

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**FELIPE LENGLER**

**AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS FORENSES DE  
ANÁLISE DE CRONOGRAMA APLICADAS À UM CASO DE  
CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL**

Porto Alegre  
Setembro 2023

**FELIPE LENGLER**

**AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS FORENSES DE  
ANÁLISE DE CRONOGRAMA APLICADAS À UM CASO DE  
CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Eduardo Luís Isatto**

Porto Alegre  
Setembro 2023

### CIP - Catalogação na Publicação

Lengler, Felipe  
AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS FORENSES DE ANÁLISE DE  
CRONOGRAMA APLICADAS À UM CASO DE CONSTRUÇÃO  
INDUSTRIAL / Felipe Lengler. -- 2023.  
47 f.  
Orientador: Eduardo Luís Isatto.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de  
Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre,  
BR-RS, 2023.

1. Resolução de disputas. 2. Atrasos na construção.  
3. Impactado como Planejado. 4. As Planned vs. As  
Built. I. Isatto, Eduardo Luís, orient. II. Título.

**FELIPE LENGLER**

**AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS FORENSES DE  
ANÁLISE DE CRONOGRAMA APLICADAS À UM CASO DE  
CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 05 setembro de 2023

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Eduardo Luís Isatto (UFRGS)**

*Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul*  
**Orientador**

**Prof.<sup>a</sup> Joana Siqueira de Souza (UFRGS)**

*Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

**Eng. Diego Krieger Vieira (VerumPartners)**

*Eng. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

# AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS FORENSES DE ANÁLISE DE CRONOGRAMA APLICADAS À UM CASO DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL

Felipe Lengler

## RESUMO

A falta de planejamento adequado frequentemente resulta em atrasos nas obras, pois não se estabelecem metas claras, prazos realistas e alocação eficiente de recursos, levando a imprevistos, retrabalho e desorganização, comprometendo o cronograma e aumentando os custos. O objetivo deste trabalho é fazer uma análise crítica da aplicação das metodologias *As Planned vs. As Built* e Impactado como Planejado na identificação de problemas de atrasos no cronograma de um caso real de construção industrial. O método empregado foi o estudo de caso, onde cada uma das metodologias foi aplicada na avaliação dos atrasos de um projeto de parque solar. O estudo sugere que o método Impactado como Planejado são mais robustas e detalhadas, demandando conhecimento mais aprofundado de conceitos e ferramentas da gestão de projetos. O método *As Planned vs As Built* é mais simples e básico, e, dessa forma, mais barato e fácil de ser utilizado, entregando resultados mais palatáveis para um público leigo.

**Palavras-chave:** *As Planned vs. As Built*. Atrasos na construção. Impactado como Planejado. Resolução de disputas.

## ABSTRACT

*Lack of proper planning often results in delays on construction sites, as clear goals, realistic deadlines and efficient resource allocation are not established, leading to unforeseen events, rework and disorganization, compromising the schedule and increasing costs. The aim of this paper is to critically analyze the application of the As Planned vs. As Built and Impacted as Planned methodologies in identifying schedule*

*delay problems in a real industrial construction case. The method used was a case study, where each of the methodologies was applied to assess delays in a solar park project. The study suggests that the Impacted as Planned method is more robust and detailed, requiring more in-depth knowledge of project management concepts and tools. The As Planned vs As Built method is simpler and more basic, and therefore cheaper and easier to use, delivering more palatable results for a lay audience.*

**Keywords:** *As Planned vs. As Built. Construction Delay. Impacted as Planned. Dispute resolution.*

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao caráter complexo e multidisciplinar em projetos de construção, pleitos e disputas são presenças frequentes neste setor. Um pleito pode ser definido como um pedido de compensação financeira adicional e/ou um pedido de prorrogação de prazo, sendo que, em sua grande maioria, são resolvidos no nível do projeto por negociação entre as próprias partes. Um pleito que não foi resolvida por negociação no nível do projeto torna-se uma disputa. Eles podem envolver questões contratuais, técnicas, financeiras e legais, por exemplo atrasos no cronograma, problemas na qualidade do trabalho, questões de pagamento, entre outros. Atualmente, a média global de valores de disputas em construção está ao redor de US\$ 52,6 milhões (Arcadis, 2023).

A análise de atraso é uma técnica utilizada para determinar a responsabilidade por um atraso no cronograma de uma obra de construção civil. Isso é importante em casos de disputas e pleitos, pois ajuda a identificar as causas do atraso e a determinar se ele foi causado por fatores externos, como condições climáticas adversas, ou por problemas internos, como falta de planejamento adequado ou falha na execução do trabalho (Feitosa, 2017). A análise de atraso também pode ser usada para avaliar a necessidade de adiar o prazo final da obra e para determinar se algum tipo de compensação é devido.

Em uma tentativa de equalizar o entendimento e a comunicação entre os *stakeholders* de um projeto, a *Association for the Advancement of Cost Engineering International* (AACEI) desenvolveu em 2010 a RP 27R-03, que é conjunto de práticas

recomendadas, reconhecida e amplamente utilizada para elaborar, avaliar e utilizar cronogramas. A partir disso, com a elaboração da RP 29R-03 em 2011 pela mesma AACEI, foram fornecidas ferramentas para identificar as causas dos atrasos em cronogramas, pois esta define os aspectos técnicos dos métodos de análise investigativa. Dessa forma, para a elaboração deste trabalho foram escolhidas duas metodologias, *As Planned vs. As Built* e Impactado como Planejado. Embora ambas as técnicas sejam úteis na identificação e resolução de problemas, elas têm diferenças significativas em sua abordagem e objetivos.

A metodologia “*As Planned vs. As Built*” é uma abordagem observacional estática, que compara um linha de base ou outro cronograma, conhecido como *As Planned*, com o cronograma atualizado ou executado, conhecido como *As Built* (AACEI, 2011). A implementação da análise de atraso do cronograma pode variar de uma simples comparação gráfica a uma implementação mais sofisticada e geralmente usa gráficos de barras para ilustração. Em sua aplicação mais simples, a metodologia não utiliza nenhum tipo de lógica de caminho crítico e faz apenas uma comparação entre as datas de início e fim das atividades. Em seu uso mais complexo, estabelece comparativos entre datas e sequências relativas das atividades, mapeando diferenças na duração e nos laços lógicos, determinando as causas e buscando a razão de cada desvio. Esta metodologia pode identificar as atividades mais atrasadas e propensas a impactar o caminho crítico do projeto e, também, pode fornecer informações sobre a necessidade de uma análise mais detalhada.

Por outro lado, a metodologia “Impactado como Planejado” é uma abordagem modelada aditiva, que usa a inserção de atividades (atrasos) para determinar o impacto de eventos específicos no cronograma (AACEI, 2011). Pelo fato de ser uma técnica modelada, faz uso de uma simulação de cenário baseado em um modelo de caminho crítico, adicionando atividades que representam atrasos em um modelo de redes para determinar o impacto hipotético destas atividades. Esta metodologia é usada para identificar eventos críticos no cronograma que podem causar atrasos e problemas, e para determinar como esses eventos afetam o cronograma geral, sendo útil para a gestão de

riscos no projeto e para a tomada de decisões sobre como abordar problemas potenciais no cronograma.

Tanto a metodologia *As Planned vs. As Built* quanto Impactado como Planejado são amplamente utilizadas na identificação e resolução de problemas no cronograma, mas também têm suas próprias vantagens e desvantagens. Este trabalho irá avaliar a aplicação dessas duas metodologias na identificação de problemas de atrasos no cronograma de um caso real de construção industrial.

Tendo isto em vista, o objetivo deste trabalho é fazer uma análise crítica da aplicação das metodologias *As Planned vs. As Built* e Impactado como Planejado na identificação de problemas e atrasos no cronograma de um caso real de construção industrial..

## **2 TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO DE PROJETOS**

São metodologias e abordagens utilizadas para planejar, executar, monitorizar e controlar projetos de forma eficaz, permitindo gestores e equipes atingir os objetivos, gerindo simultaneamente restrições como escopo, tempo, custo e qualidade.

### **2.1 Cronograma e Gráfico de Gantt**

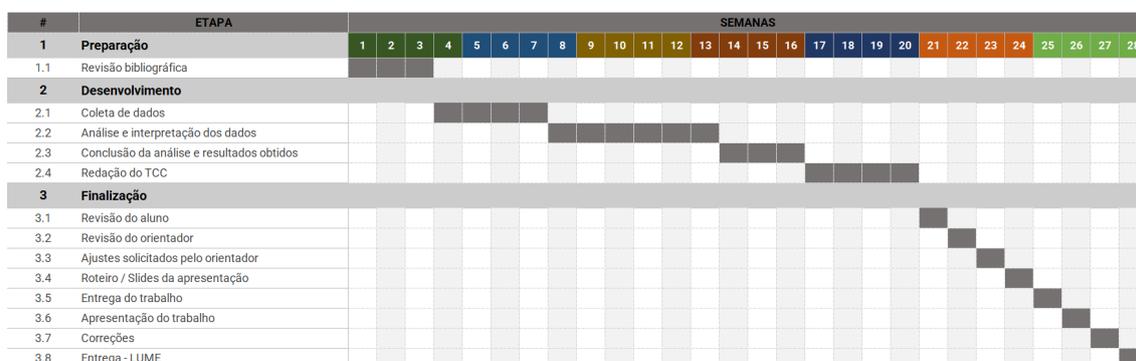
#### **2.1.1 Cronograma**

Cronograma, do grego *khronos*, que significa tempo e *gramma*, que pode traduzido como escrita ou registro, isto é, a junção desses termos pode ser entendida como um registro ou escrita do tempo. Define-se cronograma como uma “distribuição planejada das fases de execução de um projeto em determinado período de tempo” (Cronograma, 2023).

Para Kerzner (2009), o cronograma é definido por uma listagem contendo todas as atividades de um projeto, indicando seu início, término e interdependência. Essa definição enfatiza a importância de identificar todas as atividades envolvidas no projeto, estabelecendo suas datas de início e término. Além disso, destaca a necessidade de compreender as relações de dependência entre as atividades, ou seja, quais atividades

precisam ser concluídas antes que outras possam ser iniciadas. O cronograma, conforme proposto por Kerzner, é fundamental para o planejamento e controle de projetos, permitindo o acompanhamento do progresso, a identificação de possíveis atrasos e a gestão eficiente do tempo. Um exemplo de cronograma é apresentado na Figura 1:

Figura 1 - Exemplo de cronograma



Fonte: elaborado pelo autor

### 2.1.2 Gráfico de Gantt

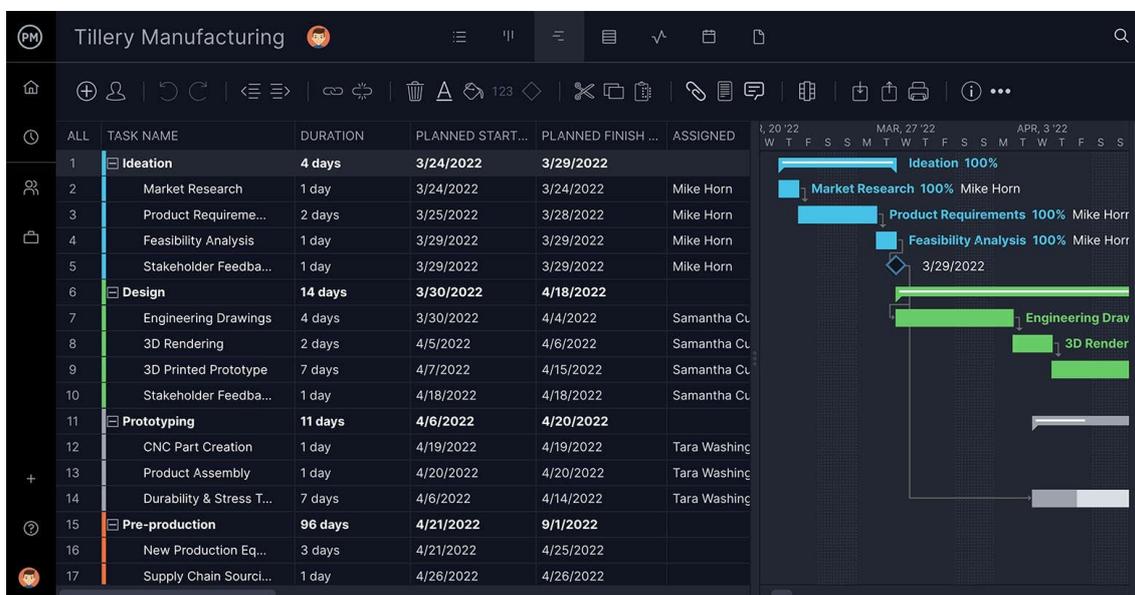
Desenvolvido no início do século 20 por Henry L. Gantt, trata-se de um gráfico de barras horizontais utilizado como uma ferramenta de controle de produção, que mostram a quantidade de trabalho realizado ou a produção concluída em determinado período de tempo em relação à quantidade planejada para essas atividades (PROJECT MANAGER, 2023).

Na Figura 2 é possível identificar alguns dos principais recursos e usos de um gráfico de Gantt:

- Representação de barras: as barras horizontais representam tarefas ou atividades individuais do projeto, onde o comprimento de cada barra representa a duração da tarefa, enquanto o posicionamento ao longo da linha do tempo indica quando a atividade está programada para começar e terminar.
- Linha do tempo: linha de tempo horizontal que mostra a duração do projeto, geralmente representada em dias, semanas ou meses, fornecendo uma referência para entender o cronograma geral do projeto e ajuda a identificar datas e marcos críticos.

- c) Dependências: apresenta as dependências das tarefas, mostrando as relações entre as diferentes atividades por meio de setas de ligação ou linhas que conectam as barras de tarefas dependentes, ajudando a entender a sequência de tarefas e o impacto de quaisquer atrasos ou alterações no cronograma geral do projeto.
- d) Alocação de recursos: pode envolver a atribuição de membros específicos da equipe ou recursos a tarefas individuais e representá-los no gráfico para gerenciar a disponibilidade e a alocação ao longo do projeto.
- e) Acompanhamento do progresso: à medida que as tarefas são concluídas ou atrasadas, o gráfico pode ser atualizado para refletir o progresso real em relação ao cronograma planejado, permitindo a identificação de possíveis gargalos, ajustes de cronograma e tomada de decisão.

Figura 2 - Exemplo de gráfico de Gantt



Fonte: PROJECT MANAGER (2023)

### 2.1.3 Linha de base

Linha de base, de acordo com PMI (2017) e Mulcahy (2020), é uma referência, tipicamente criada durante a fase de planejamento, aprovada e documentada em relação ao qual o desempenho real do projeto é medido e comparado. Serve para acompanhar e controlar o progresso do projeto, bem como para avaliar desvios e variações do plano original.

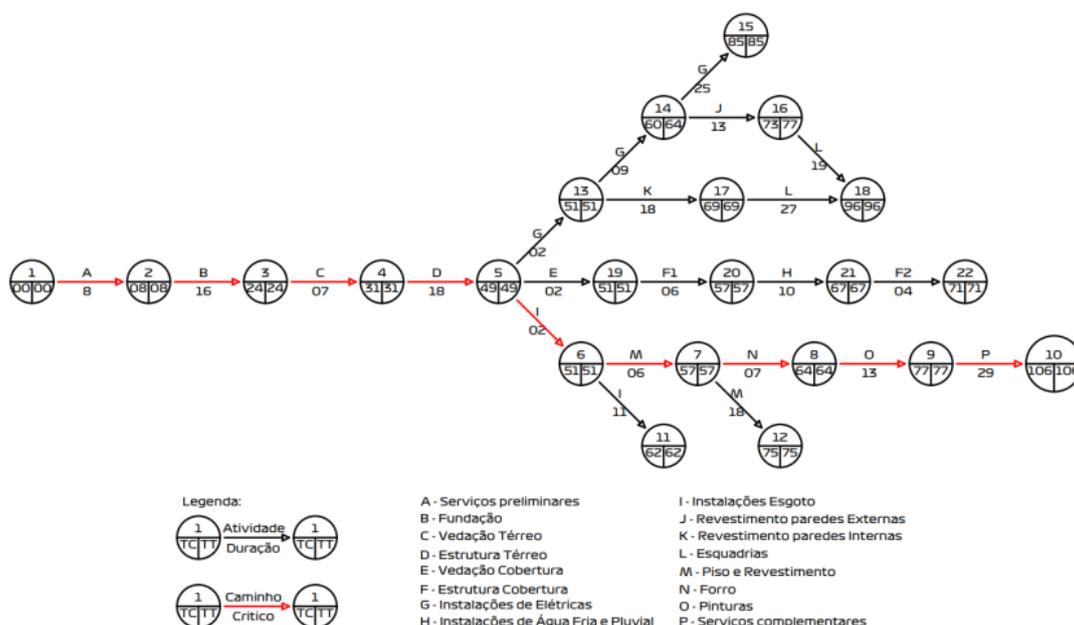
Para PMI (2017), tudo aquilo planejado originalmente e as suas mudanças aprovadas, incluindo o escopo original, cronograma e as estimativas de custo, bem como qualquer ajuste autorizado feito durante a execução do projeto faz parte da linha de base. A linha de base deve estar bem definida e registrada, evitando que após uma série de revisões se perca o planejamento original do projeto.

## 2.2 Técnicas de Rede

### 2.2.1 Diagramas de redes de atividades

Conforme Kerzner (2009), os diagramas de rede são uma representação gráfica da relação lógica entre duas atividades. Estes diagramas são representados, tipicamente, de duas maneiras, a representação das atividades em nó (do inglês *Activity on Node* – AoN) ou em setas (do inglês *Activity on Arrow* – AoA). Na representação em nó as atividades são representadas por caixas, ou nós, conectadas por flechas para demonstrar a progressão lógica. Cada nó é codificado com uma letra ou número que está relacionada com uma atividade no cronograma. A representação em seta, ao contrário da anterior, as flechas representam as atividades e os nós, os eventos. A Figura 3 apresenta um diagrama de rede das atividades em nós.

Figura 3 - Diagrama de rede com atividades em seta e caminho crítico



Fonte: ALMEIDA; VOLSKI (2021)

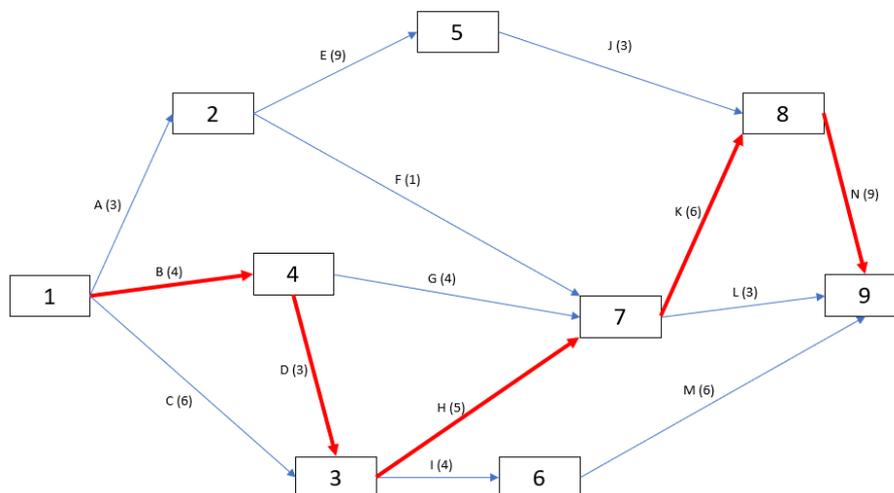
### 2.2.2 Método do Caminho Crítico

O caminho crítico é definido como "o caminho de maior duração em uma rede de atividades, determinando a menor duração possível do projeto" (PMI, 2017), devendo ser concluído dentro da duração estimada para que o projeto seja concluído no prazo. No contexto da programação do projeto, o caminho crítico refere-se à sequência de atividades que têm folga zero, ou seja, qualquer atraso nessas atividades afetará diretamente a duração geral do projeto.

O caminho crítico é determinado pela análise das dependências entre as atividades, suas durações e quaisquer restrições que possam afetar seu sequenciamento. Mulcahy (2020) enfatiza que o caminho crítico é crucial para a programação do projeto e para a identificação de atividades que exigem monitoramento e atenção rigorosos para garantir a conclusão do projeto no menor prazo possível.

O método do caminho crítico (do inglês, *Critical Path Method* - CPM) é uma técnica "para estimar a duração mínima do projeto e determinar o grau de flexibilidade nos caminhos lógicos da rede dentro do modelo do cronograma" (PMI, 2017). Um caminho crítico no gerenciamento de projetos é a sequência mais longa de atividades com a menor folga total, geralmente zero, que devem ser concluídas a tempo para que todo o projeto seja concluído, sendo que qualquer atraso nestas atividades reflete no restante do cronograma do projeto (Mulcahy, 2020). Dessa forma, o CPM consiste em identificar as atividades que terão impacto na duração do projeto e a quantidade total de folga livre (flexibilidade) do cronograma. Na Figura 4 é apresentado um exemplo de caminho crítico em um diagrama de atividades em nós, onde cada letra representa uma atividade e os números entre parênteses indicam a duração de cada uma delas. O método CPM também pode empregar diagramas de atividades em seta para identificar o caminho crítico, como já mostrado na Figura 3.

Figura 4 - Diagrama de rede com atividades em nó e caminho crítico



Fonte: elaborado pelo autor

De acordo com o PMI (2017), o uso do CPM demanda uma série de informações para a sua elaboração como escopo, datas previstas, duração das atividades, recursos, dependências, restrições etc., que são inseridos em uma ferramenta de cronograma para a criação de um modelo para o projeto em questão. Resumidamente, as diretrizes para a aplicação do CPM são:

- Definição do escopo do projeto e seus objetivos – definir claramente o escopo do projeto, incluindo suas metas, produtos e resultados esperados, estabelecendo um entendimento claro do que precisa ser realizado e por quê.
- Identificação das atividades – dividir o projeto em tarefas ou atividades menores e gerenciáveis (EAP - Estrutura Analítica de Projetos ou WBS - *Work Breakdown Structure*) que precisam ser concluídas para atingir os objetivos do projeto, garantindo que as atividades sejam bem definidas e representem o trabalho que precisa ser feito.
- Determinação da dependências entre as atividades – identificar os relacionamentos e as dependências entre as atividades, determinando quais atividades devem ser concluídas antes que outras possam começar ou terminar.
- Estimativa da duração das atividades – estimar o tempo necessário para concluir cada atividade, baseada em dados históricos, opiniões de especialistas ou outras

técnicas de estimativa, certificando que as estimativas de duração sejam realistas e considerem quaisquer incertezas ou riscos.

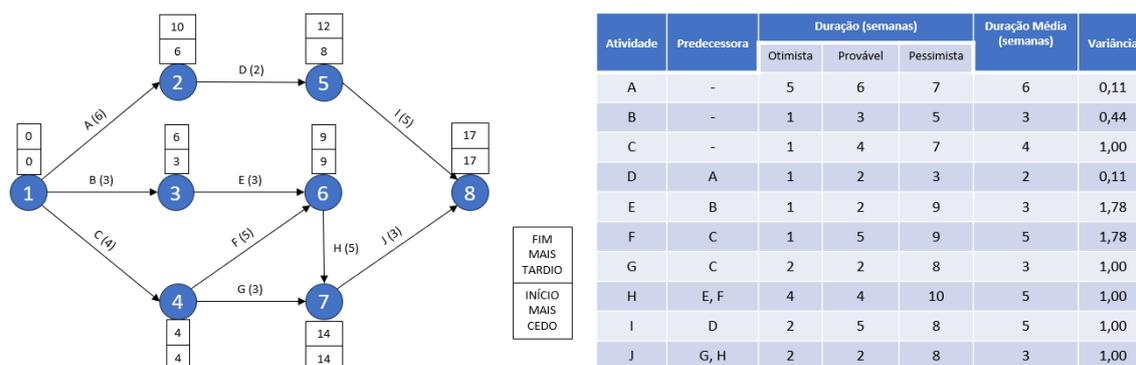
- e) Construção do diagrama de rede – criar um diagrama de rede que ilustre a sequência de atividades e suas dependências, usando o Método de Diagramação de Precedência (MDP) ou o Método de Diagramação de Seta (MDS). Esse diagrama fornece uma representação visual do fluxo de trabalho do projeto e ajuda a identificar o caminho crítico.
- f) Cálculo do início e término antecipado das atividades – determinar as datas possíveis de início e término antecipado de cada tarefa com base em sua duração e dependências. Calcular estas datas percorrendo o diagrama de rede em direção ao final do cronograma.
- g) Cálculo do início e término tardio das atividades – determinar as datas possíveis de início e término de cada tarefa com base na data de término do projeto e no caminho crítico. Calcular estas datas percorrendo o diagrama de rede do fim para o início.
- h) Determinação da folga (*float*) – calcular a folga de cada atividade subtraindo a data de início antecipada da data de início tardia (ou a data de término antecipada da data de término tardia). As atividades no caminho crítico têm folga zero, enquanto as atividades não críticas têm folga positiva.
- i) Identificação do caminho crítico – O caminho crítico é a sequência mais longa de atividades dependentes que determina a duração mais curta do projeto. As atividades no caminho crítico têm folga zero, isto é, qualquer atraso nessas atividades afetará diretamente a data de conclusão geral do projeto.
- j) Desenvolvimento do cronograma do projeto – com base nas datas de início e término antecipadas e tardias calculadas, desenvolver um cronograma de projeto que inclua datas de início e término para todas as atividades, considerando os marcos, as principais entregas e o cronograma geral do projeto.
- k) Monitoramento e controle – monitorar continuamente o progresso das atividades em relação ao cronograma. No caso de ocorrência de atrasos ou alterações, avaliar seu impacto no caminho crítico e ajustar o cronograma ou os recursos conforme necessário.

### 2.2.3 Técnica *Program Evaluation and Review Technique* (PERT)

A Técnica de Avaliação e Revisão de Projetos (do inglês *Program Evaluation and Review Technique* — PERT) descreve as atividades e o cronograma das atividades ou tarefas por meio de um diagrama de rede (PMI, 2017). Semelhante ao diagrama de redes e caminho crítico que usam nós e setas para representar atividades, seus relacionamentos e duração, o diagrama PERT adiciona mais as informações de estimativas otimistas, mais prováveis e pessimistas para calcular a duração esperada. Na Figura 5 é apresentado um diagrama montado usando a técnica PERT, contendo as atividades com suas durações, folgas e datas de início e fim.

Enquanto o Caminho crítico é utilizado para projetos em que o tempo necessário para a conclusão do projeto já é conhecido, o PERT é uma técnica mais apropriada para projetos em que não se conhece o tempo necessário para concluir diferentes atividades, principalmente para agendamento, organização e integração (Mulcahy, 2020).

Figura 5 - Diagrama PERT com atividades em nós



Fonte: elaborado pelo autor

## 3 ANÁLISE DE ATRASO

### 3.1 Conceitos relacionados aos atrasos em obra

A análise de atraso na gestão de projetos refere-se ao processo de identificar, avaliar e determinar as causas e os impactos dos atrasos do projeto através da avaliação das variações entre o cronograma planejado e o progresso real de um projeto, investigando as causas e responsáveis dos atrasos e avaliando seus efeitos no cronograma,

no custo e em outras métricas de desempenho do projeto (AACEI, 2011; Cushman *et al.*, 2001).

O PMI (2017) define um evento como uma ocorrência ou acontecimento, incluindo a conclusão de um marco ou entrega. Um evento é geralmente definido como uma ocorrência ou acontecimento específico que tem importância dentro do cronograma e dos objetivos do projeto. Ele pode se referir a um incidente, marco ou atividade planejada ou não, que marca um ponto de atenção no progresso do projeto. Os eventos podem incluir ainda mudanças no escopo do projeto, materialização de riscos e outros incidentes notáveis que demandem intervenção. Dessa forma, é possível dividir os eventos em:

- a) **Eventos planejados:** São ocorrências predeterminadas que fazem parte do cronograma ou dos marcos do projeto. Podem incluir atividades como reuniões de início de projeto, revisões, apresentações, envio de produtos ou demonstrações para o cliente. Os eventos planejados ajudam a acompanhar o progresso e a garantir que as metas do projeto sejam atingidas.
- b) **Eventos não planejados:** São incidentes ou problemas imprevistos que surgem durante o curso do projeto. Os eventos não planejados podem incluir mudanças no escopo, restrições de recursos, atrasos, materialização de riscos ou obstáculos inesperados. Estes eventos devem ser abordados e geridos de forma a minimizar seu impacto sobre os objetivos do projeto.

De acordo com a AACEI (2011), o objetivo da análise de atraso é avaliar os efeitos, alterações ou interrupções no cronograma de um projeto, concentrando em identificar e quantificar os impactos no tempo causados por esses atrasos ou alterações, onde cada evento deve ser analisado individualmente, determinando seu impacto no cronograma, atualizando-o para refletir os atrasos e calcular os impactos de tempo resultantes nas atividades afetadas e no projeto como um todo.

Além disso, pelo fato de ser possível determinar a responsabilidade pelos atrasos e a quantificar os impactos de tempo associados, a análise de atraso é comumente usada na gestão de projetos para dar suporte a vários cenários, como negociações de pedidos de

alteração de escopo, gerenciamento de reclamações, resolução de disputas e análise de performance do projeto.

Visando unificar metodologias de análise de atraso, AACEI desenvolveu Práticas Recomendadas independentes e revisadas por pares para uma variedade de tópicos relacionados a custo e tempo relevantes para o setor de construção. A Prática Recomendada (PR) 29R-03 da AACEI, Análise Investigativa de Cronograma, é um tratado do setor no qual muitos especialistas confiam para realizar uma análise independente de atrasos. A AACEI afirma que a intenção do documento é:

“(...) fornecer uma referência unificada de princípios e orientações técnicas básicas para a aplicação do método do caminho crítico (CPM) voltado para análise investigativa de cronograma. Ao fornecer esta referência, a PR irá promover análise competente de cronograma e fornecer à indústria como um todo as informações técnicas necessárias para categorizar e avaliar os vários métodos de análise investigativa de cronograma.” (AACEI, 2011)

A vantagem de utilizar as metodologias apresentadas nas práticas recomendadas é o fato de estarem descritos procedimentos uniformes, que aumentam a transparência do método analítico e do processo de pensamento do analista, com diretrizes estabelecidas que aumentam a responsabilidade e a rastreabilidade de uma conclusão, e minimizam a necessidade de lidar com análises baseadas simplesmente na experiência do analista.

De maneira a unificar a nomenclatura utilizada nos mais diversos métodos de análise de cronograma, esta PR correlaciona os nomes mais comuns das técnicas utilizadas no setor e os classifica de maneira semelhante a taxonomia das ciências biológicas. Dessa forma, foi criado um “sistema de classificação hierárquica dos métodos conhecidos de técnicas de análise de impacto de cronogramas e os métodos utilizados para analisar como atrasos e interrupções afetam redes CPM inteiras.” (AACEI, 2011)

Este sistema é composto por cinco camadas:

- a) Momento: é a ocasião em que a análise é feita, sendo retrospectiva quando o evento de atraso já ocorreu e os impactos são conhecidos, e prospectiva quando os eventos de atraso não ocorreram ou estão ocorrendo em tempo real.
- b) Método básico: pode ser observacional, quando o evento é observado isoladamente ou comparado com outro sem qualquer tipo de intervenção do analista, e modelado, que é quando o analista intervém no cronograma, inserindo ou extraindo atividades que representam os eventos.
- c) Métodos específicos: na análise observacional uma lógica que pode ser do tipo estática, onde o cronograma apresenta apenas um conjunto de redes lógicas planejadas, ou dinâmica, quando considera as mudanças na lógica que foram incorporadas durante o projeto. Já para a análise modelada são utilizados o modelo aditivo, onde o analista insere elementos ao cronograma para visualizar um determinado cenário, e o modelo subtrativo, onde se retiram elementos para verificar seu impacto no cronograma.
- d) Implementação básica: existe o modo total ou periódico que é usado na lógica estática pela duração total do projeto ou periódica que é usada em segmentos de tempo do projeto. Para a lógica dinâmica pode ser analisado de maneira contemporânea onde são usadas em cronogramas atualizados durante o projeto, ou modificada ou recriada que utiliza cronogramas que não receberam atualizações durante o projeto. Por fim, simulação com base única ou base múltipla, onde ocorrem adições e/ou subtrações em uma ou várias redes CPM.
- e) Aplicação específica: pode ser de períodos fixos e períodos variados ou, ainda, global e segmento. Para a análise de períodos dependem da apresentação, ou não, de atualizações contemporâneas de cronograma em períodos determinados, ou não. Para implementação global ou segmento os eventos são inseridos de uma única vez no cronograma (global) ou sequencialmente (segmento).

Abaixo, seguem as descrições resumidas das duas metodologias utilizadas para as análises realizadas no cronograma e as explicações dos motivos pelos quais foram utilizadas neste estudo.

### 3.2 *As Planned vs. As Built*

A Prática Recomendada da AACEI descreve o MIP (do inglês *Method Implementation Protocols*) 3.1 como o método mais simples de análise, onde o cronograma planejado é comparado com o cronograma construído, não sendo necessária a utilização da lógica CPM e podendo ser realizado através da observação das datas de início e fim de diversas atividades.

Trata-se de uma metodologia do tipo Retrospectiva, pelo fato do analista realizar sua avaliação após a ocorrência do fato e seus impactos já serem conhecidos. Observacional, por ser feita uma comparação direta do cronograma planejado com o realizado e não ser feito nenhum tipo de alteração ao cronograma para simular um cenário específico. É uma metodologia Estática por comparar o cronograma realizado com um único conjunto de redes planejadas. Na Figura 6, observa-se a taxonomia da metodologia *As Planned vs. As Built*.

Figura 6 - Taxonomia do MIP 3.1 – *As Planned vs. As Built*

T A X O N O M I A	1	RETROSPECTIVA					
	2	OBSERVACIONAL					
	3	ESTÁTICA			LÓGICA		
	4	3.1 Bruto	3.2 Periódico		Atualizações contemporâneas 3.3 As-is ou 3.4 Split		3.5 Modificado / Reconstrução atualizado
	5		Períodos fixos	Janela variável	Todos os períodos	Períodos agrupados	Períodos fixos
NOMES COMUNS	As planned vs as built	Análise de janela		Análise do período contemporâneo, Análise do impacto do tempo, Análise de janela	Análise do período contemporâneo, Análise do impacto do tempo, Análise de janela	Análise do período contemporâneo, Análise do impacto do tempo	Análise de janela, Análise do impacto do tempo

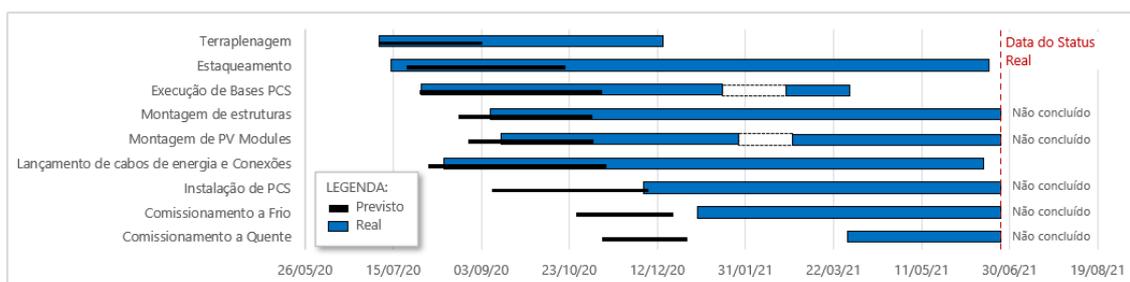
Fonte: AACEI (2011), adaptado pelo autor

Em linhas gerais, o método *As Planned vs As Built* é uma técnica usada no gerenciamento de projetos para comparar o cronograma original do projeto (*As Planned*) com o progresso e o cronograma reais do projeto (*As Built*). Esta análise é utilizada para identificar quaisquer variações entre o que foi inicialmente planejado e o que foi realmente executado, permitindo a visualização do quanto a execução está alinhada com

o plano inicial e a identificando diferenças entre os cronogramas, conclusão de tarefas, atrasos e outros fatores que possam ter influenciado o andamento do projeto.

Trata-se da ferramenta mais simples das análises de cronograma, pois é um método gráfico onde só são necessárias as datas de início e fim previstas e realizadas das atividades para sua utilização, não sendo necessária a utilização de nenhum tipo de lógica como o CPM. Na Figura 7, observa-se uma demonstração de aplicação do método.

Figura 7 - Exemplo de *As Planned vs As Built*



Fonte: elaborado pelo autor

Para implementar esta metodologia, devem ser seguidas uma série de etapas, que começam pela identificação da linha de base ou cronograma que servirá como “*As Planned*” e terminam com a identificação e quantificação de atrasos/adiantamentos construtivos e seus responsáveis, conforme abaixo:

1ª etapa: validação do cronograma *As Planned* ou outra linha de base representativa;

2ª etapa: validação do cronograma *As Built*;

3ª etapa: determinar os atrasos e/ou adiantamentos nas atividades — os atrasos e adiantamentos são identificados com base em documentação contemporânea ao projeto, preferencialmente;

4ª etapa: identificar as causas dos atrasos;

5ª etapa: definir as responsabilidades.

### 3.3 Impactado como Planejado

A Prática Recomendada da AACEI descreve o MIP 3.6 como uma técnica de análise de atrasos modelada retrospectivamente que consiste na inserção ou adição de atividades que representam atrasos ou alterações em um cronograma para determinar o impacto hipotético dessas inserções ou atrasos.

A análise modelada examina os cronogramas, mas permite a “intervenção do analista” ao adicionar ou subtrair atividades que representam eventos de atraso no cronograma. A modelagem aditiva exige que o analista insira atividades de "atraso" em um cronograma para determinar se a atividade inserida teria um impacto na data de conclusão do cronograma. Como será utilizado um único caminho crítico, tem-se uma análise em base única que será avaliada pela aplicação segmentada de atrasos, ou seja, serão inseridos um a um ou em pequenos grupos. Na Figura 8, verifica-se a taxonomia da metodologia Impactado como Planejado.

Figura 8 – Taxonomia do MIP 3.6 – Impactado como Planejado

T A X O N O M I A	1	RETROSPECTIVA							
	2	MODELADA							
	3	ADITIVO				SUBTRATIVO			
	4	3.6 Base única		3.7 Base múltipla		3.8 Simulação única		3.9 Simulação múltipla	
	5	Inserção global	Inserção segmentada	Períodos fixos	Janela variável ou agrupado	Extração global	Extração segmentada	Períodos fixos	Extração segmentada
NOMES COMUNS	Impactado como planejado, What-if	Análise do impacto do tempo, Impactado como planejado	Análise do impacto do tempo	Análise de janela, Impactado como planejado	As built colapsado	Análise do impacto do tempo, As built colapsado	Análise do impacto do tempo, As built colapsado	Análise de janela, Análise do impacto do tempo, As built colapsado	

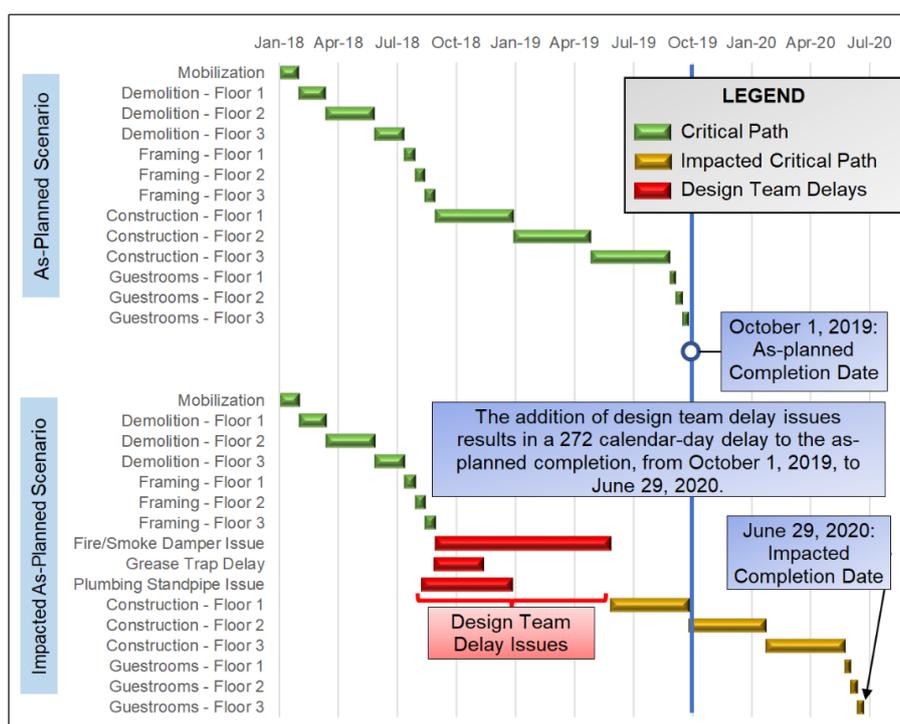
Fonte: AACEI (2011), adaptado pelo autor

O termo impactado como planejado (do inglês *Impacted as Planned* – IAP) é comumente utilizado na gestão de projeto para avaliação dos efeitos dos eventos de atraso ou alterações no cronograma originalmente planejado através da comparação entre o cronograma da linha de base (AACEI, 2011), ou seja, sem considerar nenhum atraso com o cronograma atualizado, que é aquele que reflete o progresso real e contabiliza os

impactos dos eventos de atraso.

Na análise do IAP, os eventos de atraso são identificados e avaliados quanto ao seu impacto no cronograma do projeto, por meio de uma análise forense da documentação do projeto, incluindo cronogramas, ordens de alteração e outros registros relevantes. Seu foco é determinar o efeito dos eventos de atraso no caminho crítico e na duração geral do projeto. A análise ainda pode ser feita de maneira prospectiva, projetando impactos futuros no cronograma (AACEI, 2006). Na Figura 9 pode ser verificada a data planejada para finalização comparada com a data de finalização impactada, permitindo mensurar o número de dias de atraso no caminho crítico do projeto.

Figura 9 - Exemplo de análise Impactado como Planejado



Fonte: Interface Consulting (2023)

Em gestão de projetos, *fragnet* é um termo comumente usado para descrever um subconjunto ou fragmento de um diagrama de rede que representa uma seção ou um aspecto específico de um projeto. Os fragmentos podem ser especialmente úteis em projetos grandes e complexos, nos quais o diagrama de rede completo pode ser complicado ou difícil de gerenciar como um todo. Ao trabalhar com fragmentos, as

equipes de projeto podem se concentrar em áreas específicas do projeto e, ao mesmo tempo, manter uma compreensão do contexto mais amplo do projeto.

A fragmentação é utilizada para analisar e gerenciar uma fase, uma área ou um caminho crítico específico do projeto, permitindo que as equipes de projeto ampliem os detalhes e as dependências específicas.

De maneira análoga ao protocolo 3.1 e demais encontrados na Prática Recomendada 29R-03, existe uma sequência de etapas a serem seguidas que garantem a reprodutibilidade dos resultados encontrados. Estas etapas são:

1ª etapa: validar o cronograma original do projeto (linha de base), incluindo extensões de prazo concedidas;

2ª etapa: identificar o caminho crítico do cronograma planejado;

3ª etapa: identificar e quantificar os impactos a serem avaliados;

4ª etapa: criar redes fragmentárias (*fragnet*) representando os impactos a serem avaliados;

5ª etapa: criar o cronograma impactado, inserindo um *fragnet* na cópia do cronograma sem impactos;

6ª etapa: identificar o caminho crítico do novo cronograma impactado;

7ª etapa: comparar os cronogramas para determinar o atraso causado pela inserção do *fragnet*;

8ª etapa: tabular e justificar cada mudança feita na linha de base para criar o impactado como planejado;

9ª etapa: identificar a cadeia controladora das atividades usando o caminho mais longo e o critério de menor folga;

10ª etapa: quantificar atrasos e adiantamentos líquidos;

11ª etapa: definir as responsabilidades.

### **3.4 Pleitos de construção associados a atrasos**

No contexto da gestão de projetos, os pleitos de construção se referem às solicitações formais feitas entre as partes envolvidas no projeto para compensação ou resolução de problemas encontrados durante o processo de construção. Estes pleitos

podem abranger diversos assuntos, desde atrasos, mudanças de escopo, custos excedentes, interrupções ou desacordos na interpretação do contrato.

Segundo Kerzner (2009), pleitos de construção é um dos desafios mais comuns enfrentados em gestão de projetos. Como podem se originar das mais diferentes causas — como mudanças de projeto, modificações de escopo, atrasos, interrupções, condições imprevistas etc. —, o entendimento dessas causas é crucial para que sejam tratados de maneira proativa e transparente. Isso envolve a avaliação dos méritos de uma reivindicação, a identificação dos possíveis impactos no desempenho do projeto, a análise dos custos associados e das implicações do cronograma e a determinação das partes responsáveis.

Além disso, documentação rigorosa e abrangente das alterações, eventos, comunicações e quaisquer impactos no cronograma, custo e desempenho do projeto são essenciais para apoiar ou defender pleitos.

Via de regra, a extensão de prazo é uma solicitação formal feita pelo empreiteiro ou pela equipe de projeto para que seja ajustada a data de conclusão de um projeto, devido as mais diversas causas como circunstâncias imprevistas, atrasos, eventos fora do controle do contratado etc.

Kelley (2013) apresenta o entendimento que as extensões de prazo são tipicamente governadas pelos contratos entre as partes envolvidas, onde são especificadas as circunstâncias, o processo para requisição e a documentação necessária para o aceite.

Como dito anteriormente, situações fora do controle do empreiteiro fazem jus a extensão de prazo, mas não necessariamente indenização pelo atraso ocasionado pelas causas que levaram a extensão. Entretanto, atrasos causados por subcontratados e fornecedores são considerados como estando dentro do controle do empreiteiro, logo, não estão cobertos por extensão de prazo, salvo acordado entre as partes.

Conforme Kelley (2013), as disputas são a regra e não a exceção em muitos projetos de construção, e a resolução imediata de disputas pode ser fundamental para o

sucesso de um projeto. A incerteza gerada por disputas não resolvidas pode afetar o progresso do projeto e levar a quedas significativas no fluxo de caixa. Se a resolução de disputas for adiada até o final do projeto, estabelecer os fatos e eventos relevantes se torna mais difícil e caro.

A resolução de disputas no contexto do gerenciamento de projetos envolve processos e técnicas para tratar de conflitos, divergências ou reclamações que surgem ao longo de um projeto. Geralmente, as disputas são resolvidas de quatro maneiras distintas:

- a) **Negociação:** quando as partes se envolvem em discussões para encontrar uma solução mutuamente aceitável sem envolver terceiros. Ela permite que as partes envolvidas se comuniquem abertamente, entendam as perspectivas umas das outras e explorem possíveis soluções.
- b) **Mediação:** é um processo voluntário e confidencial conduzido por um terceiro neutro, o mediador, que ajuda as partes a se comunicarem entre si, identificarem interesses subjacentes e trabalharem em busca de uma solução mutuamente aceitável. A mediação pode ser menos formal e mais flexível do que outros processos de resolução de disputas.
- c) **Arbitragem:** a disputa é apresentada a um terceiro ou painel neutro, o(s) árbitro(s), que toma(m) uma decisão vinculativa com base nas evidências e nos argumentos apresentados. A arbitragem pode ser um processo mais formal, semelhante a uma pequena audiência em que as partes apresentam seus casos e testemunhas.
- d) **Litígio:** resolução de disputas por meio do sistema judicial, onde as partes apresentam seus casos a um juiz ou júri, que toma uma decisão legalmente vinculante sobre a disputa. O litígio é normalmente visto como último recurso se outras formas de resolução de disputas não tiverem sido bem-sucedidas.

#### **4 MÉTODO DE TRABALHO**

O primeira etapa realizada deste trabalho foi a revisão bibliográfica, apresentando os conceitos básicos para o entendimento da análise de cronograma, os fatores que levam a disputas entre as partes e os métodos comparados neste trabalho.

A estratégia de pesquisa adotada no trabalho foi o estudo de caso. Para tanto, foi realizada a análise de atraso no cronograma de um projeto de construção de um parque de energia solar localizado no estado de Pernambuco, entre 2020 e 2021. Utilizando painéis fotovoltaicos bifaciais, equipados com tecnologia que permite a captação de luz em ambos os lados, com absorção da luz refletida no solo. Com isso, estima-se um aumento de até 30% (trinta por cento) de eficiência quando comparados aos painéis solares usualmente considerados em projetos desta natureza.

O projeto em questão resultou em uma arbitragem relacionada com atraso de execução. A partir da comparação entre os registros dos acontecimentos no âmbito das obras, o que havia sido pactuado no âmbito do Contrato e seus anexos foi possível a determinação dos atrasos e seus responsáveis.

De posse destes registros, foi realizada a avaliação de cronogramas *baseline* e último disponibilizado, relatórios diários de obras (RDO), relatórios executivos mensais (RM) entre outros documentos. Para o método *As Planned vs As Built* foi considerado como *baseline (As Planned)* o primeiro cronograma consolidado entre as partes, sendo comparado com o último cronograma apresentado em 25 de junho de 2021 (*As Built*). Para a metodologia Impactado como Planejado, foi utilizado como *baseline* o mesmo cronograma do método anterior, inserindo os *fragnets* referentes aos eventos de atraso no cronograma e avaliando as mudanças ocorridas no caminho crítico.

A análise dos dados deste estudo de caso foi desenvolvida aplicando separadamente cada uma das abordagens, *As Planned vs As Built* e Impactado com Planejado, para avaliação de atrasos, e posteriormente foi realizada uma análise qualitativa dos resultados obtidos pela aplicação de cada uma delas.

A determinação da alocação de mão de obra planejada foi realizada com base no cronograma de linha de base, levando em consideração os feriados e fins de semana fornecidos pela CONTRATADA. A partir desses dados, foram calculados os números de dias úteis para cada mês no período de julho de 2020 a dezembro de 2020. Para obter um panorama abrangente dos recursos necessários para as atividades de obras civis,

montagem eletromecânica e comissionamento durante o mesmo período, foi utilizado histograma de linha de base.

A mão de obra efetiva foi obtida com base nos Relatórios Diários de Obras (RDO's), através do levantamento de recursos alocados diariamente, tanto no turno diurno quanto em turnos adicionais e horas extras. Vale ressaltar que, ao contrário do histograma, os recursos não foram segmentados por especialidade nesse levantamento ou seja, obras civis, montagem eletromecânica e comissionamento.

O cálculo de horas-homem diárias foi realizado as informações provenientes do calendário do cronograma de linha de base e as horas de trabalho registradas nos RDO's, considerando uma jornada de trabalho de 44 horas semanais por recurso ou 8,8 horas diárias, levando em conta dois turnos de trabalho de segunda a sexta-feira.

As perdas de produtividade foram quantificadas com base nas atividades a serem realizadas, o prazo previsto para realização das mesmas e as datas previstas de início e fim em comparação com o que foi efetivamente realizado durante a permanência da CONTRATADA no site.

A análise de produtividade prevista no Estaqueamento foi considerada o quantitativo previsto de execução, conforme cronograma *baseline*, calculando o quantitativo total pela duração prevista por parque. De maneira análoga, foram obtidas as produtividades previstas para o empreendimento como um todo. Para o cálculo da produtividade real, por parque e geral, foram levantados, segundo os RDO's apresentados pela CONTRATADA o quantitativo de pontos executados diariamente e realizado o cálculo do quantitativo executado pela quantidade de dias trabalhados em cada mês.

Para realizar o cálculo de produtividade prevista da execução das fundações das bases foi analisado o cronograma linha de base, mapeando as datas de início e término das atividades por parque. Para a análise da produtividade real, foram analisados os RDOs e cronogramas contemporâneos, levantando os inícios e terminos das atividades por parque, bem como cada dia em que foram reportadas atividades relativas à construção das bases das PCS. Para o cálculo da produtividade das bases das PCS, também foram

desconsiderados os períodos em que ocorreram os hiatos na execução das bases, ocorridos para investigação e resolução do recalque ocorrido nestas bases.

O cálculo de produtividade prevista da montagem de módulos fotovoltaicos, foi analisado o cronograma linha de base, mapeando as datas de início e término das atividades por parque. Para a análise da produtividade real, foram analisados os RDO's, levantando os inícios e terminos das atividades por parque. Desta forma, foram calculados quantos dias foram necessários para concluir os trabalhos e a produtividade média por parque, assim como a geral.

Por fim, o resultado esperado é o estabelecimento de um comparativo entre os dois métodos de análise de atraso utilizados neste estudo de caso, com seus pontos fortes e fracos, amparado pelos resultados obtidos nas análises de efetivo e produtividade.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Considerações gerais**

Para a execução do estudo de caso, foi considerado o primeiro cronograma apresentado pela CONTRATADA e aceito pela CONTRATANTE como sendo a linha de base e, para fim de mapeamento do cronograma real foi utilizado como base o último cronograma disponibilizado pela CONTRATADA, assim como os relatórios diários de obras (RDO), relatórios executivos mensais (RM) e outros documentos ao longo da análise. Cabe ressaltar que diversos destes documentos, principalmente cronogramas contemporâneos, cronograma as-built e RDO's não foram aprovados pela CONTRATANTE, haja vista a qualidade insuficiente dos dados apresentados pela CONTRATADA. Somente para fins desta análise — não podendo ser considerada as datas reais de conclusão, foram utilizadas para as atividades não concluídas, a data de término meramente hipotética de 01/09/2021, a qual representa a saída da CONTRATADA do site.

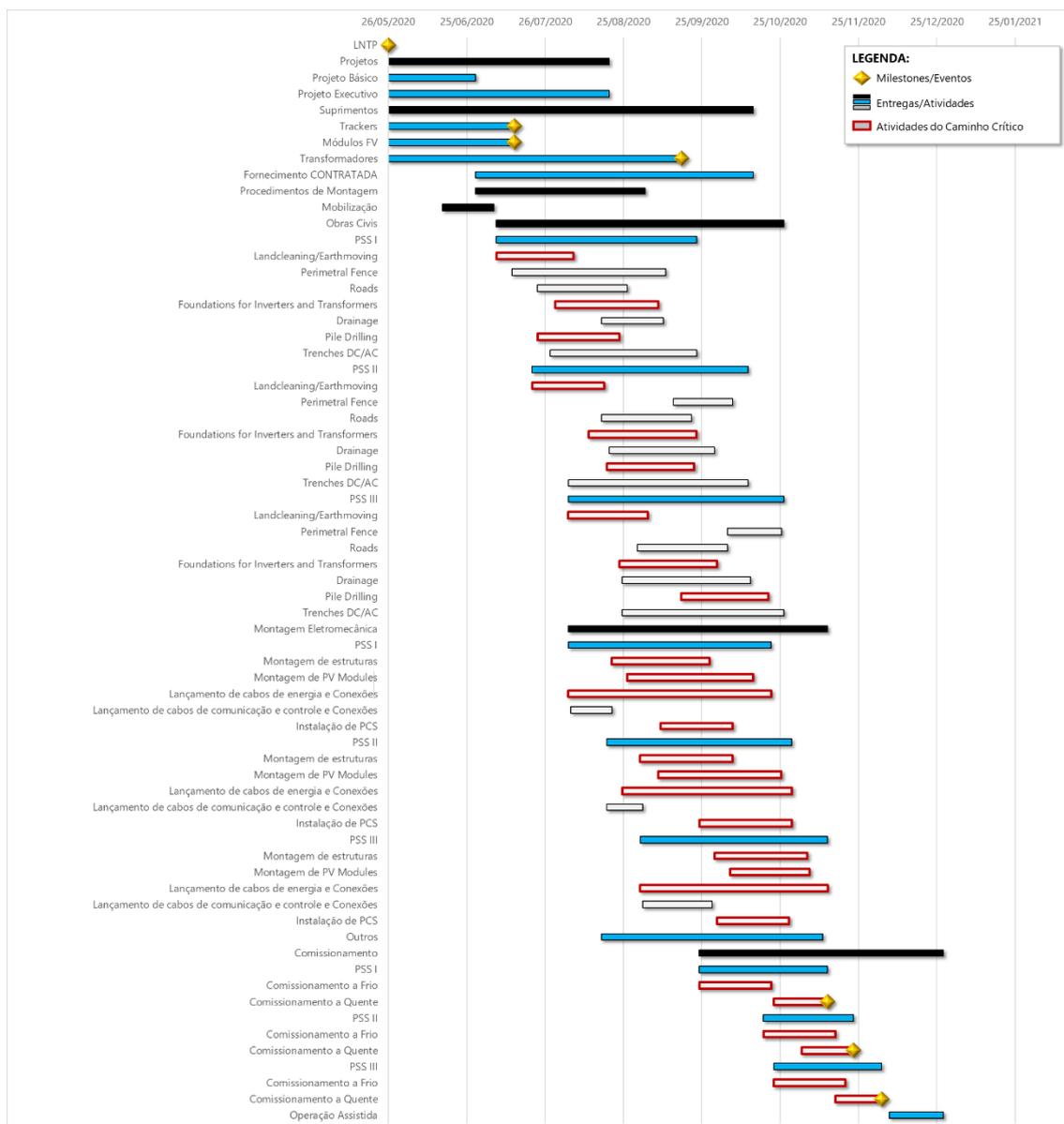
Além disso, para o presente estudo de caso no que tange a Análise de Cronograma utilizando a metodologia Impactado como Planejado, esta foi dividida em três períodos:

- a) execução das obras civis;
- b) execução da montagem eletromecânica; e
- c) execução do comissionamento.

É pertinente esta divisão de períodos por atividades, apesar de se sobreporem a partir de um dado momento, por conta do atraso na execução das obras, a fim de facilitar a segregação dos impactos.

A segmentação da análise em períodos permite a comparação contínua entre o realizado e linha de base original ou cronograma planejado. No entanto, é válido mencionar que a segmentação é útil para melhorar a organização do processo de análise e permitir a definição de prioridades. Também pode adicionar-se a eficácia da apresentação da análise.

Por fim, devido à falha na lógica do cronograma enviado para análise, onde foi verificada a inclusão de uma série de atividades utilizando lógicas SS (*start-to-start*) — o que não permite a obtenção de um caminho crítico verdadeiro, não foi possível identificar o caminho crítico no cronograma linha de base (*As Planned*) tampouco no último cronograma disponibilizado em 25/06/2021 (*As Built*). Dessa forma, foi elaborado um cronograma *baseline*, onde foram destacadas as atividades necessárias para que fosse atingido o estágio de comissionamento a quente dos três parques. Na Figura 10, as atividades destacadas fazem parte dos requisitos mínimos necessários para atingir os Marcos Contratuais de “*Civil Works Completion*”, “*Mechanical Completion*” e “*Electrical Works*”, necessários para o comissionamento a quente.

Figura 10 - Cronograma *Baseline*

Fonte: elaborado pelo autor

## 5.2 *As Planned vs. As Built*

Para análise do cronograma para PSS I, foi realizado o levantamento de atividades e datas de execução, no qual para as atividades de montagem de estruturas, montagem de módulos e lançamento de cabos de energia e conexões, assinaladas no quadro abaixo em vermelho, foi considerada a data informada no último cronograma apresentado somente para fins de análise deste trabalho — não podendo ser considerada as datas reais de

conclusão, uma vez que tais atividades não foram concluídas pela CONTRATADA até a sua data de saída da obra. As datas grifadas em cinza foram ajustadas devido ao hiato na execução das bases e instalação de PCS (estações de conversão de energia, do inglês *Power Conversion Station*) de no PSS I (representado pelo retângulo com contorno pontilhado acima), em que as atividades cessaram até que foram identificados os recalques nas bases e, posteriormente, realizados os retrabalhos. A data grifada em amarelo do comissionamento a frio foi ajustada com base nos relatórios diários de obra. A data grifada em laranja para o comissionamento a quente foi considerada o dia da última atualização do cronograma da obra. Estes dados podem ser vistos no Quadro 1.

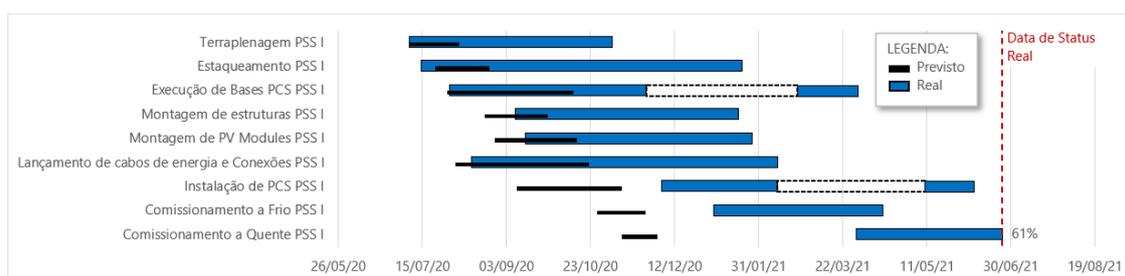
Quadro 1 - Levantamento de prazos de início e término previstos e reais das atividades do PSS I

ATIVIDADES PSS I	INÍCIO PREVISTO	TÉRMINO PREVISTO	INÍCIO REAL	TÉRMINO REAL
Terraplenagem PSS I	07/07/2020	06/08/2020	07/07/2020	05/11/2020
Estaqueamento PSS I	23/07/2020	24/08/2020	14/07/2020	21/01/2021
Execução de Bases PCS PSS I	30/07/2020	13/10/2020	31/07/2020	31/03/2021
Montagem de estruturas PSS I	21/08/2020	28/09/2020	08/09/2020	19/01/2021
Montagem de PV Modules PSS I	27/08/2020	15/10/2020	14/09/2020	27/01/2021
Lançamento de cabos de energia e Conexões PSS I	04/08/2020	22/10/2020	13/08/2020	11/02/2021
Instalação de PCS PSS I	09/09/2020	11/11/2020	04/12/2020	08/06/2021
Comissionamento a Frio PSS I	27/10/2020	25/11/2020	04/01/2021	15/04/2021
Comissionamento a Quente PSS I	11/11/2020	02/12/2020	30/03/2021	25/06/2021

Fonte: elaborado pelo autor

Sendo assim, a distribuição do tempo foi a seguinte, conforme a Figura 11:

Figura 11 - *As Planned vs As Built* do PSS I



Fonte: elaborado pelo autor

Para PSS II, foram mapeadas as seguintes atividades e respectivas datas de execução, no qual para as atividades de montagem de estruturas, montagem de módulos e lançamento de cabos de energia e conexões, assinaladas no quadro abaixo em vermelho,

foi considerada a data informada no último cronograma apresentado, somente para fins de análise para este trabalho – não podendo ser considerada as datas reais de conclusão, uma vez que tais atividades não foram concluídas pela CONTRATADA até a sua data de saída no início de setembro/2021. As datas grifadas em cinza foram ajustadas devido ao hiato na execução das bases e instalação de PCS no PSS II (representado pelo retângulo com contorno pontilhado acima), em que as atividades cessaram até que foram identificados os recalques nas bases e, posteriormente, realizados os retrabalhos. A data grifada em laranja para o comissionamento a quente foi considerada o dia da última atualização do cronograma da obra. As datas previstas e realizadas podem ser verificadas no Quadro 2.

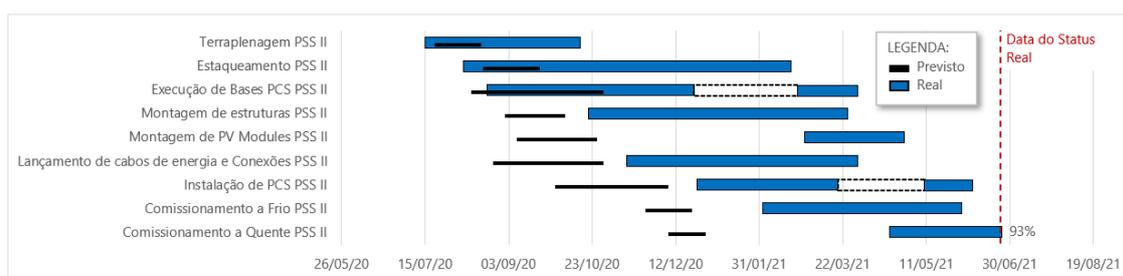
Quadro 2 - Levantamento de prazos de início e término previstos e reais das atividades do PSS II

ATIVIDADES PSS II	INÍCIO PREVISTO	TÉRMINO PREVISTO	INÍCIO REAL	TÉRMINO REAL
Terraplenagem PSS II	21/07/2020	18/08/2020	15/07/2020	16/10/2020
Estaqueamento PSS II	19/08/2020	22/09/2020	07/08/2020	19/02/2021
Execução de Bases PCS PSS II	12/08/2020	30/10/2020	21/08/2020	31/03/2021
Montagem de estruturas PSS II	01/09/2020	07/10/2020	21/10/2020	25/03/2021
Montagem de PV Modules PSS II	08/09/2020	26/10/2020	27/02/2021	28/04/2021
Lançamento de cabos de energia e Conexões PSS II	25/08/2020	30/10/2020	13/11/2020	31/03/2021
Instalação de PCS PSS II	01/10/2020	08/12/2020	25/12/2020	08/06/2021
Comissionamento a Frio PSS II	24/11/2020	22/12/2020	02/02/2021	01/06/2021
Comissionamento a Quente PSS II	08/12/2020	30/12/2020	19/04/2021	25/06/2021

Fonte: elaborado pelo autor

A distribuição do tempo foi mapeada da seguinte maneira, conforme pode ser visto na Figura 12:

Figura 12 - As Planned vs As Built do PSS II



Fonte: elaborado pelo autor

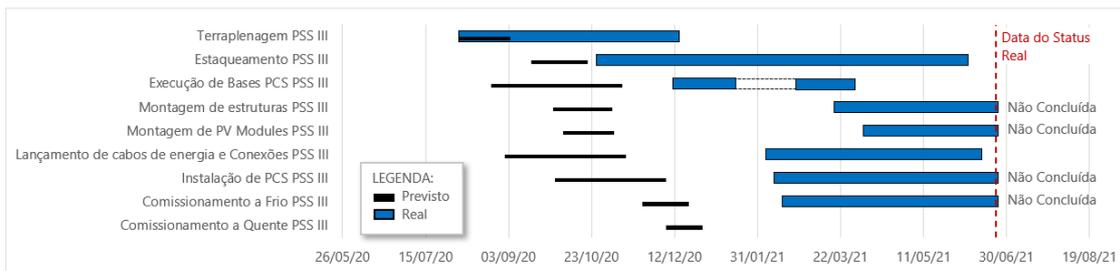
Analogamente, para PSS III foi realizado o seguinte levantamento de atividades e datas de execução, no qual para as atividades de lançamento de cabos de energia e conexões, assinaladas no quadro abaixo em vermelho, foi considerada a data informada no último cronograma apresentado, somente para fins de análise deste trabalho – não podendo ser considerada as datas reais de conclusão, uma vez que tais atividades não foram concluídas pela CONTRATADA até a sua data de saída no início de setembro/2021. A data grifada em cinza é decorrente do hiato ocorrido no PSS III durante a execução das bases de PCS (representado pelo retângulo com contorno pontilhado acima), entre o período em que foram executadas as bases até o fim das atividades de retrabalho que foram executadas. As datas grifadas em amarelo do estaqueamento para início e fim da atividade foram ajustadas com base nos relatórios diários de obra. As datas grifadas em laranja para montagem das estruturas, montagem dos módulos e comissionamento a frio foram consideradas o dia da última atualização do cronograma da obra. O comissionamento a quente não foi representado pois não tinha sido iniciado até a saída da CONTRATADA, conforme Quadro 3:

Quadro 3 - Levantamento de prazos de início e término previstos e reais das atividades do PSS III

ATIVIDADES PSS III	INÍCIO PREVISTO	TÉRMINO PREVISTO	INÍCIO REAL	TÉRMINO REAL
Terraplenagem PSS III	04/08/2020	04/09/2020	04/08/2020	15/12/2020
Estaqueamento PSS III	17/09/2020	21/10/2020	26/10/2020	07/06/2021
Execução de Bases PCS PSS III	24/08/2020	11/11/2020	11/12/2020	31/03/2021
Montagem de estruturas PSS III	30/09/2020	05/11/2020	18/03/2021	25/06/2021
Montagem de PV Modules PSS III	06/10/2020	06/11/2020	05/04/2021	25/06/2021
Lançamento de cabos de energia e Conexões PSS III	01/09/2020	13/11/2020	05/02/2021	15/06/2021
Instalação de PCS PSS III	01/10/2020	07/12/2020	10/02/2021	25/06/2021
Comissionamento a Frio PSS III	23/11/2020	21/12/2020	15/02/2021	25/06/2021
Comissionamento a Quente PSS III	07/12/2020	29/12/2020	-	-

Fonte: elaborado pelo autor

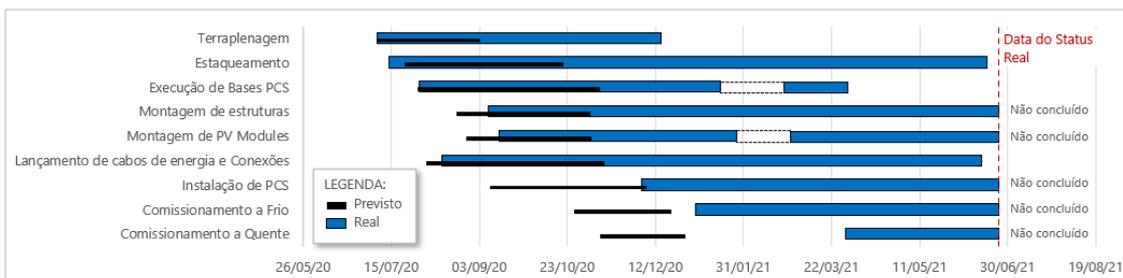
A distribuição do tempo pode ser vista na Figura 13 a seguir:

Figura 13 - *As Planned vs As Built* do PSS III

Fonte: elaborado pelo autor

As datas que constam nas colunas “Início Previsto” e “Término Previsto” dos quadros 1, 2 e 3 acima foram extraídas do cronograma linha de base. As datas de “Início Real” e “Término Real” constantes nestas mesmas tabelas foram extraídas do último cronograma apresentado, porém, vale reforçar que estes documentos não foram validados pela CONTRATANTE. Para as atividades de execução das bases das PCS para PSS I, II e III foram consideradas as datas de término de 31/03/2021, em razão da reconstrução das bases, que foi necessária por conta dos recalques reportados. Ainda assim, foram utilizadas estas datas apenas para fim de análise de cronograma neste trabalho e não podem, em nenhuma hipótese, ser consideradas as datas reais de conclusão, haja vista que tais atividades não foram concluídas pela CONTRATADA até sua desmobilização do site.

Para a análise dos cronogramas, foram sintetizadas as atividades dos três parques, a fim de obter uma visão geral do projeto. Desta forma, a Figura 14 mostra um comparativo entre as datas previstas e reais destas atividades.

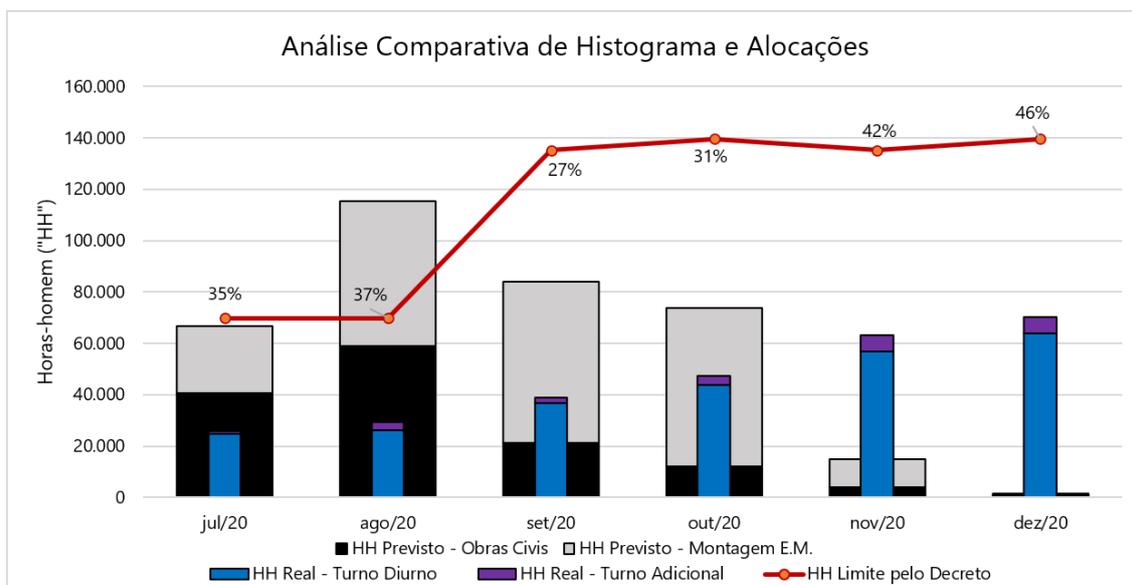
Figura 14 - *As Planned vs As Build* aglutinado dos PSS I, II e III

Fonte: elaborado pelo autor

A alocação de pessoal foi quantificada com base no calendário do cronograma linha de base, feriados e finais de semana apresentados pela CONTRATADA e foram extraídos os quantitativos de dias úteis para cada um dos meses entre julho/2020 e dezembro/2020. A partir do histograma linha de base, foram levantados todos os recursos para obras civis, montagem eletromecânica e comissionamento para o período entre julho/2020 e dezembro/2020. Com base nos RDO's, foram levantados todos os quantitativos de recursos reportados como alocados por dia, tanto no turno diurno quanto para turno adicional e horas extras, vale ressaltar neste levantamento que, diferentemente do histograma, não foram segmentadas as especialidades dos recursos entre obras civis, montagem eletromecânica e comissionamento. Partindo das informações provenientes do calendário do cronograma linha de base e nas horas de trabalho dos recursos reportados nos RDOs, foram levantadas as quantidades de horas-homem diárias. Assim sendo, para o cálculo, foram consideradas 44 horas semanais de trabalho por recurso ou 8,8 horas diárias considerando dois turnos de trabalho de segunda à sexta-feira.

Pela análise das alocações apresentadas na Figura 15, é possível a visualização do histograma e alocação de recursos durante o período e verifica-se que, em momento algum, houve uma proximidade da alocação dos recursos pela CONTRATADA com relação ao limite estabelecido em decreto, com alocações reais entre 27% e 46% da capacidade máxima até dezembro/2020, o que representa que não houve qualquer tipo de impacto relacionado aos decretos. Verifica-se também, pelo gráfico, que a CONTRATADA não praticou a alocação de um turno adicional de forma sistemática, pela baixa quantidade reportada de turno adicional e horas extras. Com base nesses dados, foi possível verificar que em momento algum as restrições do período de pandemia foram empecilho para a execução das atividades e sim a baixa aderência da CONTRATADA ao previsto e aos planos de ação apresentados para a recuperação dos prazos.

Figura 15 - Gráfico comparativo entre os histogramas previstos na linha de base, alocação real e limitação pelo decreto



Com base na documentação disponibilizada foi possível observar, também, que nos dias 11/09/2020, 12/09/2020 e 06/10/2020, não houve atividades por conta do bloqueio das obras por uma das subcontratadas, devido a atraso dos pagamentos da CONTRATADA.

Além disso, foi identificada a não-conformidade no recalque do corpo de aterro das bases das PCS, devido falta de energia de compactação em locais pontuais do aterro. Esses atrasos impediriam a instalação dos transformadores dentro dos prazos estabelecidos no cronograma, devido a reconstrução das bases.

A partir de uma análise preliminar comparando os cronogramas previstos, realizados e as análises dos motivos para os atrasos apresentados acima, foi possível extrair os seguintes fatos:

- a) Houve larga discrepância entre os cronogramas previsto e o efetivamente realizado pela CONTRATADA;

- b) Desde o início da execução das obras civis foi identificada a baixa produtividade da CONTRATADA conforme demonstrado e, mesmo com a possibilidade de alocação em turnos noturnos, essa opção raramente foi utilizada;
- c) Falhas de execução que levaram a paralisação das frentes de serviço para execução de retrabalho;
- d) Os atrasos foram mais cada vez mais severos, analisando desde o início das obras nos parques PSS I até PSS III e até o dia 25/06/2021, data de status do último cronograma disponibilizado, já que algumas entregas ainda não haviam sido concluídas pela CONTRATADA, como comissionamento a quente dos três parques e a montagem eletromecânica e comissionamento a frio do PSS III.

### **5.3 Impactado como Planejado**

Tendo em vista a necessidade de averiguar os impactos no caminho crítico do cronograma, as análises doravante serão focadas nas atividades que o compõem. Ademais, ressalta-se que em certos pontos da análise foi pertinente a segmentação das atividades para cada um dos parques fotovoltaicos, a fim de identificar situações específicas de cada parque, e em outros pontos a análise foi consolidada pelo tipo de atividade independente do parque.

Entretanto, como colocado nas considerações gerais desta análise, se assumiu como caminho crítico as entregas que faziam parte dos requisitos mínimos para atingimento dos marcos contratuais de obras civis, eletromecânicas e comissionamento, uma vez que os cronogramas entregues apresentam falhas graves na lógica da rede, sendo possível somente a modelagem com intuito de demonstração do método.

Dando sequência a análise, foram identificados e quantificados os impactos nos parques PSS I, II e III baseados nos cronogramas e documentação da obra. A partir das documentações foram elaborados estudos dos impactos ocasionados pelas obras civis, onde foram avaliadas as produtividades de terraplenagem, estaqueamento e bases de PCS, e montagem eletromecânica, sendo elas as instalações dos módulos fotovoltaicos e PCS.

Iniciando pelas Obras Civis, o cálculo de produtividade prevista da terraplenagem foi realizado analisando o cronograma linha de base, mapeando as datas de início e

término das atividades por parque. Para a análise da produtividade real, foram analisados os RDOs, levantando os inícios e terminos das atividades por parque, bem como cada dia em que foram reportadas atividades de terraplenagem. Desta forma, foram calculados quantos dias foram necessários para concluir os trabalhos e a produtividade média por parque, assim como a geral, conforme o Quadro 4:

Quadro 4 - Levantamento dos dados de produtividade para as atividades de terraplenagem

ATIVIDADE	INÍCIO PREVISTO	TÉRMINO PREVISTO	DURAÇÃO (DIAS ÚTEIS)	PRODUTIVIDADE DIÁRIA PREVISTA	INÍCIO REAL	TÉRMINO REAL	ATIVIDADES MAPEADAS	PRODUTIVIDADE REAL
Terraplenagem PSS I	07/07/2020	06/08/2020	23	4,3%	07/07/2020	16/11/2020	50,0	2,00%
Terraplenagem PSS II	21/07/2020	18/08/2020	21	4,8%	13/07/2020	16/11/2020	53,0	1,89%
Terraplenagem PSS III	04/08/2020	04/09/2020	24	4,2%	04/08/2020	23/01/2021	67,0	1,49%
Terraplenagem	07/07/2020	04/09/2020	44	<b>6,8%</b>	07/07/2020	23/01/2021	<b>170,0</b>	<b>1,79%</b>

Fonte: elaborado pelo autor

Fazendo o comparativo entre as produtividades previstas e as produtividades reais por parque, pode-se concluir que a taxa real foi muito inferior à prevista. Analisando as produtividades totais, verifica-se diferença ainda maior, por conta do paralelismo planejado entre os parques, atingindo taxa de produtividade de 26,3%.

Dentro do item “Estaqueamento”, as atividades de perfuração, cravação de estacas e concretagem são as principais componentes. Para a análise de produtividade prevista foi considerado o quantitativo previsto de execução, conforme cronograma *baseline*. Calculando o quantitativo total por parque pela duração estimada, foram obtidas as produtividades prevista e realizada, conforme apresentado no Quadro 5 e Quadro 6 a seguir:

Quadro 5 - Levantamento de dados de produtividade prevista para o estaqueamento

ATIVIDADE	DURAÇÃO	QUANTIDADE PREVISTA (furos)	DURAÇÃO (DIAS ÚTEIS)	PRODUTIVIDADE DIÁRIA PREVISTA (furos/dia)
Estaqueamento - Furação SAL1	26	8.551	19	450
Estaqueamento - Cravação SAL1	24	8.551	19	450
Estaqueamento - Concretagem SAL1	26	8.551	19	450
Estaqueamento - Furação SAL2	28	13.643	19	718
Estaqueamento - Cravação SAL2	28	13.643	19	718
Estaqueamento - Concretagem SAL2	28	13.643	19	718
Estaqueamento - Furação SAL3	28	15.554	20	778
Estaqueamento - Cravação SAL3	28	15.554	20	778
Estaqueamento - Concretagem SAL3	28	15.554	20	778
Estaqueamento - Furação	84	37.748	58	<b>651</b>
Estaqueamento - Cravação	84	37.748	58	<b>651</b>
Estaqueamento - Concretagem	84	37.748	58	<b>651</b>

Fonte: elaborado pelo autor

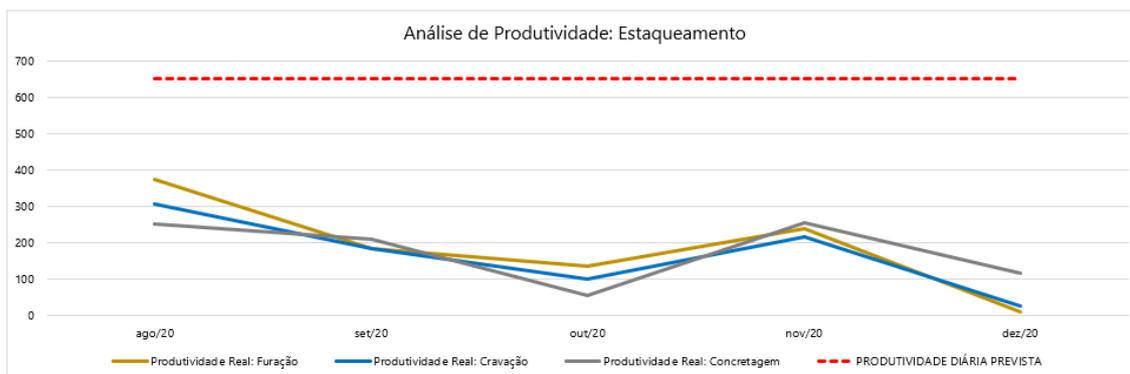
Quadro 6 - Levantamento de dados de produtividade real para o estaqueamento

ATIVIDADE	QUANTIDADE EXECUTADA (furos)					DIAS TRABALHADOS					PRODUTIVIDADE REAL (furos/dia)				
	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20
Estaqueamento - Furação SAL1	3.564	886	1.174	305	60	30	26	27	25	23	118,8	34,1	43,5	12,2	2,6
Estaqueamento - Cravação SAL1	1.857	1.006	542	369	177	30	26	27	25	23	61,9	38,7	20,1	14,8	7,7
Estaqueamento - Concretagem SAL1	2.703	1.006	542	878	1.277	30	26	27	25	23	90,1	38,7	20,1	35,1	55,5
Estaqueamento - Furação SAL2	7.741	3.950	2.142	0	0	24	26	27	25	23	322,5	151,9	79,3	0,0	0,0
Estaqueamento - Cravação SAL2	7.365	3.776	2.213	0	32	24	26	27	25	23	306,9	145,2	82,0	0,0	1,4
Estaqueamento - Concretagem SAL2	4.923	4.495	1.012	581	0	24	26	27	25	23	205,1	172,9	37,5	23,2	0,0
Estaqueamento - Furação SAL3	0	0	347	6.159	201	0	0	5	25	23	n/a	n/a	69,4	246,4	8,7
Estaqueamento - Cravação SAL3	0	0	0	5.482	569	0	0	5	25	23	n/a	n/a	0,0	219,3	24,7
Estaqueamento - Concretagem SAL3	0	0	0	5.445	1.907	0	0	5	25	23	n/a	n/a	0,0	217,8	82,9
Estaqueamento - Furação	11.305	4.836	3.663	6.464	261	30	26	27	27	27	<b>376,8</b>	<b>186,0</b>	<b>135,7</b>	<b>239,4</b>	<b>9,7</b>
Estaqueamento - Cravação	9.222	4.782	2.755	5.851	778	30	26	27	27	27	<b>307,4</b>	<b>183,9</b>	<b>102,0</b>	<b>216,7</b>	<b>28,8</b>
Estaqueamento - Concretagem	7.626	5.501	1.554	6.904	3.184	30	26	27	27	27	<b>254,2</b>	<b>211,6</b>	<b>57,6</b>	<b>255,7</b>	<b>117,9</b>

Fonte: elaborado pelo autor

Desta maneira, foram levantadas as seguintes curvas de produtividade acumulada prevista e realizada, apresentadas na Figura 16, onde percebe-se que a produtividade ficou muito aquém da esperada.

Figura 16 - Análise de produtividade do Estaqueamento



Fonte: elaborado pelo autor

Para realizar o cálculo de produtividade prevista da execução das fundações das bases foi analisado o cronograma linha de base, mapeando as datas de início e término das atividades por parque e geral. Para a análise da produtividade real foram avaliados os RDOs e cronogramas contemporâneos, avaliando os inícios e terminos das atividades por parque e geral, bem como cada dia em que foram reportadas atividades relativas à construção das bases das PCS. Para o cálculo da produtividade das bases das PCS foram desconsiderados os períodos em que ocorreram os hiatos na execução das bases,

anteriormente citadas. Desta forma, foram calculados quantos dias foram necessários para concluir os trabalhos e a produtividade média por parque, e a geral, conforme Quadro 7.

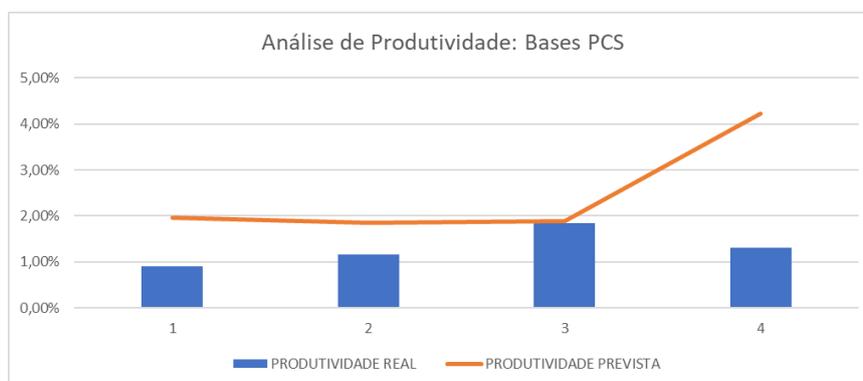
Quadro 7 - Levantamento dos dados de produtividade para as atividades de execução das bases de PCS

ATIVIDADE	INÍCIO PREVISTO	TÉRMINO PREVISTO	DURAÇÃO (DIAS ÚTEIS)	PRODUTIVIDADE PREVISTA	INÍCIO REAL	TÉRMINO REAL	DURAÇÃO REAL (DIAS ÚTEIS)	PRODUTIVIDADE REAL
Execução de Bases PCS PSS I	30/07/2020	13/10/2020	51	2,0%	31/07/2020	31/03/2021	111,0	0,90%
Execução de Bases PCS PSS II	12/08/2020	30/10/2020	54	1,9%	02/10/2020	31/03/2021	86,0	1,16%
Execução de Bases PCS PSS III	24/08/2020	11/11/2020	53	1,9%	11/12/2020	31/03/2021	54,0	1,85%
Execução de Bases PCS	30/07/2020	11/11/2020	71	<b>4,2%</b>	31/07/2020	31/03/2021	<b>122,0</b>	<b>1,31%</b>

Fonte: elaborado pelo autor

Com base nos dados calculados, pode ser verificado que a taxa de produtividade real da CONTRATADA por parque ficou abaixo das previstas. A produtividade real média calculada em 1,31% ficou aquém da prevista de 4,2%, conforme pode ser verificado na Figura 17.

Figura 17 - Análise de produtividade de Execução de bases PCS



Fonte: elaborado pelo autor

Analisando agora a Montagem Eletromecânica, para realizar o cálculo de produtividade prevista da montagem de módulos fotovoltaicos, foi analisado o cronograma linha de base, mapeando as datas de início e término das atividades por parque. Para a análise da produtividade real, foram analisados os RDOs, levantando os inícios e termos das atividades por parque. Desta forma, foram calculados quantos dias foram necessários para concluir os trabalhos e a produtividade média por parque, assim como a geral, conforme Quadro 8:

Quadro 8 - Levantamento dos dados de produtividade para as atividades de montagem de módulos fotovoltaicos

ATIVIDADE	INÍCIO PREVISTO	TÉRMINO PREVISTO	QUANTIDADE PREVISTA	DURAÇÃO PREVISTA (DIAS ÚTEIS)	PRODUTIVIDADE DIÁRIA PREVISTA	INÍCIO REAL	TÉRMINO REAL	DURAÇÃO REAL (DIAS ÚTEIS)	PRODUTIVIDADE DIÁRIA REAL
Montagem de Módulos PSS I	27/08/2020	15/10/2020	97.440	33	2.953	14/09/2020	27/01/2021	92	1.059
Montagem de Módulos PSS II	08/09/2020	26/10/2020	97.380	33	2.951	27/02/2021	28/04/2021	40	2.435
Montagem de Módulos PSS III	06/10/2020	06/11/2020	99.120	22	4.505	05/04/2021	01/09/2021	105	899
Montagem de Módulos	27/08/2020	06/11/2020	293.940	88	<b>3.340</b>	14/09/2020	01/09/2021	243	<b>1.190</b>

Fonte: elaborado pelo autor

Fazendo o comparativo entre as produtividades previstas e as produtividades reais, pode-se concluir que a taxa real foi muito inferior à prevista, com uma taxa de produtividade de 35,6% da produtividade estimada (1.190 módulos fotovoltaicos montados por dia vs. 3.340 previstos).

Além disso, como é possível verificar no Quadro 9, houve um atraso médio de 119 dias na instalação dos PCS, variando de 80 a 170 dias de atraso.

Quadro 9 - Levantamento de atraso na instalação dos PCS

Parque	Transformador	Término Execução das bases Cronograma 26/05/2021	Data Real de Entrega Transformador (A)	Término de Instalação PCS (B)	Instalação PCS Duração Real (C)=(A)-(B)	Duração Prevista (D)	Atraso de Instalação (E)=(D)-(C)
PSS I	Trafo A1-01	12/11/20	30/12/20	08/06/21	160 dias	20 dias	140 dias
	Trafo A1-02	18/11/20	07/01/21	08/06/21	152 dias	20 dias	132 dias
	Trafo A1-03	20/11/20	06/01/21	04/06/21	149 dias	20 dias	129 dias
	Trafo A1-04	25/11/20	07/01/21	26/05/21	139 dias	20 dias	119 dias
	Trafo A1-05	25/11/20	21/01/21	27/05/21	126 dias	20 dias	106 dias
PSS II	Trafo A2-01	22/12/20	15/01/21	05/06/21	141 dias	20 dias	121 dias
	Trafo A2-02	22/12/20	15/01/21	05/06/21	141 dias	20 dias	121 dias
	Trafo A2-03	23/12/20	15/01/21	08/06/21	144 dias	20 dias	124 dias
	Trafo A2-04	23/12/20	21/01/21	07/06/21	137 dias	20 dias	117 dias
	Trafo A2-05	23/12/20	27/01/21	07/06/21	131 dias	20 dias	111 dias
PSS III	Trafo A3-01	18/01/21	27/01/21	20/05/21	113 dias	20 dias	93 dias
	Trafo A3-02	18/01/21	21/01/21	02/07/21	162 dias	20 dias	142 dias
	Trafo A3-03	18/01/21	11/02/21	22/05/21	100 dias	20 dias	80 dias
	Trafo A3-04	18/01/21	11/02/21	24/05/21	102 dias	20 dias	82 dias
	Trafo A3-05	18/01/21	23/02/21	Não concluído	190 dias	20 dias	170 dias

Fonte: elaborado pelo autor

Assim, nos Quadros 10, 11 e 12, foram listados os impactos com suas datas de início e fim.

Quadro 10 - Levantamento dos impactos no PSS I

ATIVIDADES PSS I	INÍCIO PREVISTO	DURAÇÃO	TÉRMINO PREVISTO	INÍCIO REAL	DURAÇÃO	TÉRMINO REAL	HIATO	INÍCIO REAL	DURAÇÃO	TÉRMINO REAL	ATRASO INÍCIO	ATRASO TÉRMINO
Terraplenagem PSS I	07/07/2020	30	06/08/2020	07/07/2020	192	15/01/2021					0	162
Estaqueamento PSS I	23/07/2020	32	24/08/2020	14/07/2020	191	21/01/2021					-9	150
Execução de Bases PCS PSS I	30/07/2020	75	13/10/2020	31/07/2020	117	25/11/2020	90	23/02/2021	26	31/03/2021	1	169
Montagem de estruturas PSS I	21/08/2020	38	28/09/2020	08/09/2020	133	19/01/2021					18	113
Montagem de PV Modules PSS I	27/08/2020	49	15/10/2020	14/09/2020	135	27/01/2021					18	104
Lançamento de cabos de energia e Conexões PSS I	04/08/2020	79	22/10/2020	13/08/2020	182	11/02/2021					9	112
Instalação de PCS PSS I	09/09/2020	63	11/11/2020	04/12/2020	69	11/02/2021	88	10/05/2021	22	08/06/2021	86	142
Comissionamento a Frio PSS I	27/10/2020	29	25/11/2020	04/01/2021	101	15/04/2021					69	141
Comissionamento a Quente PSS I	11/11/2020	21	02/12/2020	30/03/2021	87	25/06/2021					139	205

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 11 - Levantamento dos impactos no PSS II

ATIVIDADES PSS II	INÍCIO PREVISTO	DURAÇÃO	TÉRMINO PREVISTO	INÍCIO REAL	DURAÇÃO	TÉRMINO REAL	HIATO	INÍCIO REAL	DURAÇÃO	TÉRMINO REAL	ATRASO INÍCIO	ATRASO TÉRMINO
Terraplenagem PSS II	21/07/2020	28	18/08/2020	15/07/2020	93	16/10/2020					-6	59
Estaqueamento PSS II	19/08/2020	34	22/09/2020	07/08/2020	196	19/02/2021					-12	150
Execução de Bases PCS PSS II	12/08/2020	79	30/10/2020	21/08/2020	124	23/12/2020	62	23/02/2021	36	31/03/2021	9	152
Montagem de estruturas PSS II	01/09/2020	36	07/10/2020	21/10/2020	155	25/03/2021					50	169
Montagem de PV Modules PSS II	08/09/2020	48	26/10/2020	27/02/2021	60	28/04/2021					172	184
Lançamento de cabos de energia e Conexões PSS II	25/08/2020	66	30/10/2020	13/11/2020	138	31/03/2021					80	152
Instalação de PCS PSS II	01/10/2020	68	08/12/2020	25/12/2020	84	19/03/2021	52	10/05/2021	29	08/06/2021	85	182
Comissionamento a Frio PSS II	24/11/2020	28	22/12/2020	02/02/2021	119	01/06/2021					70	161
Comissionamento a Quente PSS II	08/12/2020	22	30/12/2020	19/04/2021	67	25/06/2021					132	177

Fonte: elaborado pelo autor

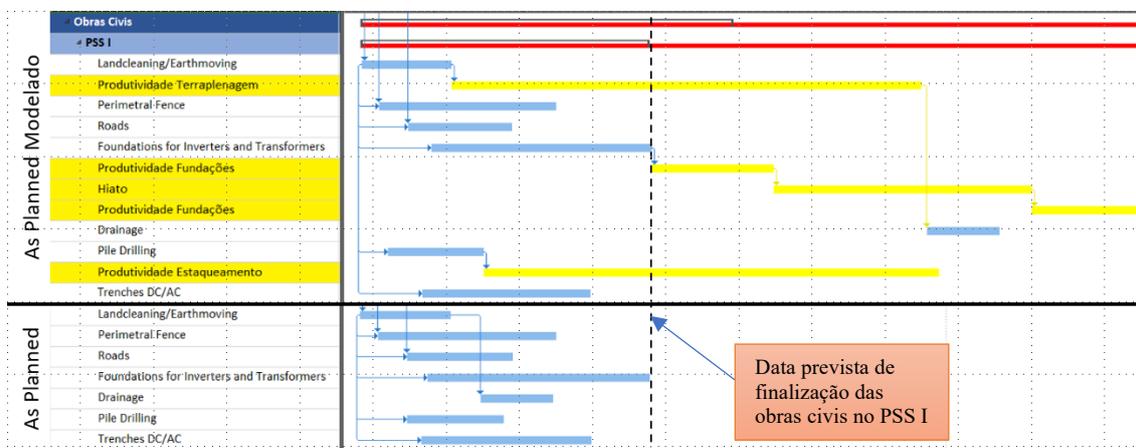
Quadro 12 - Levantamento dos impactos no PSS III

ATIVIDADES PSS III	INÍCIO PREVISTO	DURAÇÃO	TÉRMINO PREVISTO	INÍCIO REAL	DURAÇÃO	TÉRMINO REAL	HIATO	INÍCIO REAL	DURAÇÃO	TÉRMINO REAL	ATRASO INÍCIO	ATRASO TÉRMINO
Terraplenagem PSS III	04/08/2020	31	04/09/2020	04/08/2020	133	15/12/2020					0	102
Estaqueamento PSS III	17/09/2020	34	21/10/2020	26/10/2020	224	07/06/2021					39	229
Execução de Bases PCS PSS III	24/08/2020	79	11/11/2020	11/12/2020	38	18/01/2021	36	23/02/2021	36	31/03/2021	109	140
Montagem de estruturas PSS III	30/09/2020	36	05/11/2020	18/03/2021	124	20/07/2021					169	257
Montagem de PV Modules PSS III	06/10/2020	31	06/11/2020	05/04/2021	149	01/09/2021					181	299
Lançamento de cabos de energia e Conexões PSS III	01/09/2020	73	13/11/2020	05/02/2021	130	15/06/2021					157	214
Instalação de PCS PSS III	01/10/2020	67	07/12/2020	10/02/2021	97	18/05/2021					132	162
Comissionamento a Frio PSS III	23/11/2020	28	21/12/2020	15/02/2021	158	23/07/2021					84	214
Comissionamento a Quente PSS III	07/12/2020	22	29/12/2020	12/07/2021	58	08/09/2021					217	253

Fonte: elaborado pelo autor

De posse desses dados, foi possível fazer a inserção dos impactos dentro do cronograma linha de base, conforme preconiza a técnica Impactado como Planejado e pode ser observado na Figura 18:

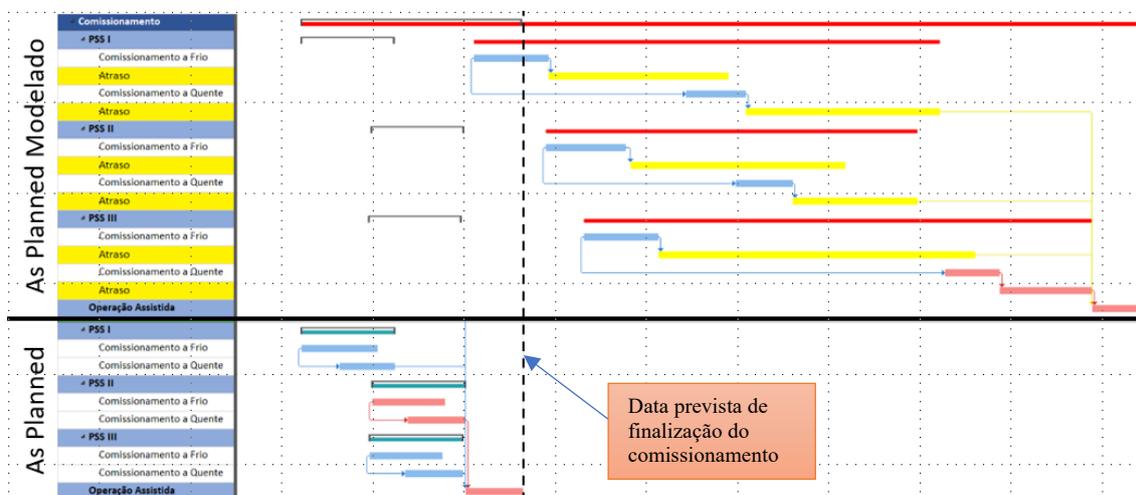
Figura 18 - *As Planned vs As Planned* Modelado PSS I



Fonte: elaborado pelo autor

Como ocorreu com a metodologia anterior, é perceptível a diferença entre o cronograma linha de base e o cronograma modelado. Com a inserção dos *fragnets* nos cronogramas, foi possível verificar a modificação das datas de início e fim das atividades, mesmo em um cronograma que apresenta problemas em sua construção. Na Figura 19 foi possível a verificação do método funcionando de modo correto.

Figura 19 - Modificação do caminho crítico com a inserção de *fragnets*



Fonte: elaborado pelo autor

Diferentemente do método anterior, não foi necessário assumir as datas do último cronograma apresentado como sendo as datas finais das atividades, uma vez que, através de documentações contemporâneas e de análises de produtividade, é possível estimar com uma precisão aceitável as datas prováveis de finalização das atividades, mesmo com a inserção de eventos.

#### 5.4 Discussão

Tanto o método *As Planned vs As Built* quanto o método Impactado como Planejado são duas abordagens frequentemente utilizadas para análise de cronograma em projetos de construção. Ambos têm como objetivo comparar o plano original do projeto com o que realmente ocorreu durante a execução, identificando desvios entre o que foi planejado e o que realmente aconteceu, ajudando a detectar atrasos, adiantamentos, mudanças nas atividades e outras variações em relação ao plano original. Além disso, avaliam o impacto dos desvios identificados no cronograma geral do projeto, permitindo que as equipes de projeto compreendam como as variações afetam o cronograma final e se medidas corretivas são necessárias.

No entanto, eles diferem em suas abordagens e focos. O método *As Planned vs As Built* é mais focado na comparação direta entre o plano original e o que realmente aconteceu, destacando discrepâncias, sendo mais adequado para avaliar o cumprimento do cronograma planejado, identificar desvios em relação a esse plano e a detecção precoce de problemas operacionais. Por outro lado, o método Impactado como Planejado avalia as mudanças que ocorreram durante o projeto e avalia como essas mudanças afetaram a programação original, oferecendo uma análise mais profunda das causas e efeitos dessas mudanças. É especialmente valioso em projetos sujeitos a mudanças frequentes.

Ambos os métodos têm seus usos específicos e podem ser aplicados dependendo dos objetivos da análise de cronograma e das necessidades do projeto. Em alguns casos, pode ser apropriado usar ambos os métodos em conjunto para obter uma visão completa. No Quadro 13 temos alguns critérios para escolha do método a ser utilizado.

Quadro 13 - Critérios *As Planned vs As Built* x Impactado como Planejado

Critérios	<i>As Planned vs As Built</i>	Impactado Como Planejado
Custo	BAIXO	MÉDIO
Documentação	BAIXO	MÉDIO
Detalhamento	BAIXO	MÉDIO
Pré-requisito	BAIXO	ALTO
Grau de complexidade	BAIXO	ALTO
Verificação de atrasos concorrentes	N/A	BAIXO

Fonte: elaborado pelo autor

Vale ressaltar que o método Impactado como Planejado além de ser usado como ferramenta para análise retrospectiva de um cronograma, pode ser utilizado de maneira prospectiva, projetando impactos futuros através da modelagem de eventos. Dessa forma, ao utilizar o método prospectivamente, a equipe de gerenciamento de projetos pode antecipar e mitigar possíveis desafios e ajustar o planejamento para acomodar mudanças previstas ou imprevistas.

## 6 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou dois métodos para análise de atraso em obras de construção com o intuito de estabelecer um comparativo entre estes métodos.

Para a utilização da metodologia *As Planned vs As Built*, o grau de detalhamento necessário é baixo, o que o torna um método simples de ser aplicado, com baixo grau de investimento, além de ser de fácil entendimento, sendo muito utilizado em apresentações para um público inexperiente na área.

Por outro lado, o método não é adequado para determinar a causa do atraso quando um projeto é complexo, abrange durações muito longas ou é construído de uma maneira em que pode haver desvios muito grandes daquilo que foi planejado. Além disso, o método normalmente não é apropriado para projetos que incluem caminhos quase críticos que sofreram atrasos, já que o método não é capaz de considerar mudanças no caminho crítico ao longo do tempo. Outra limitação do método reside na consideração de atrasos

concorrentes, pois o método não foi desenvolvido para avaliar este tipo de situação.

A utilização do método Impactado como Planejado é mais apropriada quando a qualidade/confiabilidade dos cronogramas disponíveis é mais alta, a documentação contemporânea ao projeto está disponível. Uma vez que se baseia no caminho crítico da linha de base, este deve estar bem definido e não devem ter sido feitas mudanças na lógica ou duração das atividades.

Idealmente, com a utilização da metodologia Impactado como Planejado, ao serem inseridos os eventos de atraso na rede de atividades, o caminho crítico apresentaria mudanças em seu “trajeto”, mostrando o ajuste ocorrido pela ocorrência dos impactos durante o projeto. Entretanto, este método é muito suscetível ao detalhamento do cronograma e a erros durante o modelamento dos impactos inseridos na rede. Como visto, devido a problemas no sequenciamento das atividades dos cronogramas disponibilizados, o caminho crítico não existia, aparecendo somente nas atividades de comissionamento a frio e quente do PSS II e operação assistida, no cronograma Linha de base e nas atividades de comissionamento a frio e quente do PSS III e operação assistida no cronograma modelado que é praticamente o fim do projeto. Apesar disso, foi possível a verificação da mudança no caminho crítico com a inserção dos impactos no cronograma.

Como regra geral, em situações reais a escolha do método a ser utilizado está intimamente ligada ao tipo de projeto a ser analisado e, principalmente a disponibilidade de informações e seu nível de detalhamento, não existindo o método certo ou errado, e sim aquele que é mais apropriado para a situação.

## 7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. da S.; VOLSKI, I. **Aplicação de Rede PERT/CPM na Construção Civil: Modelos para Obras de Pequeno Porte**. 2021. 23 p. Centro Universitário Campo Real, Guarapuava, PR, 2021.

ARCADIS. **2022 Global Construction Disputes Report**. Disponível em: <https://www.arcadis.com/en/knowledge-hub/perspectives/global/global-construction-disputes-report>. Acesso em 08 jul. 2023.

AACEI - Association for the Advancement of Cost Engineering International. **Prática Recomendada 27R-03, Sistema para Classificação de Cronogramas**. AACE International, Morgantown, WV, 2010.

AACEI - Association for the Advancement of Cost Engineering International. **Prática Recomendada 29R-03, Análise Investigativa de Cronograma**. AACE International, Morgantown, WV, 2011.

AACEI - Association for the Advancement of Cost Engineering International. **Prática Recomendada 52R-06, Análise de Impacto no Tempo – Como Aplicada à Construção**. AACE International, Morgantown, WV, 2006.

CRONOGRAMA. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2023. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/cronograma/>. Acesso em 14 ago. 2023.

CUSHMAN, R. F.; CARTER, J. D.; GORMAN, P. J.; COPPI, D. F. **Proving and Pricing Construction Claims**. Aspen Publishers, New York, NY. 2001

FEITOSA, J. A. C. **Perícia envolvendo a quantificação do atraso em obra com o uso das técnicas de Prazo Agregado e Measured Mile (Produtividade Natural)**. In: XIX COBREAP - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - IBAPE/PR – 2017, Foz do Iguaçu, PR, 2017.

INTERFACE CONSULTING. **Impacted As Planned**. Disponível em: <https://www.interface-consulting.com/impacted-as-planned/>. Acesso em 16 jul. 2023.

KELLEY, G. S. **Construction Law: An Introduction for Engineers, Architects, and Contractors**. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 2013.

KERZNER, H. **Project Management, A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling**. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 2009.

MULCAHY, R. **PMP Exam Prep**. RMC Publications, Minnetonka, MN, 2020.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **PMBOK: Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos**. 6 ed., Project Management Institute, Inc., Philadelphia, PA, 2017.

PROJECT MANAGER. **Gantt Chart: How to Make a Gantt Chart**. Disponível em: <https://www.projectmanager.com/guides/gantt-chart>. Acesso em 09 jul. 2023.