

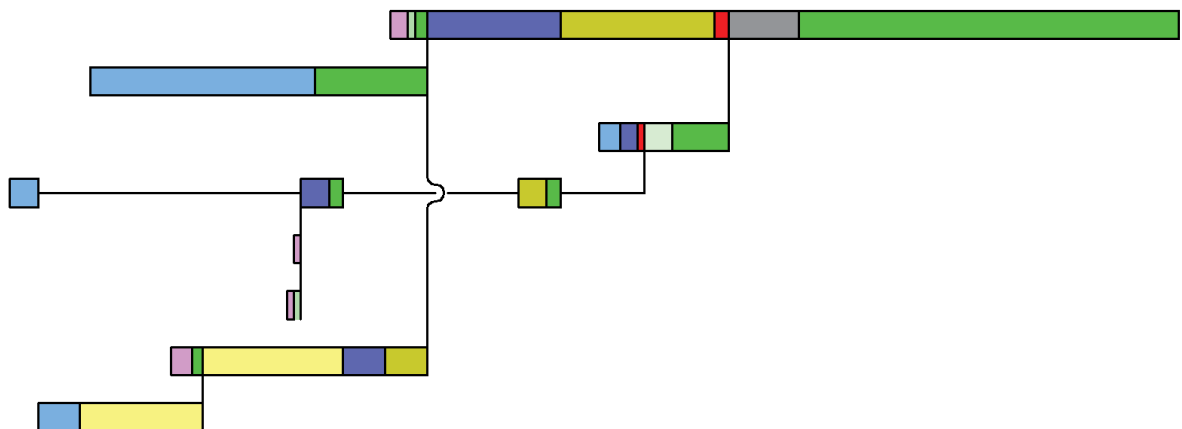
Os pulmões são, também, utilizados como pontos de controle dinâmicos do projeto. Onde o monitoramento do consumo dos pulmões, que são consumidos e abastecidos,

conforme os processos atrasam ou terminam antes do esperado (ou mesmo dentro da estimativa de atraso ou adiantamento, para projetos com elevado poder de monitoramento), permitem uma gestão dos diferentes caminhos de convergência (pulmões de convergência), das restrições (pulmões de recurso) e do projeto como um todo, com o pulmão de projeto.

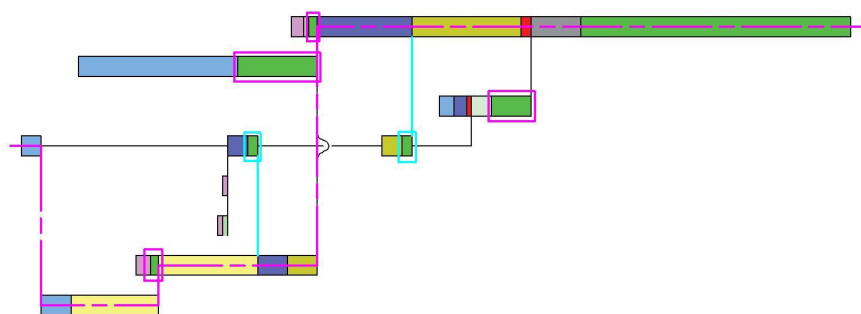
Neste estudo foram adotados Pulmões de Convergência em todos os pontos onde caminhos independentes são anexados à Corrente Crítica. Nestes, foram adotados tamanhos iguais a metade do tempo total do caminho correspondente – ou maior ramificação. Foi inserido Pulmão de Projeto ao final da cadeia, de tamanho igual a metade do tempo total da Corrente Crítica. Foram adotados pulmões de recurso em atividades não pertencentes à Corrente Crítica, mas que atrasos ocorridos nestes recursos teriam impactos diretos na Corrente Crítica, se não houvesse nenhuma proteção para amortecer os atrasos.

Na Figura 10 (a) é possível verificar os pontos de inserção dos pulmões de segurança. Na Figura 10 (b) é apresentado o mesmo diagrama, sendo destacado os Pulmões de Recursos adotados neste projetos e a Corrente Crítica.

Figura 10 - Diagrama de rede conforme a CCPM



(a)



(b)

Fonte: Autor (2025)

3.2 SIMULAÇÃO

Havendo definido o diagrama de rede do projeto, foi possível aplicar uma série de simulações. O intuito destas foi gerar uma grande gama de possibilidades que permitam avaliar inúmeros cenários, por meio de uma simulação de Monte Carlo, como forma de esboçar a resposta dos pulmões na contenção de atrasos.

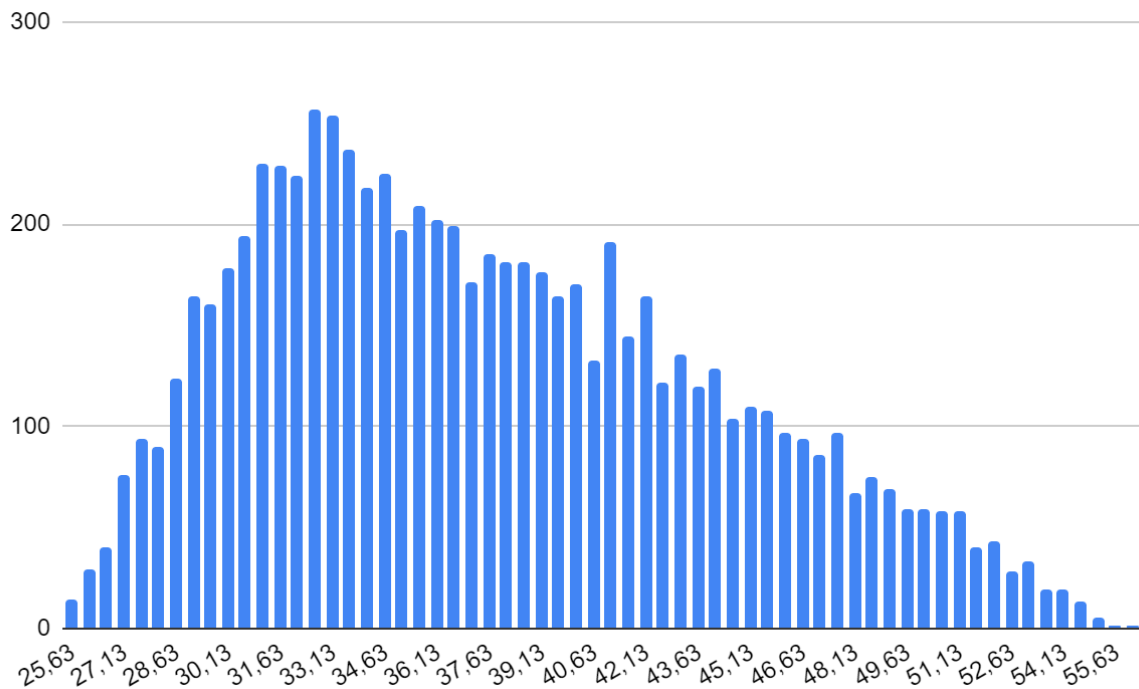
Estas simulações foram realizadas por meio da geração de inúmeros valores aleatórios, para o tempo de execução de cada atividade do projeto, de forma que, ao final, fosse possível construir uma distribuição da frequência do consumo dos pulmões do projeto. Possibilitando, assim, verificar possíveis cenários futuros e avaliar uma distribuição de probabilidade da ocorrência de atrasos.

Para tal, é preciso definir uma faixa de ocorrência e um modelo de distribuição da variável aleatória. Estes valores foram definidos dentro de uma distribuição triangular assimétrica, com moda centrada no valor estimado para execução, permitindo que as atividades sejam executadas antes do tempo previsto, porém com média deslocada para o atraso. Criando, desta forma, um cenário pessimista, para que sejam ressaltadas as capacidades de contenção dos pulmões.

A adoção de uma distribuição triangular assimétrica permite que sejam estabelecidos valores máximos, mínimos e mais prováveis para o tempo de execução de cada tarefa. Isto acarreta uma maior confiabilidade ao processo, avaliando a ocorrência dentro de valores probabilísticos conhecidos.

Para este estudo, foi adotado uma distribuição que permite que as tarefas possam ser finalizadas antes do tempo previsto em até 20%, sendo este o valor mínimo em cada recurso. Para o valor máximo da distribuição, foi adotado atrasos de até 75% do tempo inicialmente previsto para execução de cada tarefa. O valor mais provável, da distribuição triangular adotada em cada tarefa, foi o próprio valor de tempo inicialmente previsto. Um exemplo desta distribuição está apresentado na Figura 11, onde são encontrados os resultados das 8 mil amostras obtidas para o recurso N°2.

Figura 11 - Histograma dos tempos de execução do recurso N°2



Fonte: Autor (2025)

Os valores amostrais, adotados para os tempos de execução das atividades, foram utilizados para uma análise quantitativa da possibilidade de atraso nesse projeto. Estes valores foram aplicados à uma simulação de Monte Carlo, onde foram utilizados 8 mil amostras, para cada recurso alocado no projeto, possibilitando obter uma grande quantidade de resultados possíveis de tempos de execução das tarefas. Estes resultados combinados permitem avaliar uma série de cenários possíveis, proporcionando uma expectativa do andamento do projeto.

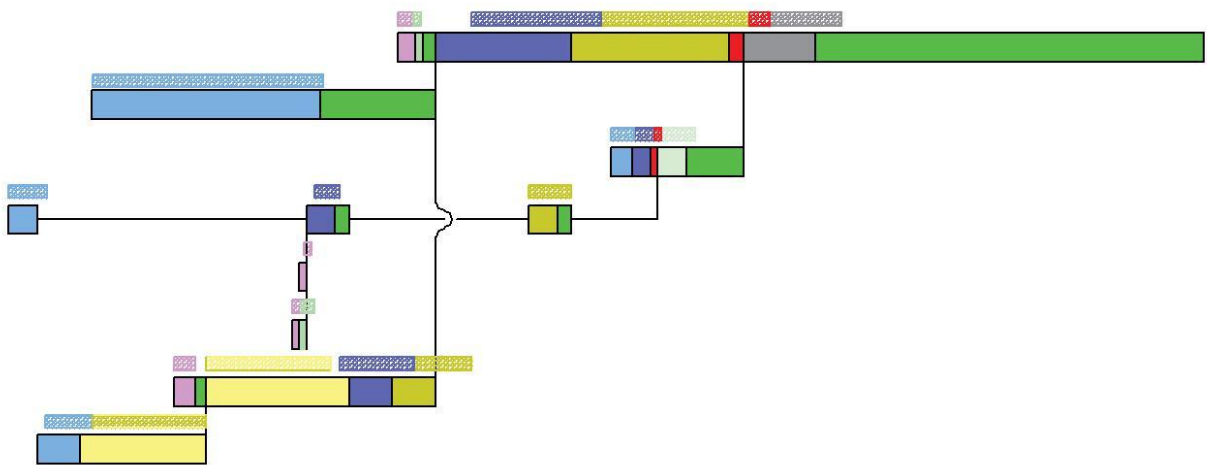
Neste estudo, foi avaliado o tempo centrado na Corrente Crítica, onde, a priori, o tempo de duração do projeto é dado pelo somatório dos tempos alocados para as atividades da Corrente. À esta duração devem ser considerados os tempo que extrapolaram as proteções dos Pulmões de Convergência e de Recurso e os instantes em que a Corrente Crítica não pode avançar devido à conflitos de recursos que podem ocorrer quando as atividades da Corrente se adiantam mais que os Pulmões de proteção podem absorver.

Para os cenários avaliados, foram realizadas as análises dos consumos dos pulmões, em especial o pulmão de projeto, que permite obter um panorama final do projeto. Visto que o Pulmão de Projeto é a última proteção e, também, uma combinação das proteções que normalmente seriam aplicadas a cada etapa do processo, o consumo deste representa o andamento total do projeto.

A Figura 12 apresenta, como exemplo, um resultado avaliado. É possível a comparação visual da expectativa do projeto e os resultados simulados – localizados acima do diagrama original. Este projeto teve um consumo percentual de 5% do Pulmão de Projeto, apresentando um resultado favorável, onde o projeto pode ser entregue antes do prazo.

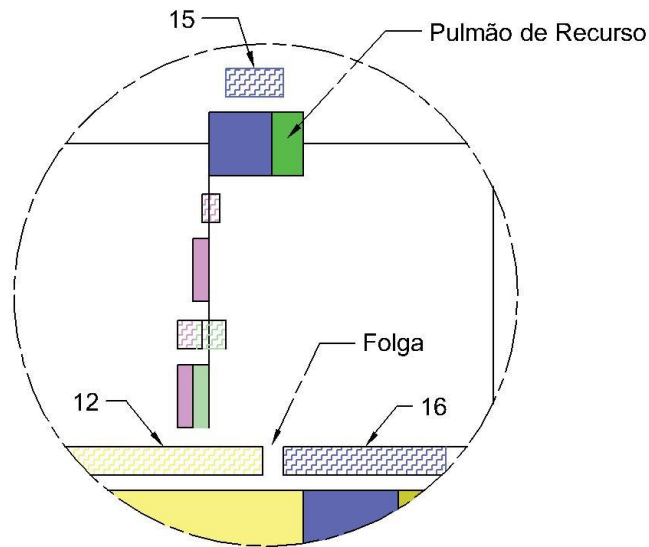
A Figura 13 ilustra um detalhe, retirado da Figura 12, em que é possível verificar a importância do Pulmão de Recurso adicionando na contenção de folgas na corrente crítica. Isto porque, este pulmão traz um adiantamento do início do processo 15, auxiliando na proteção da corrente crítica, por atrasos ocorridos neste recurso. Neste detalhe, é verificado que o adiantamento foi importante para reduzir a folga instalada na corrente crítica, que se deu devido ao recurso 12 ter executado sua tarefa antes do tempo previsto. Este ganho acabou sendo, em parte, desperdiçado devido ao compartilhamento de recursos das tarefas 15 e 16, e por atrasos – em caminhos não críticos – que resultaram em consumo de parte do Pulmão de Recurso. Porém, esta perda de ganho pode ser reduzida.

Figura 12 - Resultado do diagrama de rede



Fonte: Autor (2025)

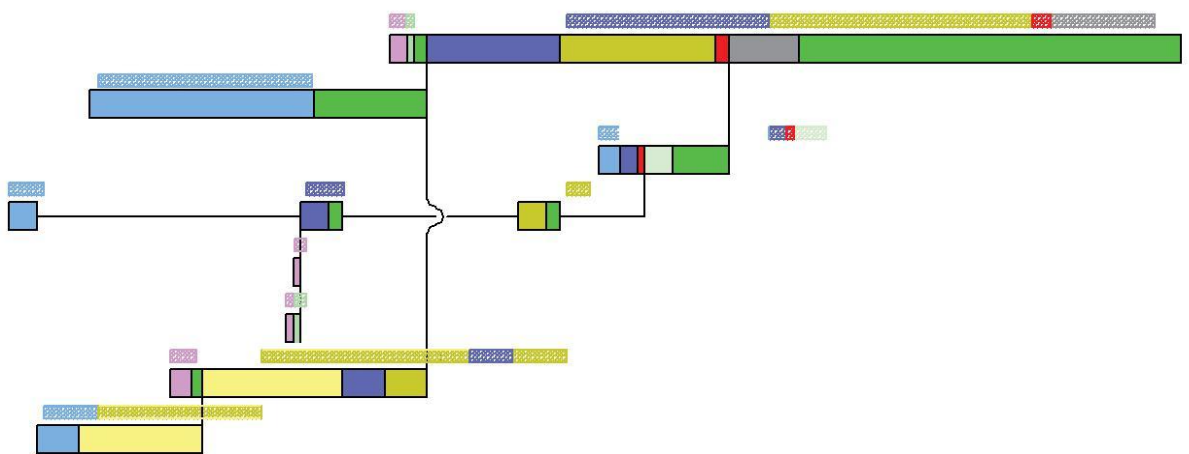
Figura 13 - Detalhe do diagrama de rede



Fonte: Autor (2025)

Na figura 14 é apresentado um novo exemplo de resultado de diagrama de rede. Neste, é apresentado um resultado mais pessimista, com consumo de 94% do Pulmão de Projeto. Este atraso se deu, principalmente, por atrasos sucessivos em atividades da Corrente Crítica, contudo ainda puderam ser contidos pelo Pulmão e o projeto ainda pode ser entregue em tempo hábil.

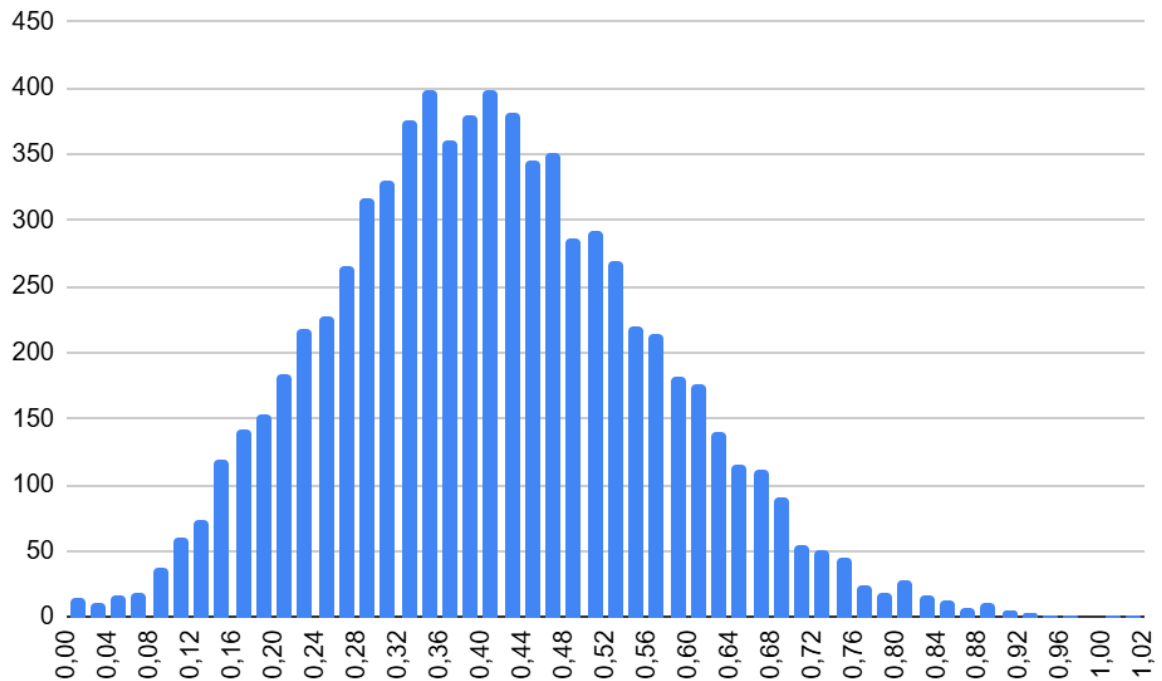
Figura 14 - Resultado do diagrama de rede



Fonte: Autor (2025)

Os resultados, do consumo percentual do Pulmão de Projeto, para os 8 mil estudos realizados, estão apresentados na Figura 15. Nesta, é possível observar a tendência de absorção do Pulmão de Projeto na contenção de atrasos.

Figura 15 - Distribuição do Consumo do Pulmão de Projeto



Fonte: Autor (2025)

3.2.1 Lei de Parkinson

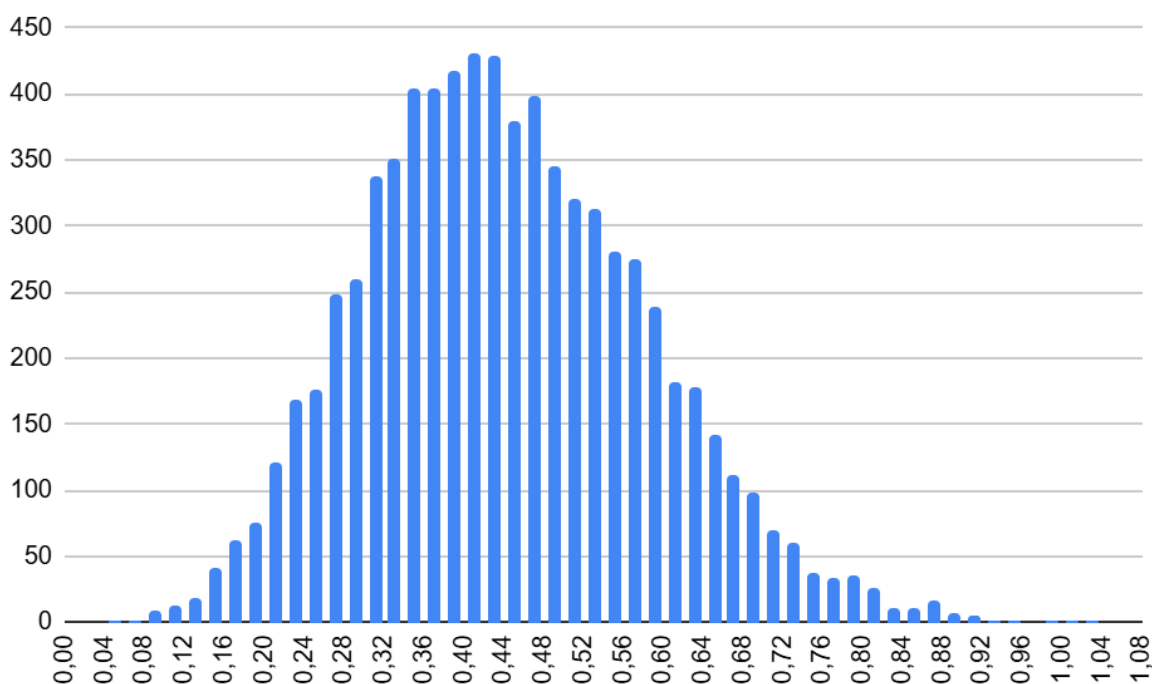
Dois pontos avaliados foram o percentual de projetos que tiveram o consumo do Pulmão de Projeto maior que 60% e o percentual de projetos que consumiram menos de 20%. Estes valores foram, respectivamente, 12,1% e 8,5%. Estes mesmos pontos foram utilizados na comparação com o mesmo projeto, porém adotando o princípio da lei de Parkinson.

Para o estudo avaliando o desempenho da contenção dos atrasados pelos Pulmões de Projetos, assumindo a lei de Parkinson, onde os recurso utilizam de todo o tempo disponível para finalizar a tarefa, foi adotado a mesma distribuição triangular assimétrica. Para que os recursos possuam a mesma capacidade de processamento, foi utilizado a distribuição que permite às tarefas finalizar com 20% de adiantamento – para valores mínimos –, 75% de atraso – para valores máximos – e valor mais provável como o tempo inicialmente previsto

para a atividade. Contudo, foi assumida uma condição, onde as atividades que terminem antes do tempo previsto somente sejam passadas adiante quando esgotado o tempo previsto.

Um novo modelo de distribuição do consumo do Pulmão de Projeto é apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Distribuição do Consumo do Pulmão de Projeto assumindo a lei de Parkinson



Fonte: Autor (2025)

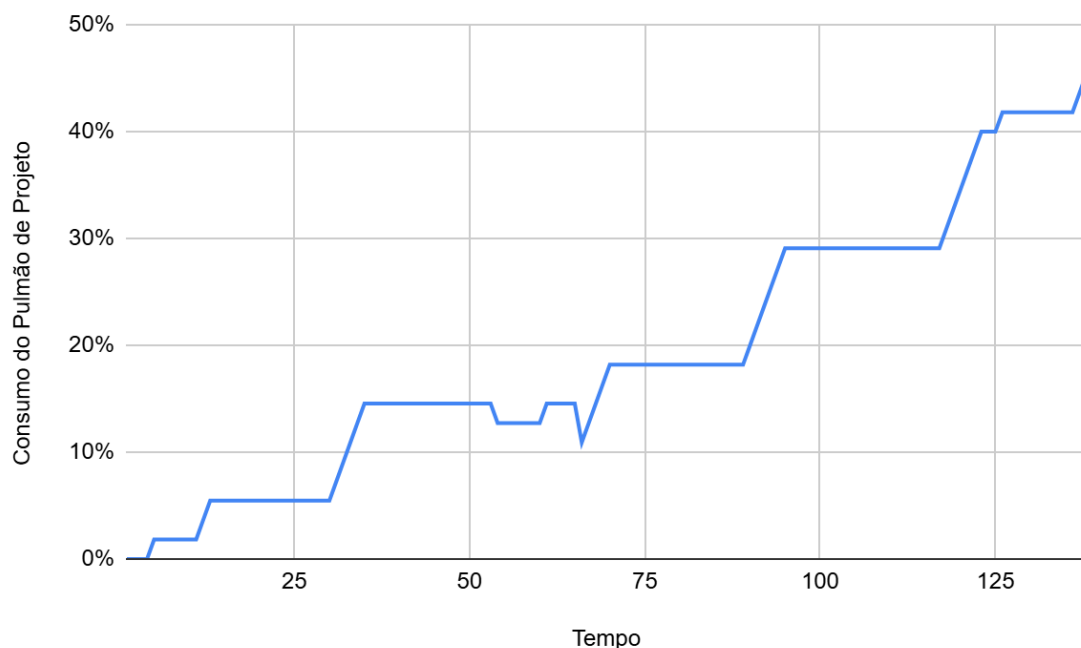
Para os dois pontos avaliados anteriormente, foram obtidos os valores de 13,6%, para os projetos que tiveram consumo maior que 60% do Pulmão de Projeto e 2,9% dos projetos foram finalizados com consumo menor que 20% do Pulmão. Os valores médios de 41% para os projetos avaliados e 44% para os mesmos projetos, adotando o princípio da lei de Parkinson, não tiveram mudança expressiva, assim como o percentual de projetos que consumiram mais 60% do pulmão de projeto, visto o mesmo potencial de acúmulo de atrasos, regida pela distribuição triangular assimétrica. Contudo, a capacidade de recuperação e adiantamento dos projetos foi comprometida, observada no montante de projetos que foram finalizados com consumo menor que 20% do Pulmão de Projeto.

3.2.2 Monitoramento de projetos

A gestão de projetos, proposto pela teoria da CCPM, busca o controle do andamento dos projetos por meio do monitoramento dos consumos dos pulmões. Como forma de estudo, foi escolhido um projeto que teve o consumo de 45% do Pulmão de Projeto. Neste, foram avaliados o consumo do Pulmão de Projeto ao longo do tempo e o percentual do progresso do projeto, tomando como referência o percentual de atividades totais finalizadas (pertencentes ou não a Corrente crítica) e o percentual como referência somente a Corrente Crítica.

Na Figura 17 é possível avaliar o consumo do Pulmão de Projeto, para o projeto escolhido, ao longo do tempo. Este modelo de avaliação permite que sejam visualizados os atrasos e as recuperações ocorridas no projeto em tempo real. Este controle, pelas propostas de Goldratt, é o principal termômetro utilizado pelos gestores para a tomada de decisão. Visto que o princípio da CCPM espera que os pulmões sejam parcialmente consumidos e recuperados ao longo do tempo, o controle deste consumo de forma contínua e atualizada possibilita ao gestor tomar a decisão do momento de intervenção, minimizando os alarmes falsos. Onde, um projeto com o cronograma atrasado pode, muitas vezes, não estar em perigo quando ainda há um pequeno consumo do Pulmão de Projeto.

Figura 17 - Consumo do Pulmão de Projeto ao longo do tempo

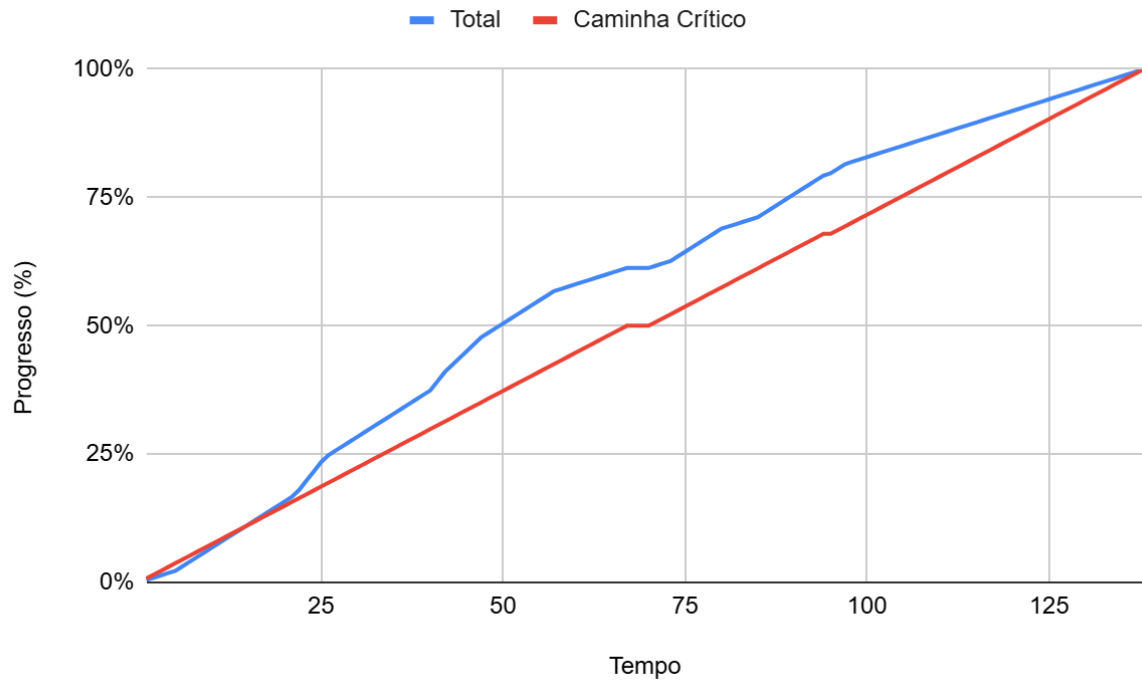


Apesar de ser evitado, é entendido que haverá o consumo de parte dos pulmões disponíveis. O diagrama acima exemplifica este consumo no projeto avaliado, no qual um controle diário e atualizado permite aos gestores tomar a decisão de intervenção, seja re-allocando recursos, dedicando hora extra ou negociando com o cliente.

Outra forma de controle do desempenho do projeto é quanto ao percentual de tarefas realizadas em comparação com o todo. É comum que este controle seja feito pela razão entre o percentual de atividades já realizadas pelo todo. Contudo, entendendo que o fim do projeto ocorre ao fim da Corrente Crítica e toda a programação é gerida em função desta Corrente, a leitura do progresso em função da quantidade total dá a falsa sensação de que o projeto está em andamento. Isto ocorre visto que é possível finalizar as atividades fora da Corrente, gerando um pico de progresso total, o que permite ao gestores que apresentem valores satisfatórios de progresso no meio do projeto, porém este desempenho irá cair ao fim – quando a medição retornar a contabilizar somente a Corrente Crítica –, arrastando o término total.

Este efeito pode ser exemplificado na Figura 18, onde, para o projeto estudado, é possível verificar que a medição pela Corrente Crítica mantém um progresso linear e constante, com momentos de não progresso devido a folgas ou consumo dos Pulmões. O progresso, quando avaliado todas as tarefas do projeto, possui valores maiores, com ganho de velocidade na primeira metade do projeto e diminuição da inclinação ao final do projeto. Aqui as tarefas fora da Corrente Crítica foram sequenciadas pelos princípios da CCPM, deslocando o início das tarefas para o último momento possível. Este efeito de distorção do progresso pode ser ampliado se não foram seguidos estes princípios, adiantando as tarefas, fora da Corrente, para o primeiro momento possível de início, gerando um pico maior ao início do projeto e diminuindo a velocidade ao final.

Figura 18 - Percentual de progresso



Fonte: Autor (2025)

Essa contida simulação de Monte Carlo já possibilita que sejam avaliadas as capacidades de contenção dos pulmões e estudo do tempo de conclusão do projeto. Os resultados obtidos ajudaram, também, na construção de estudos referentes ao consumo do Pulmão, possibilitando a avaliação da necessidade de tomada de decisão em projeto corrente, com a adoção de horas extras ou negociação com o cliente para alteração do prazo de entrega de forma antecedente. Também foi possível traçar de maneira comparativa o progresso do andamento do projeto por meio da CCPM. Este modelo de controle apresenta o progresso em função da corrente crítica, o que torna o controle mais condizente com progresso das prioridades do projeto, eliminando a contabilidade de falso progresso e a necessidade de marcos de projeto que podem não retratar atrasos em caminhos que irão impactar no prazo final.

4 CONCLUSÃO

O modelo de Gerenciamento de Projeto pela Corrente Crítica (CCPM - *Critical Chain Project Management*), proposto pelo Eliyahu Goldratt, possui uma metodologia única e tem seus princípios fundados na Teoria das Restrições (TOC - *Theory of Constraints*). Por este motivo, sua aplicação exige uma mudança da cultura na forma de gerenciamento comumente utilizada. Todo o ideal de “ganhar tempo”, iniciando as tarefas antes necessário e a aglomeração de tarefas em um lote econômico, buscando o aumento de eficiência em cada etapa do processo – esperando que um ganho de desempenho no todo venha por ganhar um pouco em cada etapa –, é reavaliado. A CCPM e a TOC utilizam da prioridade centrada nas etapas que impõem uma restrição de ganho, sendo este o foco do dimensionamento dos processos que impedem o desempenho global de um projeto.

Eliyahu Goldratt reforça, inúmeras vezes, em seu romance *A Meta* (1984) que o verdadeiro propósito de uma organização privada é o retorno financeiro. A CCPM segue os mesmos princípios, os ganhos são reflexos do comprometimento com o prazo. Isto porque a tendência dos projetos estourarem o prazo recai, também, no aumento de inventários, investimento estagnado e nas especificações do projeto que são subtraídos na tentativa de contornar os atrasos.

A importância de uma gestão de tempo eficiente se mostra ainda mais necessária quando há uma carteira de projetos sendo executados ao mesmo tempo dentro da organização. Em um ambiente tomado por multiprojetos há um aumento da quantidade de inventários em processo e diminuição na quantidade de recursos disponíveis, o que pode acarretar em um aumento no número de restrições. Um não controle dos processos leva ao surgimento de gargalos e falta de disponibilidade de recursos em pontos onde não haviam antes e, por sua vez, não estavam preparados para a carga de trabalho e que não receberam proteções em seus caminhos. A não identificação desta restrição previamente poderia levar a necessidade de alterações em correntes críticas de projetos já iniciados, que não poderiam ser feitas sem comprometer os ganhos.

A CCPM vem como solução para o gerenciamento de conflitos na programação por meio de diagramas de rede, levando em conta as incertezas existentes no processo de estimar o tempo destinado à cada tarefa. No processo de construção de um diagrama de rede, onde são definidas as ordens de recursos e o tempo destinado a estes, são necessárias estimativas de tempo a serem alocadas. Comumente estas estimativas são tomadas, por um lado, como precisas, levando a uma programação ordenada dos processos. Por outro lado, são conhecidas

as incertezas existem, o que faz com que sejam inseridas proteções, em forma de aumento na estimativa de tempo. Um resultado disto é que as variações possíveis para o término das atividades sejam absorvidas dentro do próprio recurso. Contudo, esta eleva, sensivelmente, o prazo de finalização dos projetos.

A CCPM é conhecida como uma gestão da Corrente Crítica, justamente, por enxergar a corrente como a restrição do sistema, sendo assim, esta não deve conter folgas e desperdícios para que sejam elevadas as performance do sistema. Para tal, é necessário retirar as proteções inseridas em cada etapa, reduzindo a estimativa de tempo para um cenário estreito, contudo realista.

Para os caminhos não críticos são aplicados dois princípios, um baseado nas qualidades incorporadas pelo *just in time*, prorrogando os custos, permitindo alterações necessárias ao projeto sem a necessidade de retrabalhar e diluindo as cargas de trabalho para o momento necessário e reduzindo a formação de novos gargalos, por trazer o início das atividades para o último momento possível. Outro princípio, é o mesmo aplicado para elevar a performance na Corrente Crítica, cortando folgas e desperdícios das proteções não gerenciadas, inseridas em cada etapa do projeto. Entretanto, como apresentado, devem ser consideradas as incertezas e não tomadas as estimativas como precisas e inflexíveis, de forma que não permita que a restrição do sistema (Corrente Crítica) seja comprometida por falhas vindas de fora da Corrente, levando a CCPM a adicionar uma proteção – concentrada e monitorável – imediatamente antes da interseção com a Corrente, por meio de uma Pulmão de Convergência.

Este mesmo meio de proteção é inserido na Corrente Crítica por meio de um Pulmão de Projeto. Desta forma, as proteções que eram dispersas, não controladas, não monitoradas e que não permitiam que fossem acumuladas, se tornam artifícios de proteção concentrado, mensurável e monitorável.

Para que a retirada de proteção excessiva tenha os benefícios esperados aos ganhos é necessário a contenção das causas por fator humano dos problemas corriqueiramente apresentados nos projetos, como a Síndrome do Estudante, a Lei de Parkinson e o desperdício das folgas entre etapas. Mantendo sempre um controle próximo e atualizado das estimativas momentâneas de término de cada tarefa. Este controle cercado permite alimentar as informações sobre os consumos dos pulmões, que são, dentro da CCPM, o modelo de monitoramento de progresso, em especial do Pulmão de Projeto, que é utilizado como termômetro. O monitoramento do consumo dos pulmões expressam o nível de controle e

estabilidade do projeto, assim como o monitoramento do andamento da Corrente Crítica apresenta o progresso de todo o projeto.

Mais que uma gestão por meio de diagramas de rede, a CCPM exige uma mudança nos paradigmas. A compreensão das incertezas e das restrições do sistema são tão importantes como o entendimento do fator humano atrelado ao risco na programação. A Síndrome do Estudante e a Lei de Parkinson são exemplos da influência humana, mas, também, devem ser considerados os alarmes falsos e a Síndrome das Eficiências que podem tornar a aplicação da gestão pela Corrente Crítica um desafio de aceitação.

A retirada das proteções excessivas existentes em cada etapa e a redução da estimativa de execução de cada tarefa para um valor onde, dentro de uma distribuição normal de ocorrência, é esperado que parte das atividades ultrapasse o limite técnico estabelecido, também possui os seus desafios na aceitação. Contudo, assumir que certas atividades podem sofrer atrasos e, ainda assim, o projeto não estar em atraso até o consumo total dos Pulmões que o protege contribui na redução de alarmes falsos. Esta redução na estimativa de tempo também contribui na restrição da Síndrome do Estudante, na Lei de Parkinson e sintomas de multitarefas, por não deixar margem para folgas. O mesmo motivo também torna a compreensão da necessidade do monitoramento constante do projeto mais fácil por parte dos envolvidos diretos em cada processo.

Outro ponto que vai contra os modelos de gerenciamentos amplamente adotados é a redução da Síndrome das Eficiências por parte dos encarregados e gerentes de setor. Deve ser entendido que, em certos momentos, os envolvidos nos processos não devem iniciar uma nova tarefa, pois estes devem estar à disposição no momento da chegada de uma atividade da Corrente Crítica.

Este conjunto de fatores humanos e estatísticos tornam a CCPM um modelo de gestão consistente. Os estudos de caso, que puderam ser avaliados em inúmeras possibilidades por meio de simulações de Monte Carlo, apresentam a eficiência da contenção de atrasos do modelo, mesmo em cenários pessimistas, onde eram esperados atrasos nas tarefas.

Estes estudos mostram o quão eficaz é a gestão da Corrente Crítica e os benefícios colhidos por ter um único caminho como foco de gerenciamento. Para tal, é necessário que os caminhos não críticos tenham suas proteções corretas e dimensionadas e, também, que os tempos recuperados não sejam desperdiçados com processos estagnados. O foco na Corrente Crítica não deve ser desviado, os pulmões devem ser monitorados e os recursos humanos devem ser bem instruídos quando os princípios da CCPM para que não ocorram conflitos. Este conjunto de medidas torna os ganhos da CCPM concretos e mensuráveis.

REFERÊNCIAS

BARCAUI, André; QUELHAS, Osvaldo. Corrente Crítica: uma alternativa à gerência de projetos tradicionais. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 1-21, 2004. Disponível em: https://www.cin.ufpe.br/~gmp/docs/papers/corrente_critica.pdf. Acesso em: 09 out. 2023

CARDIM, Rafael Fleury; GRANJA, Ariovaldo Denis. Proposta de PCP com base no método da corrente crítica e do last planner system. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 7., 2011, Belém. **Anais [...]**. Belém: ANTAC, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ariovaldo-Granja/publication/284716676_Proposal_of_a_production_planning_and_control_system_using_critical_chain_and_last_planner_system_in_portuguese/links/5656e2e508aeafc2aac0a332/Proposal-of-a-production-planning-and-control-system-using-critical-chain-and-last-planner-system-in-portuguese.pdf. Acesso em: 09 out. 2023

COURI, Clarissa A. **O método da corrente crítica: a gestão do tempo nos Projetos**. 2010 Dissertação (Mestrado em Tecnologia da construção) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010. Disponível em: http://cepsinf.uff.br/wp-content/uploads/sites/461/2018/10/microsoft_word_-_dissertacaoclari_ssadef.pdf. Acesso em: 25 out. 2023

FALGUERA, Fernanda; IKEZIRI, Lucas ; TAKAMITSU, Helen. Portfólio de projetos de desenvolvimento de produtos: integração de práticas da corrente crítica em um modelo de referência de processo de desenvolvimento de produtos. *In*: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 20., 2017, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Helen-Takamitsu/publication/318684812_PORTFOLIO_DE_PROJETOS_DE_DESENVOLVIMENTO_DE_PRODUTOS_INTEGRACAO_DE_PRACTICAS_DA_CORRENTE_CRITICA_EM_UM_MODELO_DE_REFERENCIA_DE_PROCESSO_DE_DESENVOLVIMENTO_DE_PRODUTOS/links/59779e860f7e9b277721cd27/PORTFOLIO-DE-PROJETOS-DE-DESENVOLVIMENTO-DE-PRODUTOS-INTEGRACAO-DE-PRATICAS-DA-CORRENTE-CRITICA-EM-UM-MODELO-DE-REFERENCIA-DE-PROCESSO-DE-DESENVOLVIMENTO-DE-PRODUTOS.pdf. Acesso em: 06 out. 2023.

GOLDRATT, Eliyahu. **Critical Chain**. Great Barrington: North River Press, 1997.

GOLDRATT, Eliyahu. **The Goal**. Great Barrington: North River Press, 1992.

LUEBBE, Richard; FINCH, Byron. Theory of constraints and linear programming: a comparison. **International Journal of Production Research**, London, v. 30, n. 6, p. 1471-1478, 1992. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207549208942967>. Acesso em: 25 out. 2023

SILVA, André Filipe Ramos. **Identificação das variáveis que influenciam o gerenciamento de múltiplos projetos usando o método da corrente crítica**. 2020 Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020. Disponível em:

<https://repositorio.unicamp.br/Resultado/Listar?guid=1751278084302>. Acesso em: 06 out. 2023

SOUZA, Fernando Bernardi. Do OPT à teoria das restrições: avanços e mitos. **Revista Produção**, São José dos Campos, v. 15, n. 2, p. 184-197, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/vnjkkVMbdmhtgC5d4rGT83q/?lang=pt> Acesso em: 26 out 2023

SOUZA, Fernando Bernardi; MORAES, Antonio Augusto Cerati. Analysis of the application of critical chain project management in the product development process and portfolio management of an aircraft manufacturer. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 23, p. 473-485, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/tydWjrp7KgkChKHvkthy9Rg/?format=html&lang=en>. Acesso em: 06 out 2023

QUELHAS, Osvaldo; BARCAUI, André B. **A teoria das restrições aplicada à gerência de projetos**: uma introdução à corrente crítica. Pmtech capacitação em projetos, Porto Alegre v. 15, 2010. Disponível em: https://www.pmtech.com.br/newsletter/Marco_2005/TOC_e_CCPM_em_GP.pdf. Acesso em: 03 out. 2023

ZANIN, Antonio; ROCHA NETO, Anselmo Rocha. Teoria Das Restrições (TOC)- uma proposta de utilização na indústria metal mecânica. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 8., 2006, Belo Horizonte. **Anais [...]** São Leopoldo: ABC, [2006]. Disponível em: <https://anaiscbc.abcustos.org.br/anais/article/view/1799> Acesso em: 09 out. 2023