



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

EMANNUEL COSTA BARROSO

**AVALIAÇÃO DO *EARNED VALUE MANAGEMENT* (EVM) COMO TÉCNICA DE
GERENCIAMENTO DE PRAZO E DE CUSTO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO
CIVIL NA CIDADE DE FORTALEZA-CE**

**FORTALEZA
2023**

EMANNUEL COSTA BARROSO

**AVALIAÇÃO DO *EARNED VALUE MANAGEMENT (EVM)* COMO TÉCNICA DE
GERENCIAMENTO DE PRAZO E DE CUSTO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO
CIVIL NA CIDADE DE FORTALEZA-CE**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B285a Barroso, Emmanuel Costa.

Avaliação do Earned Value Management (EVM) como técnica de gerenciamento de prazo e de custo em obras de construção civil na cidade de Fortaleza-CE / Emmanuel Costa Barroso. – 2023.
101 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.

1. Gerenciamento de obras. 2. Construção civil. 3. Análise de valor agregado. 4. Indicadores de desempenho. I. Título.

CDD 620

EMANNUEL COSTA BARROSO

**AVALIAÇÃO DO *EARNED VALUE MANAGEMENT (EVM)* COMO TÉCNICA DE
GERENCIAMENTO DE PRAZO E DE CUSTO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO
CIVIL NA CIDADE DE FORTALEZA-CE**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 22/06/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José de Paula Barros Neto (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antônio Nunes de Miranda Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Renê Pinheiro
Engenheiro Civil

A Deus, por ter me abençoado durante essa caminhada e me guiado sempre pelo caminho correto.

À minha família por ter me dado todo apoio e carinho durante todos os meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me iluminar e me proteger durante essa árdua jornada da vida acadêmica, em todos os momentos mostrando o melhor caminho para que eu pudesse alcançar todos os objetivos.

À minha família, especialmente aos meus pais, Carlos Magno e Ivana Mara, pelo amor e pela perseverança de sempre me proporcionar os melhores ensinamentos e conceder as melhores oportunidades para que eu pudesse me tornar um excelente profissional e sobretudo um homem de bem.

Aos meus irmãos, Isadora e Davi que estiveram ao meu lado durante muitos desafios dessa caminhada e sempre me ajudaram com amor e carinho.

Aos meus tios e primos, em nome de Telina Alzira, Calos Antônio, José Laécio, Maria e Telina Ângela, por terem sido bases de apoio durante essa empreitada, amparando diversas dificuldades que surgiram durante esse processo.

À minha namorada Bárbara que esteve ao meu lado me apoiando e me incentivando para que eu pudesse seguir firme durante o percurso desse trabalho.

A todos os colegas de faculdade, tanto do IFCE como da UFC, os quais tornaram a rotina mais agradável e foram fundamentais para que esses anos da graduação fossem enfrentados de forma leve.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação, em especial o meu orientador Prof. Dr. José de Paula Barros Neto, o qual sempre foi fonte de inspiração por toda a sua benfeitoria realizada à comunidade acadêmica e a todo o setor da construção civil.

A todos os colegas de estágio e de trabalho que contribuíram de alguma forma para o meu aprendizado, em especial às equipes da Aval Engenharia e da Construtora Mota Machado.

RESUMO

O gerenciamento de obras de construção civil sempre foi uma tarefa desafiadora para as empresas que operam neste mercado, haja vista a quantidade e a complexidade dos processos que acontecem neste segmento. Atualmente, principalmente devido ao aumento dos preços dos insumos e à constante mudança de perfil dos clientes, os quais demonstram estar cada vez mais criteriosos e com novas percepções de valor, os *players* desse mercado se obrigam a elevar o nível de controle dos seus projetos, sendo necessário aprimorar as técnicas existentes e buscar ferramentas mais eficientes para o exercício dessa atividade. Dessa maneira, avaliar o desempenho dos empreendimentos quanto à qualidade, ao prazo e ao custo é a premissa básica para o alcance de resultados satisfatórios ao final do projeto, de forma a gerar lucro para quem constrói e atender às expectativas de quem investe. Diante desse cenário é que o *earned value management* (EVM), ou ainda, análise do valor agregado (AVA), é utilizado como uma das técnicas para o gerenciamento de obras da construção civil no Brasil, a partir dela os gestores podem avaliar o desempenho de cada projeto e assim tomar decisões que corroborem para o desenvolvimento eficaz de cada um deles. No entanto, diversas pesquisas apontam que a maioria dos empreendimentos no Brasil ainda são entregues fora do prazo e com o custo acima do orçamento, realidade que atesta deficiências latentes na gestão de obras e reforça lacunas existentes na compreensão e na utilização de ferramentas de gerenciamento como é o caso do EVM. Essa pesquisa tanto elucida a correlação dessa ferramenta com os princípios do *Lean Construction* como também revisita os conceitos que são fundamentais para a análise do valor agregado visando simplificar o entendimento e exemplificar a utilização desse e, além disso, examinar a eficiência dessa técnica por meio da avaliação de um estudo de caso da construção de dois empreendimentos de alto padrão realizados por uma empresa de Fortaleza-CE a qual utiliza o EVM como ferramenta de gerenciamento de suas obras.

Palavras-chave: Gerenciamento de obras; construção civil; análise de valor agregado; indicadores de desempenho.

ABSTRACT

The management of civil construction works has always been a challenging task for companies operating in this market, given the number and complexity of the processes that take place in this segment. Currently, mainly due to the increase in input prices and to the constant change in the customers' profile, who are increasingly more careful and have new perceptions of value, the players in this market are forced to raise the level of control of their projects, being necessary to improve the existing techniques and seek more efficient tools for the exercise of this activity. Thus, evaluating the performance of the projects in terms of quality, schedule, and cost is the basic premise for achieving satisfactory results at the end of the project, so as to generate profit for those who build and meet the expectations of those who invest. In this scenario, earned value management (EVM), or even value-added analysis (VVA), is used as one of the techniques for construction management in Brazil. However, several surveys show that most projects in Brazil are still delivered on time and over budget, a reality that attests to latent deficiencies in construction management and reinforces existing gaps in the understanding and use of control tools such as EVM. This research both elucidates the correlation of this tool with the principles of Lean Construction and also revisits the concepts that are fundamental to the analysis of value added aiming at simplifying the understanding and exemplifying the use of these and, furthermore, to examine the efficiency of this technique through the evaluation of a case study of the construction of two high-standard enterprises carried out by a company in Fortaleza-CE which uses EVM as a tool for managing its works.

Keywords: Construction management; civil construction; value-added analysis; performance indicators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	— Movimentos do Trabalhador.....	19
Figura 2	— Visualização do fluxo de execução das atividades na LOB.....	24
Figura 3	— Histograma de custo e custo acumulado	27
Figura 4	— Representação gráfica da Curva S e de parâmetros do EVM.....	29
Figura 5	— Sistema de planejamento e de monitoramento de desempenho a partir do EVM.....	30
Figura 6	— Fachada frontal do empreendimento – Obra 1.....	44
Figura 7	— Planta das unidades privativas do empreendimento – Obra 1.....	44
Figura 8	— Fachada frontal do empreendimento – Obra 2.....	45
Figura 9	— Apartamento Tipo 1 de 141m ² – Obra 2.....	46
Figura 10	— Apartamento Tipo 2 de 166m ² – Obra 2.....	46
Figura 11	— Coleta de dados do EVM e a relação com o ciclo PDCA.....	52
Figura 12	— Recorte de linha de balanço – Obra 1.....	54
Gráfico 1	— Curva S e histograma de linha de base – Obra 1.....	56
Gráfico 2	— Curva S de controle de prazo – Obra 1.....	70
Gráfico 3	— Curva S de controle de custo – Obra 1.....	71
Gráfico 4	— Acompanhamento mensal de indicadores – Obra 1.....	72
Figura 13	— Recorte de linha de balanço – Obra 2.....	74
Gráfico 5	— Curva S e histograma de linha de base – Obra 2.....	77
Gráfico 6	— Curva S de controle – Obra 2.....	89
Gráfico 7	— Acompanhamento mensal de indicadores – Obra 2.....	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Princípios do <i>Lean Construction</i>	18
Quadro 2 — Correlação prática dos princípios <i>Lean</i>	21
Quadro 3 — Fonte de dados do EVM e setores-chave colaborantes	36
Quadro 4 — Resumo das siglas e fórmulas adotas no EVM	42
Quadro 5 — Comparativo de prazo – Obra 1	69
Quadro 6 — Comparativo de custo – Obra 1	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	— Estrutura analítica orçamentária – Obra 1.....	53
Tabela 2	— Valores Planejados – Obra 1	55
Tabela 3	— Orçamento No Término – Obra 1.....	58
Tabela 4	— Parâmetros de valor – Obra 1 – Mês 11.....	58
Tabela 5	— Parâmetros de valor – Obra 1 – Mês 22.....	58
Tabela 6	— Parâmetros de valor – Obra 1 – Mês 33.....	58
Tabela 7	— Custo realizado – Obra 1 – Mês 11.....	60
Tabela 8	— Custo realizado – Obra 1 – Mês 22	62
Tabela 9	— Custo realizado – Obra 1 – Mês 33.....	62
Tabela 10	— INCC – Obra 1.....	62
Tabela 11	— Índice de Desempenho de Prazo – Obra 1.....	63
Tabela 12	— Índice de Desempenho de Custo – Obra 1.....	64
Tabela 13	— Índice de Desempenho de Custo – Obra 1.....	64
Tabela 14	— Estimativa Para o Término – Obra 1.....	65
Tabela 15	— Estimativa no Término – Obra 1.....	65
Tabela 16	— Estimativa de Tempo no Término – Obra 1.....	66
Tabela 17	— Prazo Estimado Para o Término – Obra 1.....	67
Tabela 18	— Estrutura analítica orçamentária – Obra 2.....	67
Tabela 19	— Valores Planejados – Obra 2.....	68
Tabela 20	— Orçamento no Término – Obra 2.....	69
Tabela 21	— Parâmetros de valor – Obra 2 – Mês 4.....	73
Tabela 22	— Parâmetros de valor – Obra 2 – Mês 16.....	75
Tabela 23	— Gastos acumulados mensais – Obra 2.....	78
Tabela 24	— Custos apropriados acumulados mensais – Obra 2.....	80
Tabela 25	— Custo realizado acumulado – Obra 2 – Mês 4.....	80
Tabela 26	— Custo realizado acumulado – Obra 2 – Mês 16.....	80
Tabela 27	— Índice de Desempenho de Prazo – Obra 2.....	81
Tabela 28	— Índice de Desempenho de Custo – Obra 2.....	83
Tabela 29	— Variação de Custo – Obra 2.....	83
Tabela 30	— Estimativa Para o Término – Obra 2.....	84
Tabela 31	— Estimativa No Término – Obra 2.....	84
Tabela 32	— Estimativa No Término – Obra 2.....	85

Tabela 33 — Prazo Estimado Para o Término – Obra.....	86
Tabela 34 — Índice de Desempenho de prazo por Macroetapa – Obra 2.....	86
Tabela 35 — Variação de custo por Macroetapa – Obra 2.....	86
Tabela 36 — Estimativa de Tempo no Término – Obra 2.....	87
Tabela 37 — Prazo Estimado Para o Término – Obra 2.....	88
Tabela 38 — Variação de prazo por Macroetapa – Obra.....	88
Tabela 39 — Variação de custo por Macroetapa – Obra.....	91

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Contextualização.....	13
1.2	Justificativa.....	14
1.3	Objetivos.....	15
1.4	Estrutura do Trabalho	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Princípios da Construção Enxuta.....	18
2.2	Planejamento e controle de obras civis.....	22
2.2.1	<i>Técnica da Linha de Balanço.....</i>	22
2.2.2	<i>Planejamento físico financeiro.....</i>	25
2.3	Gerenciamento de Valor Agregado.....	28
2.3.1	<i>Premissas de utilização.....</i>	28
2.3.2	<i>Dados de entrada.....</i>	32
2.4	Indicadores de desempenho.....	36
2.4.1	<i>Variação de Prazo (VPr).....</i>	36
2.4.2	<i>Variação de Custo (VC).....</i>	37
2.4.3	<i>Índice de Desempenho de Prazo (IDP).....</i>	37
2.4.4	<i>Índice de Desempenho de Custo (IDC).....</i>	38
2.5	Parâmetros de tendência.....	38
2.5.1	<i>Estimativa Para o Término (EPT).....</i>	38
2.5.1.1	<i>Cenário otimista.....</i>	38
2.5.1.2	<i>Cenário realista.....</i>	39
2.5.1.3	<i>Cenário pessimista.....</i>	39
2.5.2	<i>Estimativa no Término (ENT).....</i>	39
2.5.3	<i>Variação no Término (VNT).....</i>	40
2.5.4	<i>Estimativa de Tempo no Término (ETT).....</i>	40
2.4.5	<i>Prazo Estimado para o Término (PEPT)</i>	40
3	MÉTODO DE PESQUISA.....	43
3.1	Ambientes de estudo.....	43
3.2	Classificação da pesquisa.....	47
3.3	Coleta de dados.....	49

4	RESULTADOS.....	52
4.1	Estudo de Caso – Obra 1.....	52
4.1.1	<i>Dados de entrada.....</i>	53
4.1.2	<i>Modelagem dos parâmetros.....</i>	60
	<i>4.1.2.1 Indicadores de desempenho.....</i>	60
	<i>4.1.2.2 Variação de custo.....</i>	62
	<i>4.1.2.3 Estimativa de custo.....</i>	62
	<i>4.1.2.4 Estimativa de Prazo.....</i>	63
4.2	Estudo de Caso – Obra 2.....	68
4.2.1	<i>Dados de entrada.....</i>	68
4.2.2	<i>Modelagem dos parâmetros.....</i>	79
	<i>4.2.2.1 Indicadores de desempenho.....</i>	79
	<i>4.2.2.2 Variação de custo.....</i>	80
	<i>4.2.2.3 Estimativa de custo.....</i>	80
	<i>4.2.2.4 Estimativa de prazo.....</i>	82
5	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
5.1	Conclusão.....	87
5.2	Considerações finais.....	88
	REFERÊNCIAS.....	90

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O mercado da construção civil no Brasil tem se recuperado nos últimos anos. Em 2021, esse segmento teve um crescimento de 9,7% em relação a 2020, o que se caracterizou como a maior alta dos últimos 11 anos (CBIC, 2022). Dessa maneira, a competitividade nesse segmento tem demandado cada vez mais um maior controle do desempenho dos projetos por parte das empresas que operam nele, a fim de que se possibilite atingir as expectativas de lucro de cada empreendimento sem negligenciar nem a qualidade da entrega nem o prazo compromissado.

No entanto, em contrapartida desse superávit atingido ultimamente, quando são avaliados, particularmente, os resultados gerenciais de cada projeto, a maioria deles ainda apresentam um desempenho fora do esperado, conforme se observa no relatório *Pulse of the Profession®* 2020 do Project Management Institute (PMI), o qual aponta que as organizações no Brasil desperdiçam uma média de 13,3% do *budget* de um empreendimento principalmente devido a falhas no gerenciamento dos mesmos, valor que se configura acima da média global que é de 11,4%.

Dessa maneira, este cenário coloca em xeque como a gestão dos projetos de construção civil vem sendo conduzida, realidade que aponta fortemente para a não existência ou para o uso inadequado de ferramentas que proporcionem um controle eficiente. Sendo assim, muitas decisões fundamentais para o desenvolvimento dos projetos são tomadas a partir de informações que não são fidedignas ao status dos mesmos e assim corroboram para que o desempenho deles tornem-se imprevisíveis.

Diante disso, uma das técnicas mais utilizadas para o acompanhamento e para o controle de projetos fundamenta-se no conceito de valor e de como se dá o fluxo de agregação do mesmo. Na construção civil, a preocupação acerca da percepção de valor na perspectiva do cliente surge a partir dos conceitos do *Lean Thinking* (MAIA *et al.* 2011). Dessa maneira, em concordância com essa mentalidade, o EVM, ou ainda, em tradução direta, análise do valor agregado (AVA), tornou-se uma ferramenta eficiente para a gestão de obras, possibilitando, a partir dele, gerenciar o escopo, o prazo e o custo dos empreendimentos da indústria da construção civil (NARBAEV; DE MARCO, 2014).

Os conceitos utilizados na análise do valor agregado, em diversas ocasiões, ainda não são totalmente compreendidos, principalmente porque o desempenho dos projetos, nesse

caso, não é medido em unidade de tempo, como na maioria das técnicas mais tradicionais, e sim de custos realizados (LIPKE, 2011). Dessa maneira, pode-se observar que ainda existem lacunas que dificultam a plena compreensão e aplicação do método, seja pelo não entendimento da literatura existente, ou ainda pela escassez de exemplos práticos que auxiliem na utilização dessa técnica na construção civil, cenário que reitera a necessidade de esclarecimento acerca desse assunto a fim de facilitar tanto a compreensão como o uso dessa ferramenta na gestão de obras.

Segundo estudo feito por Netto *et al.* (2018), no qual foi realizado um levantamento sobre o uso do EVM em diversas construtoras, a maioria dos profissionais admitiram reconhecer as vantagens da utilização do método, mas em contrapartida utilizavam-no de maneira inadequada. Dessa maneira, apesar de ser difícil identificar todos os possíveis entraves que incorrem no mau uso do EVM, tentar-se-á explanar os conceitos basilares que norteiam a aplicação do mesmo.

Além disso, como essa ferramenta está intrinsecamente ligada à percepção e ao entendimento do que é valor, há muita subjetividade em diversas etapas de sua aplicação, fato que torna a utilização dessa técnica um processo que demanda uma análise crítica e contínua por parte de seus usuários. Dessa maneira, para cada realidade existem diferentes interpretações da análise do valor agregado, ainda que em tese o seu escopo de aplicação seja o mesmo.

1.2 Justificativa

Tendo em vista os desafios do gerenciamento de prazo e de custos de obras de construção civil diversos trabalhos existentes propõem métodos para simplificar essa tarefa por meio do ensino de técnicas e de mecanismos que possam auxiliar os gestores a alcançar o eficiente controle dessas duas variáveis, como Silva (2018) e Cândido *et al.* (2014) que inclusive ilustram exemplos de projetos realizados em Fortaleza-CE. Muitos desses estudos abordam, dentre outras ferramentas, o EVM como a ferramenta mais eficaz para avaliar o desempenho de obras.

No entanto, apesar dessas referências e de todos os benefícios apontados acerca da utilização do EVM no gerenciamento de obras de construção civil, essa técnica ainda é pouco utilizada pelos gestores da área, segundo Thamhain (1998) isso se deve a barreiras internas ou do ambiente, como a falta de compreensão sobre o funcionamento da técnica, a falha na integração da ferramenta com os processos da organização, ou ainda, tentativas anteriores que culminaram em análises fracassadas devido ao mau uso da técnica.

Dessa maneira, com o fito de corroborar para a mudança desse cenário foi enxergada a necessidade de ilustrar a correlação dos conceitos dessa técnica com os princípios do *Lean*, haja vista que foi a partir dos conceitos do pensamento enxuto que a análise do valor agregado começou a ser aplicada nos projetos de construção civil, principalmente a partir da contribuição de Koskela (1992). Além disso, visando facilitar o entendimento e a utilização do EVM, de maneira que essa ferramenta torne-se cada vez mais utilizada de forma eficiente na construção civil, foram realizados dois exemplos de aplicação prática dessa metodologia em duas obras residenciais de alto padrão construídas na cidade de Fortaleza-CE.

Desse modo, enxergou-se que a compreensão acerca dos efeitos da utilização do EVM na gestão de obras seria facilitada e, assim, o desempenho dos projetos poderia ser mais bem gerenciados com o fito de alcançar resultados positivos ao término de suas execuções, modificando de certa forma a realidade na qual muitos deles ainda são concluídos.

Dessa maneira, as questões que motivam o desenvolvimento da presente pesquisa são as seguintes:

- a) Como os princípios do *Lean Construction* influenciam na utilização do EVM por meio de ferramentas como o planejamento físico-financeiro e a linha de balanço?
- b) Como a apropriação dos custos realizados deve ser feita estando em conformidade com os valores agregados?
- c) O gerenciamento de valor agregado permite diagnosticar e prever com fidelidade o desempenho de prazo e de custo de obras de construção civil?

1.3 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar os efeitos que a utilização do EVM trouxe para gestão de duas obras de construção civil vertical de alto padrão na cidade de Fortaleza-CE, no tocante ao gerenciamento de prazo e de custo durante a execução de ambos os empreendimentos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Descrever como a utilização de algumas ferramentas que fundamentam-se nos princípios do *Lean Construction* corroboram para a aplicação do EVM;
- b) Analisar como é feito o procedimento de coleta e de manipulação dos dados a fim de gerar os indicadores e os parâmetros de estimativa de acordo com o que está previsto na literatura existente;
- c) Examinar se a técnica gerou previsibilidade e se diagnosticou corretamente o desempenho de prazo e de custo das obras.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho apresentado foi subdividido em 5 capítulos, nos quais, cada um deles foram construídos com o fito de contribuir com os resultados esperados da pesquisa. No primeiro capítulo é feita a introdução do tema que será abordado, nesta seção foi realizada uma breve descrição acerca do que se trata a análise do valor agregado e como esta ferramenta está contextualizada nos dias de hoje nos projetos de construção civil. Além disso, foi explorada a relevância do tema e os seus potenciais benefícios à gestão de obras como forma de justificar a elaboração do estudo e, por fim, ainda nesse capítulo, foram apontados tanto o objetivo geral como também os específicos que tentarão ser alcançados ao final do trabalho.

No capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica com alguns dos principais temas pertinentes ao assunto da pesquisa. Em primeiro momento foram revisitados os princípios da construção enxuta e como podemos enxergar sua aplicação em diversas áreas da construção civil. Em seguida foram apresentadas duas ferramentas que auxiliam diretamente tanto no entendimento como na própria utilização do EVM, que é a técnica da linha de balanço e o planejamento físico financeiro, ambos são fundamentais à utilização do modelo. E, por fim, finalizando a etapa de revisão bibliográfica, foram explicitadas as terminologias utilizadas no EVM e a forma como são calculadas cada uma delas, pontuando sempre as boas práticas na manipulação desses dados.

Já no Capítulo 3 foi explicado o método de pesquisa, primeiramente caracterizando os ambientes os quais foram estudados, ou seja, apresentando informações gerais das duas obras avaliadas. Em seguida, foi apresentada a etapa de classificação da pesquisa na qual resultou no apontamento de um estudo de caso com ênfase nas observações qualitativas e quantitativas acerca da utilização do EVM. Por conseguinte, foi exposto o procedimento de coleta e de análise dos dados que foram realizados durante a execução do trabalho.

Após feita a classificação do tipo de pesquisa e explicitada a maneira como foram levantadas as informações necessárias ao estudo, foi feita a apresentação dos resultados das duas obras, explanando toda a seara já mencionada durante a revisão bibliográfica, porém agora sendo realizada a partir de uma aplicação prática do método. Ao final de cada exemplo foi ilustrado como os parâmetros do EVM estavam diagnosticando cada projeto em relação aos seus respectivos desempenhos de prazo e de custo, no caso da Obra 1 foi possível ainda comparar os valores encontrados a partir dos parâmetros do EVM com os resultados reais concretizados no final da obra, haja vista que o estudo compreendeu todo o prazo de execução do empreendimento. Já na Obra 2, foram observadas outras informações de cunho qualitativo que até então não eram exploradas no primeiro exemplo e, dessa maneira, foi possível propor alguns aprimoramentos para utilização do método.

Por fim, no quinto capítulo são elencadas as conclusões da pesquisa e avaliado se a mesma conseguiu alcançar seus objetivos. Além disso, ainda nesta seção, também foram apresentadas algumas considerações tanto sobre a utilização do EVM no contexto histórico, como também acerca de possíveis temas que têm interseção com esse e que seriam interessantes de serem abordados em futuras pesquisas, visando tanto aprofundar a avaliação da eficácia dessa técnica, como também o aperfeiçoamento de sua aplicação em diferentes cenários.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção será apresentado o contexto em que surgiu a necessidade de fazer o acompanhamento da agregação de valor dentro de uma cadeia produtiva, a princípio no ambiente fabril e, após alguns anos, no canteiro de obras também; como esse procedimento é feito e percebido pelos gestores no cenário atual, os principais conceitos que regem o gerenciamento de valor agregado e, por fim, serão abordados os indicadores que são gerados por essa análise e como os mesmos podem ser interpretados.

2.1 Princípios da Construção Enxuta

O Sistema Toyota de Produção (TPS) foi um modelo desenvolvido por Taiichi Ohno, no Japão, durante a década de 1940. Naquela época, a Toyota buscava alguma forma de equiparar-se à produtividade da *Ford Motor Company* e, assim, utilizando-se da filosofia de Sakichi Toyoda e da ajuda do seu filho Kiichiro Toyoda, Ohno formulou as bases do que hoje é conhecido como *Lean*, que em tradução direta, no português, seria equivalente ao termo enxuto (LIKER, 2021). De lá para cá diversos setores da indústria tentaram aplicar os princípios do TPS em seus respectivos nichos e, assim, alcançar o que a Toyota buscava: Qualidade, custo e entrega com o mapeamento do fluxo de valor pela eliminação de perdas.

Diante disso, mensurar o valor de cada processo tornou-se uma atividade imprescindível. A primeira utilização formal da análise do valor agregado no gerenciamento de projetos aconteceu na década de 1960, quando o Departamento de Defesa dos Estados Unidos escolheu essa técnica para acompanhar e controlar o projeto do míssil Minuteman. Daí em diante, o uso do EVM passou a ser obrigatório para todos os interessados em concorrer às licitações do governo americano. Dessa maneira, seria questão de tempo para que a construção civil se tornasse mais um ambiente alvo da aplicação dessa técnica, haja vista que o mesmo, assim como em outros setores da indústria, também é complexo e é regido por uma gama de processos.

Koskela (1992) foi o primeiro a formular como os conceitos do TPS poderiam ser aplicados no canteiro de obras e, a partir dele, propôs 11 princípios para o *Lean Construction* (OLIVEIRA *et al.*, 2016) dentre os quais, dois impactam diretamente no entendimento de como o conceito está intrinsecamente ligado ao eficiente gerenciamento de projetos da construção civil, conforme está descrito no quadro 01 a seguir.

Quadro 01 – Princípios do *Lean Construction*.

Princípio	Aplicação na Construção Civil
1- Reduzir as atividades que não agregam valor	A redução das atividades que não agregam valor tais como transporte de materiais, tempo de espera por material, entre outras, podem ser obtidas através da eficiência das atividades de conversão e de fluxo e também pela exclusão de algumas das atividades que não agregam valor (KOSKELA,1992). Segundo Formoso <i>et. al.</i> (1999), para reduzir as perdas na construção de edificações é necessário conhecer sua natureza e identificar suas causas.
2- Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente.	Conforme Koskela (1992), a adição de valor ao cliente, seja ele interno ou externo, ocorre quando há conhecimento dos requisitos destes clientes levando a sua satisfação. Um exemplo prático para este princípio seria realizar pesquisa de mercado e avaliação pós-ocupação das construções. Posteriormente, deve-se buscar melhorias que aumentem o valor para o cliente.

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2016).

Alguns anos após Koskela (1992), Womack e Jones (1998) também contribuíram para a aplicação do conceito de valor aplicado ao gerenciamento na construção civil, segundo eles, precisa-se estabelecer o entendimento de do que é valor para o cliente para que se possa oferecer o produto com maior valor agregado e sem desperdícios. Além disso, o conceito de fluxo de valor, segundo eles, consistia em identificar e eliminar desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor, desde a matéria prima até o cliente final.

Dessa maneira, pode-se perceber que a mentalidade enxuta tem diversas oportunidades de ser desenvolvida diretamente no ambiente da construção civil e assim, com seu devido entendimento e aplicação, gerar um melhor desempenho durante a execução dos projetos, de forma que se mantenha a busca pela melhoria contínua não somente dos processos que amparam a produção, mas também das pessoas que são responsáveis por eles.

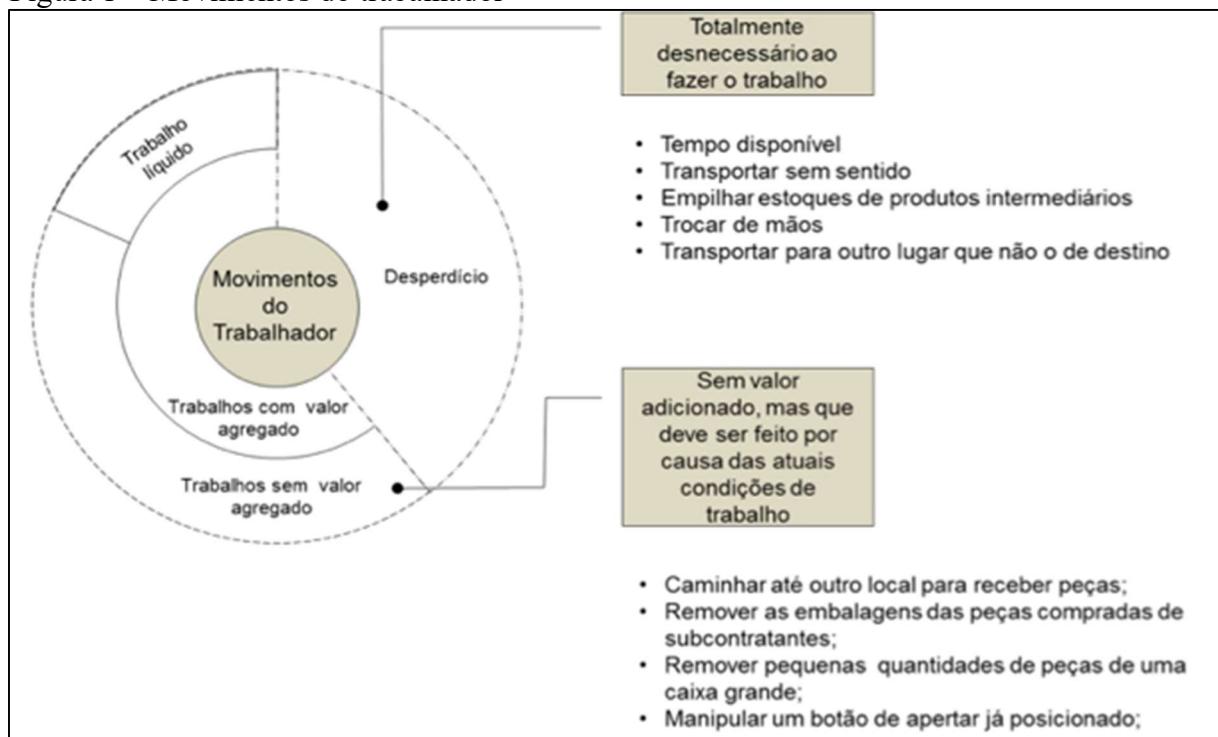
Assim como em outros setores da indústria, a da construção civil também busca o aumento da produtividade e da qualidade por meio da eliminação de perdas, ou seja, minimizando ou excluindo da cadeia produtiva quaisquer processos e operações que não estejam agregando valor direta ou indiretamente ao produto final. Dessa forma, não se pode analisar o contexto da produção desvinculando os processos das operações, é importante que se tenha o profundo entendimento do primeiro a fim de que se possa aperfeiçoar e gerar a melhoria contínua do segundo (SHINGO, 1996).

Segundo Ohno (1997), é importante que a produção seja dividida em duas vertentes: trabalho e perdas. O primeiro ainda pode ser subdividido em trabalho líquido, aquele que constitui agregação de valor, ou seja, são todos aqueles processos que contribuem para atender aos requisitos dos clientes seja em variedade, qualidade, prazo ou custo; já o segundo é o

trabalho sem valor adicional, é aquele que não agrupa valor mas que é essencial para o desenvolvimento do produto, ou seja, não se pode deixar de realizá-los. Por fim, os desperdícios, que são todas as tarefas que não agregam valor e que também não são essenciais para a execução de nenhum processo, portanto, esses devem ser eliminados da operação.

A Figura 1 resume os conceitos abordados acima e que de forma sintetizada foram nomeados por Ohno (1997) como os Movimentos do Trabalhador.

Figura 1 – Movimentos do trabalhador



Fonte: Ohno (1997).

Historicamente o setor da construção civil foi um dos grandes impulsionadores do desenvolvimento econômico e tecnológico brasileiro. Segundo dados da Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC), em 2021, esse segmento foi responsável por 7% do PIB nacional e, além disso, empregou 10% dos trabalhadores formais de todo o país. Fato que atesta o grande protagonismo que esse setor tem na indústria brasileira. No entanto, apesar dessa representatividade, o desperdício ainda é uma realidade comumente observada, segundo Pinto (1995), no Brasil, os custos advindos das perdas são da ordem de 30% do orçamento da obra, fato que atesta a negligência que muitos gestores ainda apresentam quanto a esse aspecto.

Para Formoso *et al.* (1996), as perdas podem ser caracterizadas como qualquer tipo de recurso que esteja sendo utilizado de maneira ineficiente, sejam eles: materiais, mão de obra, equipamentos e capital. Sendo assim, visando a melhoria do desempenho da execução de

projetos de construção civil, esses autores enfatizam, de maneira mais ampla, a necessidade de diminuir ou eliminar o consumo de recursos que não agregam valor, caracterizando esses pela sua natureza e identificando suas principais causas a fim de que se alcance a redução contínua das perdas e, assim, garanta a longevidade da organização.

Para Picchi (2001), os setores de projetos, de suprimentos e de obras de uma construtora são ambientes em que se observa a existência de grande possibilidade da aplicação de principalmente dois princípios do *Lean*: Fluxo e Puxar. O primeiro diz respeito à tentativa de produzir sem interrupções e com pouca variabilidade de forma que se alcance uma grande eficiência no desenvolvimento das atividades, por meio do trabalho padronizado, aumentando a transparência dos processos e minimizando as potenciais perdas. Já o segundo reitera a importância de que os recursos sejam flexíveis e de que se busque produzir e entregar no momento em que a demanda realmente exista, trazendo à tona a filosofia *toyotista* do *just in time* (JIT).

O Quadro 2, de acordo com Picchi (2001), apresenta de forma esquemática os princípios, os elementos fundamentais e as ferramentas do *Lean Construction* correlacionando-os de maneira que se possa entender de forma prática o impacto de cada um deles nos objetivos do projeto.

Quadro 2 – Correlação prática dos princípios *Lean*

OBJETIVOS	PRINCÍPIOS	ELEMENTOS FUNDAMENTAIS	FERRAMENTAS
MELHORAR CONTINUAMENTE A COMPETITIVIDADE DA EMPRESA ATRAVÉS DE:	FLUXO	PRODUÇÃO EM FLUXO	CÉLULAS DE TRABALHO
- ELEMINAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS;			PEQUENOS LOTES
			TPM (MANUTENÇÃO PARA PRODUTIVIDADE TOTAL)
			POKA-YOKE (DISPOSITIVOS À PROVA DE ERRO)
			GRÁFICO DE BALANCEAMENTO DE OPERADOR
		TRABALHO PADRONIZADO	GERENCIAMENTO VISUAL
			TAKT TIME (RITMO DA DEMANDA)
			KANBAN
- ATENDER AOS REQUISITOS DOS CLIENTES EM VARIEDADE, QUALIDADE, QUANTIDADE, PRAZO E CUSTO	PUXAR	PRODUÇÃO E ENTREGA JUST-IN-TIME	NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO
			SET-UP RÁPIDO
		RECURSOS FLEXÍVEIS	EQUIPAMENTOS FLEXÍVEIS
			MULTIFUNCIONALIDADE DE OPERAÇÕES

Fonte: Adaptado de Picchi (2001).

Dessa forma, a partir da compreensão dos princípios do *Lean* e de como eles podem ser incorporados à produção por meio da implementação dos elementos fundamentais do pensamento enxuto, o planejamento e o controle dos projetos tendem a serem feitos com o foco no cliente, ou seja, priorizando aqueles processos que agregam valor ao que será entregue. No entanto, ainda que essa percepção acerca do valor de cada atividade possa ser subjetiva, o gerenciamento de obras de construção civil utilizando esse pensamento consolidou-se como um marco na mudança de perspectiva do controle de obras e de projetos de engenharia.

2.2 Planejamento e controle de obras civis

2.2.1 Técnica da Linha de Balanço

A utilização do método de Linha de Balanço tem sido cada vez mais presente no planejamento de obras que são caracterizadas por terem repetitividade na execução de suas atividades, ou seja, quando há uma produção linear no qual as células de trabalho se especializam em executar sempre o mesmo serviço, de forma rítmica e repetitória. Também conhecida a partir da sigla advinda do inglês LOB, para Tommelein e Ballard (1997), a Linha de Balanço é uma ferramenta gráfica de programação que tem o intuito de padronizar o ritmo de produção de uma atividade a partir da definição de uma unidade básica que será entregue de forma cíclica.

Diferentemente de outros métodos de planejamento mais tradicionais, como o Método do Caminho Crítico (CPM), PERT/CPM, Gráfico de Gantt, dentre outros, a LOB possibilita uma visualização mais estratégica de como as atividades estão dispostas no tempo e qual a interdependência entre elas, facilitando, dessa maneira, a compreensão de quatro pontos importantes da programação das tarefas: “o quê”, “aonde”, “quando” e “por quem” estão sendo feitas (LOSSO E ARAÚJO, 1995).

Muitos autores atribuem à LOB o *status* de ser uma ferramenta de planejamento que engloba diversos princípios da construção enxuta. Dentre outros, de acordo com Mendes Jr e Heineck (1999), a partir da definição das unidades de repetição, que na construção civil residencial vertical costumam ser os pavimentos tipo ou os próprios apartamentos, busca-se eliminar os desperdícios por meio do balanceamento do ritmo da produção e da padronização do trabalho, possibilitando, dessa forma, tirar proveito do efeito aprendizagem, cenário que reitera muitas interseções com o pensamento enxuto.

Além disso, outros princípios do *Lean* podem ser enxergados através da utilização da linha de balanço, como por exemplo o conceito de “puxar” a produção, o qual coaduna com a filosofia do *Just in Time* (JIT). Ou seja, ao passo que a obra evolui, outras necessidades vão surgindo e, a depender delas, pode-se adiantar ou postergar as atividades, de forma que só sejam executadas aquelas tarefas que realmente não existam mais restrições que impeçam a sua realização, dessa maneira, favorecendo tanto o fluxo de execução das tarefas como também a não formação de grandes inventários.

Diante desse cenário, a LOB configura-se como uma técnica de planejamento que utiliza as ferramentas do *Lean Construction* e, consequentemente, facilita a utilização do EVM, haja vista que além dos outros aspectos já citados, a partir da simplificação das variadas tarefas em células de produção, pode-se perceber e mapear mais rapidamente quais aquelas atividades que possivelmente não agregariam valor e, portanto, minimizá-las ou até mesmo eliminá-las, cenário que atesta que a gestão do valor agregado pode ser feita de forma mais fidedigna e facilitada.

De maneira didática, Moura e Heineck (2014) sintetizaram os princípios da construção enxuta que podem ser visualizados na utilização da linha de balanço em planejamento de obras, pode-se citar os seguintes:

1. Ciclo no tempo e no espaço:

Para que seja possível aplicar as práticas *Lean* é necessário que as atividades tenham ciclos com prazos de execução compatíveis. Possibilitando que, dessa forma, seja alcançado o ritmo planejado a partir do caráter repetitivo das tarefas (ALVES *et al.*, 2009).

2. Simplificação das operações

Através da aglutinação de pequenas tarefas em um pacote de serviço, reduz-se o tempo de *set-up* para o início do processo produtivo e, além disso, simplifica-se o fluxo de materiais e de informações.

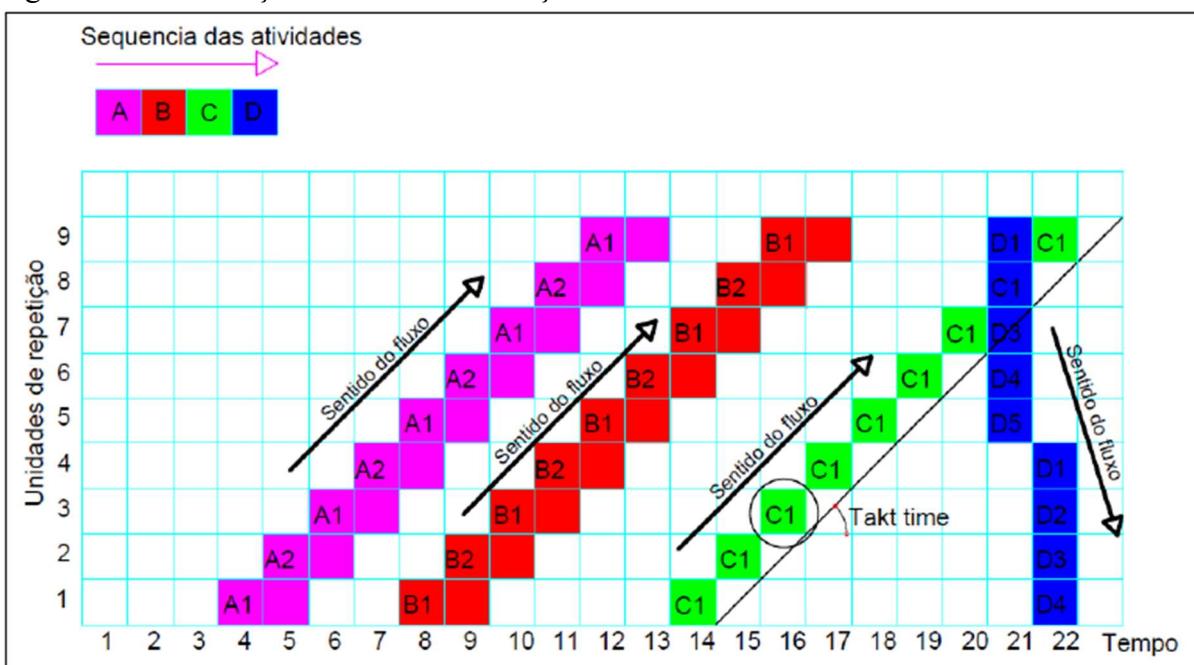
3. Redução da Variabilidade

Com a padronização das atividades que formam cada pacote de serviço, reduz-se consideravelmente a variabilidade na execução desses, possibilitando, assim, a especialização das equipes em suas respectivas atividades e, além disso, corroborando com a eliminação de possíveis imprevistos que ocasionem paradas na produção.

4. Visão do fluxo na execução

Segundo Koskela (1992), a produção em fluxo é caracterizada pelo movimento contínuo de execução das unidades de repetição, esse ritmo de operação é conhecido no *Lean Construction* como *takt-time* e, dentre outras formas, pode ser alcançado eliminando tanto as atividades que não agregam valor como também as possíveis restrições. Dessa maneira, é possível visualizar de forma estratégica as relações de dependência entre as atividades e, além disso, detectar de forma transparente aquelas que estão tornando-se o gargalo da produção. A Figura 2 é um exemplo de como alguns desses conceitos podem ser visualizados na LOB.

Figura 2 – Visualização do fluxo de execução das atividades na LOB



Fonte: Moura e Heineck (2014)

5. Redução do lead time

O *lead time* é o tempo que uma determinada atividade leva para que seja alcançado um ciclo de execução repetitiva (PACHECO; HEINECK, 2008). Dessa maneira, quando programadas na metodologia da LOB, esse tempo demandado por cada pacote de serviço é facilmente visualizado. Diante disso, é possível adotar algumas ferramentas para que, mesmo com diferentes *lead times* para cada frente de serviço, a produção continue em fluxo sem haver sobreposição e interferência entre as tarefas. Dessa maneira, com as devidas tomadas de decisão, o efeito aprendizagem pode ser mais rápido e, com isso, alcançar o fluxo repetitivo mais precocemente.

6. Integração de curto, médio e longo prazo

Apesar de ser uma técnica utilizada preferencialmente para o planejamento de longo prazo, quando feito recortes em horizontes menores, a linha de balanço traz consigo informações suficientes para nutrir os três períodos de programação: curto, médio e longo prazo. Dessa maneira, essa ferramenta quando manipulada de forma correta, sustenta uma relevância estratégica na organização e na administração de uma obra, haja vista que a concretização da execução daquilo que está previsto nela envolve a participação de muitas áreas de uma organização. Portanto, com o auxílio da LOB, pode-se planejar não somente as atividades que estão diretamente ligadas à execução em campo, como também formular outros instrumentos que são essenciais ao gerenciamento da obra, pode-se citar, por exemplo, a projeção de fluxo de caixa, elaboração do cronograma de contratações e a definição de datas de ressuprimentos de materiais.

2.2.2 Planejamento físico financeiro

Nos últimos anos novos desafios foram incorporados ao gerenciamento de obras de construção civil, em virtude do aumento da competitividade desse mercado e da mudança do perfil comportamental dos clientes desse setor, os quais prezam cada vez mais pela transparência do desempenho que as obras vêm alcançando, principalmente em relação ao prazo, custo, qualidade, segurança e sustentabilidade. Dessa maneira, as técnicas de acompanhamento de obras tiveram de ser aprimoradas visando atender a essas novas demandas.

Para Goldman (2004), a eficiência do controle de uma obra é diretamente dependente da qualidade do planejamento dessa, haja vista que a partir dele são extraídas informações cruciais para a evolução do empreendimento, pode-se citar, dentre outras, quais os recursos que foram estimados para a execução de cada uma das atividades, tais como as datas de início e de término das tarefas e seus respectivos quantitativos de material e de mão de obra. Sendo assim, é de suma importância que durante a etapa de planejamento sejam levantadas informações de diversas áreas e, portanto, participem desse processo profissionais com diferentes expertises, de modo a projetar os variados cenários que possam ocorrer durante a etapa de execução da obra e, além disso, fornecer os dados fidedignos ao que será necessário para a realização das atividades.

Dessa maneira, segundo Carvalho Junior (2019) uma das fontes vitais à elaboração do planejamento é o orçamento de obras, através dele pode-se consultar as composições utilizadas para cada serviço e partir disso calcular a duração das atividades e o custo que foi estimado para execução de cada uma delas. Sendo assim, quanto mais fiel à realidade executiva dos serviços o orçamento for, mais corretamente será feito tanto o cronograma físico de

evolução do empreendimento como a incorporação dos custos das tarefas nesse. Diante disso, para Dubois (2019), a partir das informações advindas do orçamento, é possível fazer um planejamento que integre a variável de tempo da produção com suas respectivas estimativas de gastos, possibilitando, dessa forma, que a obra seja planejada e consequentemente controlada com mais destreza.

De acordo com Neuman (2016), o planejamento de uma obra deve englobar metas que sejam financeiramente viáveis e que atendam um ritmo de produção que se adeque ao prazo de entrega do empreendimento, ademais, ele reitera a importância de que paralelamente a esses objetivos, a segurança, a sustentabilidade e a aceitação pública sejam metas a serem alcançadas também no decorrer da construção. Dessa forma, considerando as diversas informações que devem ser gerenciadas em um canteiro de obras, uma alternativa comumente adotada é a definição do prazo e do custo como unidades de caráter estratégico de controle, os demais acompanhamentos se diluem nos respectivos níveis táticos e operacionais.

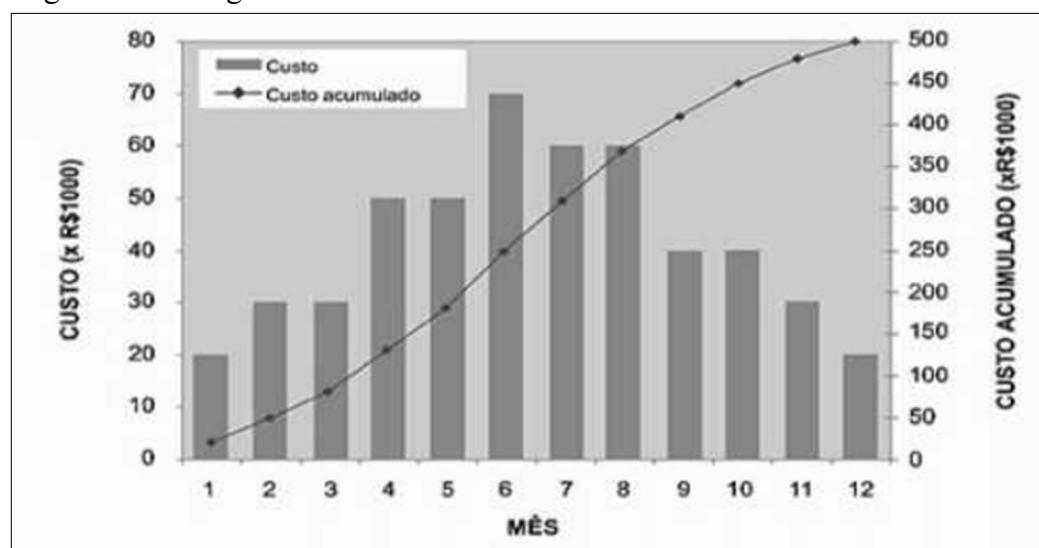
Diante dessa premissa, para Capraro e Villas Boas (2019), o Cronograma Físico-Financeiro se apresenta como uma ferramenta capaz de ilustrar tanto o avanço real e, portanto, físico da obra, como também o custo relacionado às atividades que foram realizadas e que geraram esse respectivo avanço. Dessa maneira, segundo as autoras, o êxito na execução de uma obra pode ser alcançado a partir do devido gerenciamento do cronograma físico-financeiro.

Um dos principais diferenciais da modelagem desse tipo de cronograma é a utilização do valor financeiro das atividades como unidade de medição do projeto, procedimento que é denominado por alguns autores como PERT-Custo (LIMMER, 1996). Dessa maneira, apesar de haver a alocação de outros recursos tanto qualitativos como quantitativos necessários a cada uma das atividades, o valor financeiro é utilizado como o balizador do desempenho de prazo e de custo do projeto.

Após feito o planejamento físico-financeiro, ou seja, com as atividades devidamente distribuídas ao longo do prazo do projeto e com os seus respectivos custos alocados, comumente são modelados dois tipos de gráficos, o Histograma e a Curva S. Essas duas ferramentas proporcionam uma visualização longitudinal de como se dará o fluxo de desembolso da obra e, dessa maneira, pode-se mapear quais os meses que incorrerão em maiores gastos e em quais períodos a necessidade de recursos financeiros se acentua. Segundo Capraro e Villas Boas (2019) o histograma facilita a visualização de como se dará a mobilização dos recursos para cada período do projeto, já a curva S permite a avaliação dos custos acumulados até uma determinada data de *status*.

De acordo com Mattos (2010), o histograma se assemelha ao formato de uma curva de Gauss, enquanto a Curva S, como o próprio nome já diz, tem um traçado que é semelhante a letra S. De forma didática, para que seja possível compreender a correlação entre as duas formas gráficas, o autor exemplifica que caso o valor previsto para ser desembolsado fosse igual em todos os meses do projeto, a curva S seria uma linha reta ascendente, visto que, enquanto o histograma representa os valores absolutos mês a mês, a curva S nada mais é que a forma cumulativa desses mesmos valores, conforme pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Histograma de custo e custo acumulado



Fonte: Mattos (2010)

Ainda no que tange ao planejamento físico-financeiro, Mattos (2010) acrescenta que diferentemente do que muitos gestores compreendem, a curva S de trabalho não é idêntica à curva S de custos, haja vista que a previsão do recurso de mão de obra (homem-hora ou hh) não necessariamente é proporcional ao custo da atividade, ou seja, a máxima de que quanto maior a duração de uma atividade maior seu valor financeiro nem sempre é verdade.

Além disso, o autor ainda enfatiza outro ponto que é de grande valia para aqueles que buscam gerenciar seus projetos a partir do planejamento físico-financeiro, que é a importância de fazer a distinção entre econômico e financeiro. Para facilitar essa compreensão, Aldo (2010) exemplifica: “quando o construtor compra mil tijolos para pagar 30 dias depois, o custo é incorrido naquele ato (econômico), apesar de o desembolso (financeiro) só vir a ocorrer no mês seguinte”. Sendo assim, segundo o autor, a curva S obtida a partir do planejamento físico-financeiro, apesar da nomenclatura já popularizada, ilustra o avanço econômico e não financeiro, do contrário seria necessário além de apropriar os custos das atividades evidenciar

ainda na fase de planejamento, quais seriam as condições de pagamento de cada uma delas, processo que seria muito trabalhoso.

2.2.2 Curva S

Visando otimizar a visualização e a compreensão do desempenho de um projeto a partir da análise dos principais parâmetros do EVM, comumente são utilizadas as curvas de controle de agregação de recursos, também conhecidas como “curvas S”. Na realidade das obras de construção civil, para se fazer o controle do andamento do projeto por meio desta ferramenta é necessário fazer a escolha de uma unidade que permita medir os avanços das atividades a partir de um mesmo referencial, normalmente são tomados como base o trabalho realizado (homem-hora) ou o custo (MATTOS, 2010).

De acordo com Heineck (1990), essa ferramenta gráfica consiste na integração do orçamento do projeto com o seu respectivo planejamento executivo. A partir disso, pode-se estabelecer a previsão de consumo dos recursos para a realização do projeto ao longo do tempo, a esse referencial é dado o nome de linha de base. Dessa maneira, utilizando o comparativo de análise entre o que estava previsto ser realizado em cada período do projeto e o que de fato foi realizado, pode-se identificar potenciais problemas de cumprimentos de prazos e de desvios do orçamento (KIM; BALLARD, 2001).

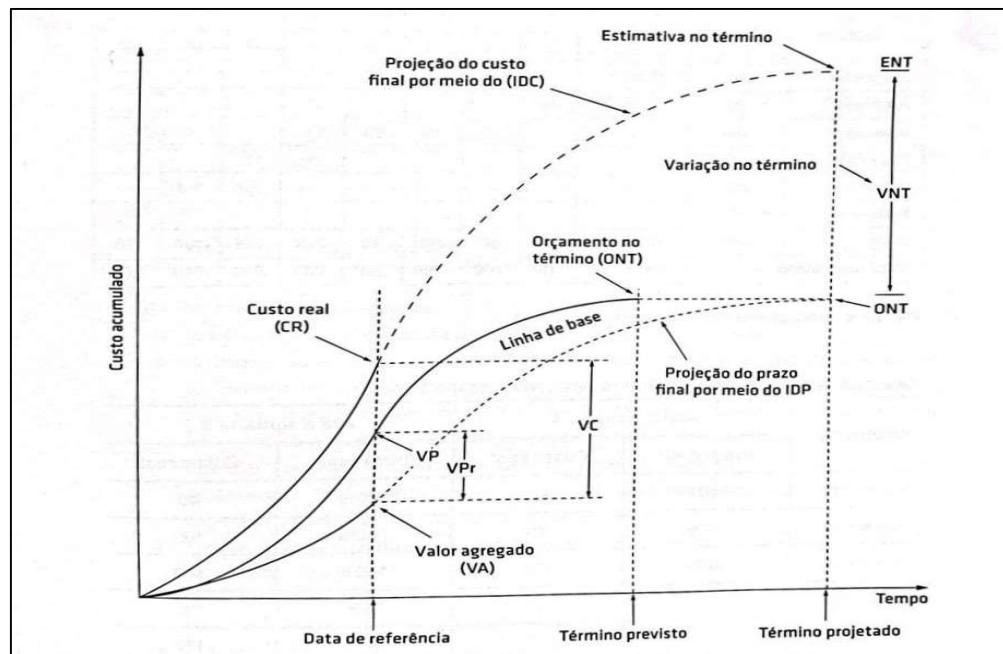
Dito isso, após o levantamento dos três parâmetros, valor planejado, valor agregado e custo realizado, é comum que os gestores modelem uma curva de controle para cada um deles. Como os gastos ao longo de um projeto não ocorrem de forma linear, o trabalho executado, distribuído em um espaço de tempo, aumenta gradativamente até atingir um máximo (que na maioria das vezes acontece entre 50% e 60% deste período), tornando a baixar gradativamente, até o término do projeto. O modelo matemático que melhor representa estes fatos é a curva de Gauss. A forma gráfica do somatório destas parcelas, ou seja, o valor acumulado, possui uma curva semelhante a um “S” e, por isso, um gráfico muito utilizado no gerenciamento desses dados ficou conhecido como Curva S (QUARTAROLI, 2014).

Para Bressiani, Roman e Heineck (2010), a Curva S pode auxiliar no planejamento e no controle de obras haja vista que ela oferece uma visualização integrada do consumo de recursos, sejam eles mão de obra, materiais ou serviços, facilitando dessa maneira, a visualização do desempenho de prazo e de custo do projeto ao longo do tempo, de tal forma que confronta em cada data de *status* os valores previstos e realizados.

Segundo Kern *et al.* (2004), a Curva S pode ser utilizada, além da gestão de obras, em análises financeiras, controle de custos, fluxo de caixa e acompanhamento de avanços físicos, podendo ser, também, útil na simulação de diferentes cenários de um mesmo projeto.

A Figura 4 representa como os parâmetros do EVM podem ser acompanhados graficamente ao longo da execução do projeto e o quanto esses estão de acordo ou não com o que estava previsto na linha de base.

Figura 4 – Representação gráfica da Curva S e de parâmetros do EVM



Fonte: Mattos (2019).

2.3 Gerenciamento do Valor Agregado

2.3.1 Premissas de utilização

Segundo Wideman (1999), para que a análise do valor agregado possa ser realizada em um projeto é necessário a existência de um setor de planejamento e controle que contenha profissionais capacitados e que consigam, principalmente, coletar as informações necessárias ao desenvolvimento da técnica, compreender e proporcionar dados confiáveis e esforçar-se para a manutenção das análises. Portanto, devido à carga gerencial demandada, Wideman afirma que muitos gerentes de projetos não consideram essa técnica um bom custo-benefício.

No entanto, o que diferencia a AVA de métodos tradicionais de controle, como o cronograma de Gantt e as redes PERT/CPM é exatamente a possibilidade de controlar simultaneamente prazos, custo e escopo, proporcionando uma análise real da performance do

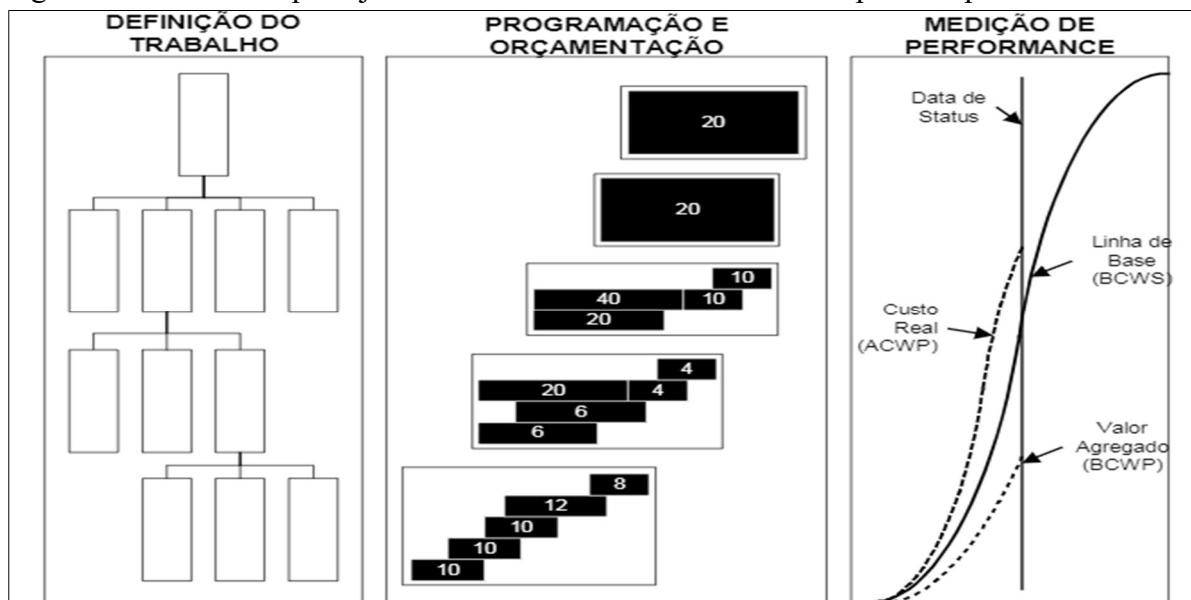
projeto, fazendo um comparativo entre o trabalho previsto e o trabalho efetivamente realizado e seus respectivos custos até aquele determinado momento, antecipando possíveis ações corretivas (ROVAI; TOLEDO, 2002 *apud* SILVA, 2018).

Segundo Vargas (2002), para que um projeto possa ser gerenciado com base no AVA, devem ser realizadas prioritariamente quatro atividades, são elas:

1. Definir o escopo do projeto através de uma estrutura analítica (EAP) ou qualquer outro tipo de estrutura de divisão do trabalho de modo a definir com precisão o trabalho a ser realizado;
2. Criar o cronograma do projeto de modo a identificar a distribuição das atividades no tempo;
3. Alocar os recursos nas atividades e calcular o orçamento de cada um dos pacotes de trabalho do projeto, com base na sua duração e carga de trabalho dos recursos atribuídos;
4. Estabelecer uma previsão de custos e de prazos que constituirão o conjunto de valores planejados para o projeto (linha de base).

Para Abba (1998 *apud* VARGAS, 2002) o sistema de planejamento e de acompanhamento do desempenho de um projeto por meio dos conceitos de valor agregado se dá em três fases, conforme a Figura 5 a seguir:

Figura 5 – Sistema de planejamento e de monitoramento de desempenho a partir do EVM.



Fonte: Vargas (2002, p. 25)

Dessa forma, é de fundamental importância que as atividades apontadas acima sejam devidamente seguidas visando a correta implementação da análise do valor agregado no acompanhamento e no controle de um projeto. No entanto, devido à dinamicidade e à complexidade do ambiente da construção civil, ainda é comum observar negligências na execução desses processos, cenário que acarreta o uso ineficiente do AVA.

Segundo um estudo realizado por Araújo e Meira (2003 *apud* SILVA, 2018) com diversas empresas de construção brasileiras, apenas 16% delas utilizavam o planejamento para auxiliar o gerenciamento das obras, o restante tomava decisões com base na experiência e no bom senso dos gestores, fato que acarreta, segundo os entrevistados, falta de controle e incapacidade de fornecer dados precisos sobre o andamento das obras.

De acordo com Netto *et al.* (2018),

“Alguns autores recomendam a utilização do sistema LPS (Last Planner System), que desenvolve uma abordagem baseada no planejamento da construção enxuta. Nessa abordagem o planejamento do controle da produção está dividido em três níveis: o planejamento de longo prazo, o planejamento de médio prazo e o planejamento de curto prazo. No planejamento de curto prazo a produção ocorre por meio de elaboração de planos semanais de produção, ligadas à execução dos itens no canteiro de obras.”

Para Meredith (2000), um projeto que não tem uma boa definição de escopo é impossibilitado de utilizar a Análise do Valor Agregado, haja vista que o trabalho a ser realizado é genérico ou mesmo não estará definido. O mesmo pensamento se aplica ao prazo e ao custo estipulados para o desenvolvimento de determinado empreendimento.

Terrel *et al.* (1998) salienta que que as informações sobre os recursos são essenciais para a Análise do Valor Agregado, as mesmas devem estar bem definidas e que sejam devidamente coletadas sob o risco de serem gerados resultados de desempenho imprecisos e distantes da realidade do projeto.

Além da necessidade de alinhamento entre o escopo e o planejamento, é de suma importância que o orçamento do projeto também esteja em consonância com esses dois outros requisitos e que, dessa forma, seja fidedigno aos custos que serão demandados para a execução das atividades. No entanto, devido à alta variabilidade inerente à execução de obras de construção civil o processo de orçamentação torna-se uma atividade desafiadora, pois essa alta dinamicidade faz com que muitas vezes não exista, em tempo hábil, informações, detalhamentos e metodologias bem definidas que corroboram para a assertividade do mesmo.

Para Azevedo *et. al* (2011), a imprecisão no custo de projetos de construção civil se dá, principalmente, por conta da morosidade na atualização das informações e da negligência do foco gerencial. Essa realidade implica na elaboração de orçamentos em diferentes níveis de

precisão e acurácia. Segundo Fontenele Filho (2014), estimativas de custos realizadas por meio de custos unitários configuram uma margem de erro de até 30%, orçamento detalhado 10% e analítico 5%.

Diante dessa perspectiva, Vargas (2003) realizou um estudo em três obras de uma construtora do segmento de infraestrutura e dele foi possível mapear a possibilidade da implementação da análise do valor agregado a partir das características gerenciais de cada empreendimento. Como resultado da pesquisa, Vargas identificou 6 fatores críticos que impactaram diretamente na aplicação do AVA, são eles:

1. Natureza do projeto;
2. Definição do escopo;
3. Informalidade no gerenciamento e resistência à mudança;
4. Atratividade e valor da técnica;
5. Treinamento;
6. Suporte e apoio organizacional.

Já para Valle e Soares (2006), em um estudo de caso feito em uma obra de construção civil, os mesmos identificaram outros fatores críticos primordiais ao sucesso da implementação do AVA, alguns em comum com o estudo de Vargas, outros diferentes, são eles:

1. Apoio da alta administração;
2. Treinamento da equipe em AVA;
3. Definição de escopo por meio de EAP;
4. Cronograma;
5. Orçamento;
6. Atribuição de responsabilidades;
7. Fluxo de trabalho e de atividades;
8. Controle de cronograma e de custo;
9. Relatório de indicadores;
10. Processo contínuo de aprendizagem.

Dessa maneira, pode-se atestar que para se alcançar o uso eficiente da análise do valor agregado algumas premissas devem ser previamente cumpridas e cada organização tem seus devidos fatores críticos que devem ser vencidos. Feito isso, os valores aferidos por essa

ferramenta podem ser realmente fidedignos à realidade do projeto e, portanto, irão possivelmente ilustrar com veracidade o desempenho do mesmo e embasar verdadeiramente a tomada de decisão ainda durante a execução do projeto.

É fundamental que a análise do valor agregado esteja na rotina dos gestores da indústria da construção civil e que por meio dela sejam coletadas informações fidedignas dos projetos que embasem as tomadas de decisão durante o desenvolvimento dos mesmos e assim corroborem para o bom desempenho deles. Para Vargas (2003), o sucesso em um projeto é alcançado quando o mesmo atinge os seguintes requisitos:

- • Conclusão do projeto dentro prazo programado;
- • Conclusão do projeto dentro dos custos orçados;
- • Utilização dos recursos com o mínimo de desperdícios;
- • Conclusão do projeto com a qualidade esperada;
- • Execução do projeto com o mínimo de alterações de escopo;
- • Satisfação do cliente na entrega do projeto;
- • Execução do projeto sem lesar a cultura organizacional;
- • Execução do projeto sem atrapalhar as atividades organizacionais.

2.3.2 Dados de entrada

Assim como é indicado pelo PMI (2008), a análise do valor agregado é utilizada para gerenciar os projetos de forma integrada, dentre outras, sob três principais perspectivas: escopo, prazo e custos (BONATO; ALBUQUERQUE, 2011). Quando são alcançadas as definições e estimativas assertivas para esses três requisitos o projeto tende a ser planejado e executado de forma que atenda as expectativas de quem o desenvolve, caso contrário, os parâmetros aferidos ao longo da execução dele poderão indicar desempenhos distantes da realidade.

Gerir um projeto com base no AVA é utilizar esse método como ferramenta de apoio para indicar os avanços alcançados com base na comparação entre o custo orçado do trabalho agendado (COTA) ou valor planejado (VP), custo orçado do trabalho realizado (COTR) ou valor agregado (VA) e o custo real do trabalho realizado (CRTR) ou somente custo realizado (CR). (PMI, 2005; FLEMING; KOPPELMAN, 2010).

“O Valor Agregado tem foco na relação entre os custos reais incorridos e o trabalho realizado no projeto dentro de um determinado período. O foco está no desempenho obtido em comparação com o que foi gasto para obtê-lo.” (FLEMING; KOPPELMAN, 1999a *apud* VARGAS, 2022, p. 18).

Dessa maneira, a coleta e o acompanhamento do VA em um projeto permitem que o gestor consiga ter informações se as tarefas estão demandando mais recurso do que o que estava previsto para realizá-las, se esse desembolso foi realizado antes do momento esperado pois o empreendimento encontra-se adiantado em relação ao que estava planejado e, por isso, gerou essa demanda prematuramente, ou ainda, fazer análises de variância e de tendência de forma a possibilitar a projeção de cenários futuros através da integração de dados reais de tempo e de custo (MATTOS, 2010).

O valor agregado (VA) representa o custo planejado das tarefas que foram realizadas até determinado momento, tendo como base os valores previstos para as mesmas no orçamento (MATTOS, 2010). Entende-se que para o VA é difícil coletá-lo com exatidão, haja vista que esse procedimento está sujeito ao caráter subjetivo que cada profissional carrega consigo durante o acompanhamento e o controle de cada projeto (Farinha, 2012). Dessa maneira, é de fundamental importância que existam critérios de medição do trabalho realizado bem definidos e de fácil acesso à toda equipe do projeto de forma que esse apontamento esteja em concordância com o avanço real.

O valor planejado (VP) é uma estimativa inicial do custo que será necessário para executar determinada atividade que está inserida na estrutura analítica de projeto (EAP) e que por meio do planejamento físico-financeiro é possível visualizar tanto a sua quantidade de trabalho plotada no tempo bem como o custo previsto para executá-la (PMI, 2005; FLEMING; KOPPELMAN, 2010).

Ainda nessa perspectiva, um importante fator que corrobora para o levantamento do valor planejado é a construção da Estrutura Analítica de Projeto (EAP), de forma que se gerencie todo o escopo do empreendimento em pacotes de trabalho menores e bem distribuídos ao longo do período destinado ao desenvolvimento do projeto. Sendo assim, as estimativas de prazo e de custo em uma escala menor tendem a ser mais precisas quando comparadas à pacotes maiores que contemplam uma gama maior de atividades (CRESPO; ALVARES, 2013).

Outro dado de entrada do EVM é o custo realizado (CR), para obtenção dele é necessário que se aponte a verdadeira quantia que foi desembolsada para amparar as demandas do trabalho realizado. Dessa maneira, para avaliar esse valor são necessárias informações advindas de diferentes setores de uma organização, mas que desempenham algum papel

necessário ao desenvolvimento do projeto. Assim, para que se tenha um dado com maior confiabilidade, é de fundamental importância que essas informações estejam todas descritas em um ambiente só, ou seja, em um sistema de gestão integrada (PMI, 2005; FLEMING; KOPPELMAN, 2010).

O controle dos custos é uma das atividades mais desafiadoras e críticas em relação à aplicação do AVA haja vista que não há um procedimento padrão para a aferição dos mesmos, cada organização define sua metodologia e por meio dela aponta quais os custos incorridos para a respectiva medição do avanço do projeto. Por conta disso e do grande volume de informações que abrangem o controle de custos da execução de projetos de construção civil, o valor desse parâmetro mostra-se em muitos casos impreciso e sem o devido rastreamento e ciência dos gestores.

Dessa maneira, de forma teórica, Mattos (2010) definiu que o VP é o quanto deveria ter sido realizado, de acordo com o cronograma do projeto, o VA o quanto deveria ter custado o que foi realizado, portanto refere-se a um custo planejado (orçamento), e o CR o quanto custou o que foi realizado.

A partir dessa definição pode-se formular matematicamente, as seguintes equações para o VA e o VP:

$$VA = ONT \times Pfr \quad (1)$$

Onde:

ONT = orçamento no término;

Pfr = progresso físico realizado até a data de análise.

$$VP = ONT \times PfP \quad (2)$$

Onde:

ONT = orçamento no término;

PfP = progresso físico planejado de acordo com o cronograma definido da linha de base.

Dessa maneira, haja vista a importância que a eficiente coleta que cada um desses parâmetros tem na avaliação do desempenho do projeto, o Quadro 3 foi desenvolvido com o intuito de exemplificar, sob o cenário de uma construtora que executa obras de alto padrão, a

correlação deles tanto com suas respectivas fontes de dados, ou seja, de onde surgem os valores para que seja feito o levantamento desses, bem como quais os setores que comumente são diretamente responsáveis em gerar esses dados e/ou analisá-los.

Quadro 3 – Fonte de dados do EVM e setores-chave colaborantes

PARÂMETROS	VP	VA	CR
	COTA	COTR	CTR
FONTE DE DADOS	· ORÇAMENTO ANALÍTICO	· MEDIÇÕES PERIÓDICAS	<ul style="list-style-type: none"> · FOLHA DE PAGAMENTO · NOTAS FISCAIS PAGAS · RELATÓRIO DE ESTOQUE · PASSIVO TRABALHISTA · ADIANTAMENTOS E/OU RETENÇÕES DE SERVIÇOS · CONTRATOS DE PERMUTA
SETORES-CHAVE	<ul style="list-style-type: none"> · PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP) · SUPRIMENTOS · OBRA · FINANCEIRO 	<ul style="list-style-type: none"> · PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP) · OBRA 	<ul style="list-style-type: none"> · PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP) · OBRA · CONTÁBIL/FINANCEIRO · DEPARTAMENTO PESSOAL (DP)

Fonte: Autor (2023).

Feita a explanação ilustrada por meio do Quadro 3, é possível entender a relevância que cada setor tem no tocante à correta execução do EVM e seus respectivos parâmetros de entrada. Além disso torna-se clara importância de se ter um sistema que permita manipular de forma integrada todos os dados que são necessários à execução da técnica.

2.4 Indicadores de desempenho

Para que se possa fazer as devidas análises entre os dados de entrada do AVA é importante que os três parâmetros estejam em uma mesma unidade de medida, na maioria das vezes, no gerenciamento de obras de construção civil, estão em valores monetários, ou seja, em reais. Dessa maneira, durante o desenvolvimento do projeto o VA, o VP e o CR normalmente começam a apresentar valores distintos entre si, haja vista que eles estão em dimensões diferentes, os dois primeiros em valores previsto e o terceiro em valores reais. Devido a essas

diferenças entre eles, surge uma diferença numérica chamada de variação, podendo essa ser em relação ao prazo ou ao custo.

2.4.1. Variação de Prazo (*VPr*)

A Variação de Prazo, que também pode ser chamada de variação de progresso, representa a diferença entre o trabalho que foi realizado até o momento da análise e o que estava programado para ser realizado segundo o cronograma, esse indicador pode ser aferido segundo a equação a seguir:

$$VPr = VA - VP \quad (3)$$

Onde:

$VPr > 0$ – o projeto está adiantado em relação ao que estava previsto;

$VPr = 0$ – o projeto avançou exatamente o que estava previsto;

$VPr < 0$ – o projeto está atrasado em relação ao que estava previsto.

2.4.2 Variação de Custo (*VC*)

A Variação de Custo é a diferença entre a quantia que foi desembolsada para custear o trabalho realizado até a data de análise e o valor que foi planejado no orçamento para realizar esse mesmo trabalho. Assim como foi exposto anteriormente, o controle dos custos incorridos demanda um sistema eficiente que possa fornecer as informações necessárias e confiáveis para o levantamento desse valor. A equação seguir define como esse parâmetro pode ser calculado:

$$VC = VA - CR \quad (4)$$

Onde:

$VC > 0$ – o projeto gastou menos do que o que estava previsto para o trabalho realizado;

$VC = 0$ – o projeto teve um gasto exatamente igual ao previsto para o trabalho realizado;

$VC < 0$ – o projeto está gastando mais que o previsto para o trabalho realizado.

2.4.3 Índice de Desempenho de Prazo (IDP)

Também conhecido como *Schedule Performance Index* (SPI), esse parâmetro retorna qual a representatividade do valor que estava previsto ser agregado realmente o foi. Esse parâmetro pode ser obtido da seguinte forma:

$$\text{IDP} = \text{VA}/\text{VP} \quad (5)$$

Onde:

$\text{IDP} > 1$ – o trabalho realizado agregou um valor acima do que o que estava previsto;

$\text{IDP} = 1$ – o trabalho realizado agregou um valor igual ao que o que estava previsto;

$\text{IDP} < 1$ – o trabalho realizado agregou um valor abaixo do que o que estava previsto.

2.4.4 Índice de Desempenho de Custo (IDC)

Esse parâmetro apresenta a eficiência com que os recursos financeiros estão sendo utilizados para realizar o trabalho previsto, ou seja, em que taxa os custos realizados estão sendo convertidos em valor agregado. Por meio da seguinte equação pode-se calcular o IDC:

$$\text{IDC} = \text{VA}/\text{CR} \quad (6)$$

Onde:

$\text{IDC} > 1$ – o custo foi maior do que o que estava previsto para o trabalho realizado;

$\text{IDC} = 1$ – o custo foi exatamente igual ao que estava previsto para o trabalho realizado;

$\text{IDC} < 1$ – o custo foi menor do que o que estava previsto para o trabalho realizado.

2.5 Parâmetros de tendência

De acordo com Vargas (2002), um dos maiores benefícios da utilização do EVM é que a partir da performance do projeto na data atual pode-se projetar os custos e os prazos finais diante de diferentes cenários e assim alcançar respostas estratégicas como por exemplo: “Quanto ainda vai custar para concluir o projeto?” ou ainda “Quando o projeto será concluído?”. Diante disso, é de suma importância que se busque mecanismos de projeção eficientes e confiáveis e que de maneira técnica e fundamentada possa gerar uma maior previsibilidade de custos e prazos finais do projeto.

2.5.1 Estimativa Para o Término (EPT)

Com base no valor do ONT e do VA, pode-se fazer algumas estimativas para o término (EPT) a partir de diferentes cenários, dentre outros, Aldo (2010) destaca principalmente os três a seguir.

2.5.1.1 EPT - Cenário otimista

Esse cenário considera que o custo restante para concluir o projeto será a diferença entre o orçamento total inicial e o valor agregado até a data de aferição requerida, dessa maneira, são considerados somente valores previstos sem variações e, por isso, essa é uma análise considerada otimista.

$$EPT_1 = ONT - VA \quad (7)$$

2.5.1.2 EPT - Cenário realista

Nessa perspectiva de análise é considerado que as atividades ainda a serem executadas incorrerão em um desembolso que será realizado em consonância com o desempenho financeiro verificado até a data de aferição, ou seja, essa estimativa leva em consideração o IDC do projeto naquele determinado momento, dessa forma quanto mais abaixo de 1 for esse, maior será a projeção de custo para a conclusão do projeto.

$$EPT_2 = (ONT - VA) / IDC \quad (8)$$

2.5.1.3 EPT - Cenário pessimista

Similar ao que acontece na análise realista, o cenário pessimista além de considerar o padrão de desvios de custos aferido no projeto, também incorpora, a essa projeção, o desempenho de prazos. Dessa maneira, tanto o IDC quanto o IDP terão influência no cenário pessimista, assim, ambos contribuem simultaneamente para a estimativa de custo necessária para o término do projeto.

$$EPT_3 = (ONT - VA) / (IDC \times IDP) \quad (9)$$

2.5.2 Estimativa No Término (ENT)

Essa estimativa busca representar o custo total do projeto quando concluído, ela leva em consideração o custo real (CR) incorrido até a data de análise somado ao custo estimado para a realização das atividades remanescentes. Dessa maneira, a fórmula para se obter o ENT pode levar em consideração qualquer um dos três cenários previstos no EPT.

$$ENT = CR + EPT \quad (9)$$

2.5.3 Variação No Término (VNT)

Esse parâmetro tem como objetivo prever o quanto a estimativa de custo realizado ao final do projeto (ENT) estará acima ou abaixo do valor planejado no orçamento inicial (ONT).

$$VNT = ONT - ENT \quad (10)$$

Sendo assim, $VNT > 1$ significa dizer que está previsto uma economia em relação ao orçamento. Do contrário, $VNT < 1$ indica que o custo projetado ao final do projeto é maior que o orçamento inicial e, assim, incorrerá em prejuízo. Por fim, $VNT = 0$ implica em uma previsão de se gastar igual ao que estava previsto em orçamento.

2.5.4 Estimativa de Tempo no Término (ETT)

Essa estimativa busca projetar a duração total ao final do projeto. Ela é calculada como a razão entre o tempo total previsto para execução do projeto (TTP) e o índice de desempenho de prazo (IDP) aferido na data de análise. A nomenclatura do ETT também é conhecida em inglês como TAC (Time At Completion).

$$ETT = TTP / IDP \quad (11)$$

Dessa maneira, mediante o valor encontrado do ETT, pode-se estimar se o projeto terminará com atraso, igual ao término previsto, ou ainda, adiantado. É válido ressaltar que, como pode ser observado na própria equação, à medida que o IDP varia ao longo do desenvolvimento do projeto, o ETT também. Sendo assim, essas estimativas são sempre referentes a uma determinada data de *status* e seu respectivo desempenho do prazo.

2.5.5 Prazo Estimado Para o Término (PEPT)

Semelhante a projeção feita no EPT em termos financeiros, o PEPT busca estimar quanto tempo falta para o término do projeto. É importante salientar que todas as medidas utilizadas nos indicadores que retornam projeções de prazo devem estar na mesma unidade de tempo. Na construção civil, geralmente, se trabalha com semanas ou meses. Dessa maneira, o PEPT, também conhecido em inglês como DAC (*Delay At Completion*), pode ser aferido a partir da diferença entre o TTP e o ETT, conforme equação a seguir:

$$\text{PEPT} = \text{TTP} - \text{ETT} \quad (12)$$

Onde:

- ETT > 1 – o projeto terminará antes do prazo previsto;
- ETT = 1 – o projeto será concluído na data prevista;
- IDC < 1 – o projeto terminará após prazo previsto.

Devido a diversidade de siglas e de fórmulas utilizadas na literatura técnica da análise do valor agregado, comumente essas terminologias são vistas como um fator complicador durante a implementação e a utilização dessa ferramenta na rotina dos gestores de projetos (FARINHA, 2012). Dessa maneira, o Quadro 4 foi desenvolvido com o fito de facilitar o entendimento desses termos e de sintetizar correlação entre eles.

Quadro 4 – Resumo das siglas e fórmulas adotadas no EVM

	Parâmetro	Significado	Sigla e Fórmula			
			Português		Inglês	
DADOS DE ENTRADA	VALOR PREVISTO	Quanto deveria ter sido o custo até a data de análise	VP	COTA	PV	BCWS
	VALOR AGREGADO	Quanto deveria ter custado o que foi realizado	VA	COTR	EV	BCWP
	CUSTO REAL	Quanto custou o que foi realizado	CR	CRTR	AC	ACWP
INDICADORES DE DESEMPENHO	VARIAÇÃO DE PRAZO	Diferença entre o valor agregado e o valor previsto (positivo = satisfatório; negativo = insatisfatório)	VC = VA - CR		CV = EV - AC	
	VARIAÇÃO DE CUSTO	Diferença entre o valor agregado e o custo real (positivo = satisfatório; negativo = insatisfatório)	VPr = VA - VP		SV = EV - PV	
	ÍNDICE DE DESEMPENHO DE PRAZO	Quociente entre o valor agregado e o valor previsto (>1 = satisfatório, <1 = insatisfatório)	IDC = VA / CR		CPI = EV / AC	
	ÍNDICE DE DESEMPENHO DE CUSTO	Quociente entre o valor agregado e o custo realizado (>1 = satisfatório, <1 = insatisfatório)	IDP = VA / VP		SPI = EV / PV	
PARÂMETROS DE TENDÊNCIA	ORÇAMENTO NO TÉRMINO	Orçamento total do projeto	ONT		BAC	
	ESTIMATIVA PARA O TÉRMINO	Quanto falta gastar até o final do projeto	EPT1 = ONT - VA EPT2 = (ONT - VA) / IDC EPT3 = (ONT - VA) / (IDC x IDP)		ETC1 = BAC - EV ETC2 = (BAC - EV) / CPI ETC3 = (BAC - EV) / (CPI x SPI)	
	TEMPO TOTAL PREVISTO	Duração total prevista para execução do projeto	TTP		PAC	
	ESTIMATIVA NO TÉRMINO	Previsão de quanto custará o projeto	ENT = CR + EPT		EAC = AC + ETC	
	VARIAÇÃO NO TÉRMINO	Quanto acima ou abaixo do orçamento estará o projeto quando concluído	VNT = ONT - ENT		VAC = BAC - EAC	

Fonte: Autor (2023)

3 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo serão caracterizados os locais utilizados para a realização da pesquisa e apresentadas detalhadamente as premissas e as definições que conduziram a aplicação do método com suas respectivas justificativas.

3.1 Ambientes de estudo

O estudo em questão foi realizado com o apoio de uma construtora que atua no mercado imobiliário há 55 anos. Essa empresa iniciou seus trabalhos no ano de 1968, tendo como sua principal atividade, na época, a construção de residências independentes em todo o território da cidade de Fortaleza-CE. Anos mais tarde, acompanhando as novas tendências do mercado da construção civil, ingressou fortemente na execução de empreendimentos residenciais verticais, atividade que até hoje configura-se como a principal atuação da empresa.

Diante do portfólio dessa construtora que atualmente já conta com mais de 20 obras residenciais de alto padrão entregues distribuídas em três diferentes praças: Fortaleza-CE, São Luís-MA e Teresina-PI, foram escolhidos dois empreendimentos, um já concluído e outro em construção, para servirem de objeto de estudo da pesquisa. É de suma importância enfatizar que a empresa, desde o início deste trabalho, mostrou-se interessada em participar do estudo e corroborar para a eficiente realização do mesmo, fornecendo os dados e os documentos necessários às etapas metodológicas da pesquisa.

Além disso, também é válido mencionar que essa empresa tem a cultura de buscar a excelência por meio da inovação e da sustentabilidade e, dessa forma, investe em tecnologias que além de agregar valor aos produtos entregues, qualifiquem também a forma de gerenciamento dos mesmos, otimizando os processos e buscando melhorias durante a fase de construção a fim de aumentar a qualidade da entrega dos empreendimentos e de minimizar os desperdícios.

O primeiro empreendimento escolhido, o qual será chamado nesse estudo de Obra 1, é um residencial multifamiliar de alto padrão que fica localizado no bairro Guararapes em Fortaleza-CE, cujas obras se iniciaram em Junho de 2014 e foram concluídas em Agosto de 2017. Esse projeto é constituído de quatro pavimentos de área comum no embasamento: Subsolo 2, Subsolo 1, Pilotis e Lazer e somado a isso, duas torres, ambas com 20 pavimentos tipo. Não há diferenciação entre as unidades privativas e cada uma tem área de 74,05m².

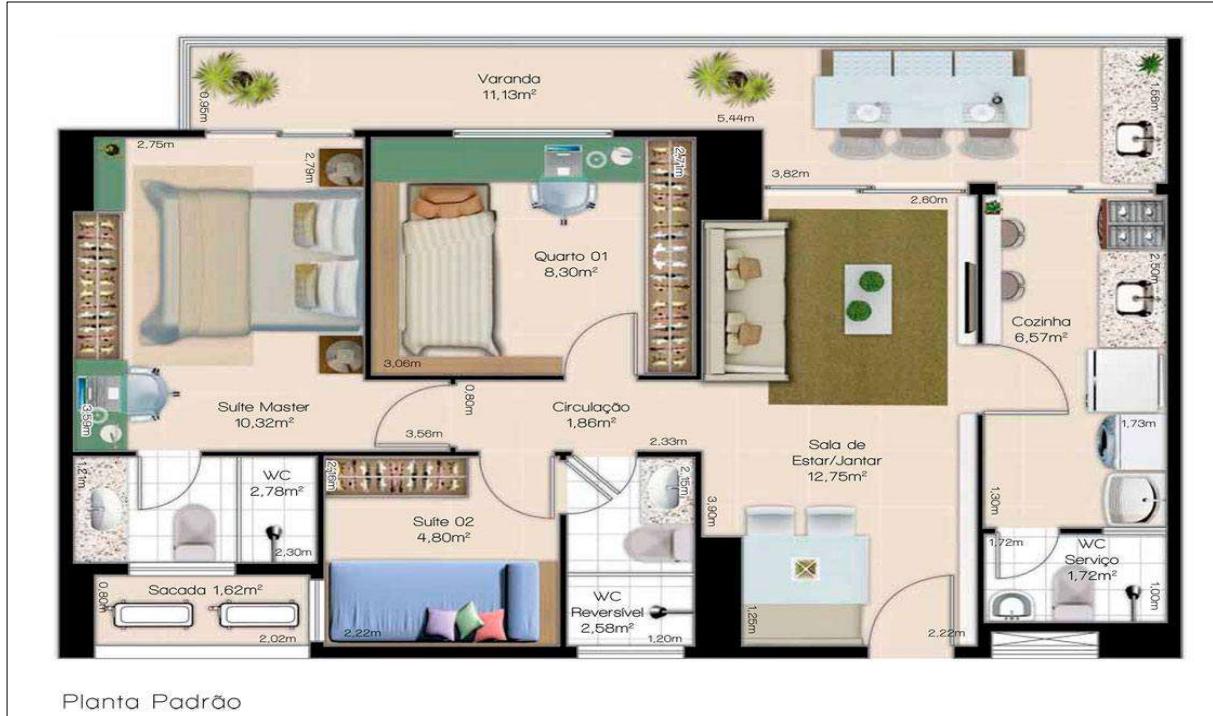
contendo 3 quartos, sendo 2 suítes, sala de estar e jantar integrada à varanda gourmet, cozinha, banheiro reversível, área de serviço e banheiro de serviço.

Figura 6 – Fachada frontal do empreendimento – Obra 1



Fonte: Construtora (2023)

Figura 7 – Planta padrão das unidades privativas do empreendimento – Obra 1



Fonte: Construtora (2023)

O segundo empreendimento escolhido, o qual será chamado nesse estudo de Obra 2, ainda está em fase de construção e também se enquadra como um residencial multifamiliar de alto padrão e fica localizado no bairro de Fátima em Fortaleza-CE, cujas obras se iniciaram em Janeiro de 2022 e têm o término previsto em Abril de 2025. Esse projeto foi concebido com cinco pavimentos de área comum no embasamento: Subsolo 2, Subsolo 1, Térreo, Pavimento Garagem e Pilotis (Lazer), somado a isso, duas torres, ambas com 22 pavimentos tipo. Com exceção do primeiro pavimento tipo das duas torres que contêm apenas um apartamento, os demais têm duas unidades privativas, uma com 141m² constituída por 3 suítes, sala de estar/jantar integrada com varanda, cozinha, área de serviço, quarto de serviço, banheiro de serviço e *hall* social. Já a outra unidade tem 166m² é constituída por 4 suítes, sala de estar/jantar integrada com varanda, cozinha, área de serviço, quarto de serviço, banheiro de serviço e *hall* social.

Figura 8 – Fachada frontal do empreendimento – Obra 2



Fonte: Construtora (2023)

Figura 9 – Apartamento Tipo 1 de 141m² – Obra 2



Fonte: Construtora (2023)

Figura 10 – Apartamento Tipo 2 de 166m² – Obra 2



Fonte: Construtora (2023)

3.2 Classificação da pesquisa

A escolha desses dois empreendimentos foi definida com o intuito de realizar um estudo de caso da aplicação da análise do valor agregado como ferramenta do gerenciamento de obras, pois em ambos os casos, tanto na Obra 1 quanto na Obra 2, essa técnica foi utilizada como uma metodologia padrão no sistema de gestão da construtora. Dito isso, é importante ressaltar que a escolha do método de estudo de caso pode utilizar a situação de um único ou de múltiplos ambientes, estabelecendo de antemão as similaridades entre eles e, a partir daí, tentar definir as bases para generalização (YIN, 2001; FACHIN, 2001; MILES; HUBERMAN, 1994).

Segundo Silveira e Córdova (2009), o estudo de caso tem o fito de descobrir em profundidade o como e o porquê de um determinado problema no qual o pesquisador não deve interferir sobre o objeto a ser estudado. Dessa maneira, deverão ser levantadas todas as documentações e comprovações necessárias à pesquisa de forma que não se tenha inclinações persuasivas que interfiram nos resultados do estudo, prezando, assim, pela imparcialidade durante todo o processo.

Segundo Yin (2015), quando se escolhe o estudo de caso como metodologia de pesquisa, é necessário definir estratégias de investigação, principalmente qualitativas, para mapear, descrever e analisar o caso em seu contexto e, além disso, compreender a correlação desse com o fenômeno em questão, de forma que se contribua para o conhecimento de características importantes dos eventos vivenciados. O autor acrescenta ainda que essa metodologia tem por objetivo investigar um fenômeno contemporâneo, no contexto do mundo real, principalmente quando a correlação entre os dois não estão claras.

Dito isso, conforme salientado anteriormente, essa pesquisa foi desenvolvida com o fito de avaliar a eficácia da utilização da análise do valor agregado como ferramenta de gestão de obras. Dessa maneira, buscou-se compreender esse fenômeno a partir da caracterização qualitativa e quantitativa do emprego dessa técnica em dois ambientes amostrais diferentes, de forma que os dados coletados em cada um deles servissem de base interpretativa para os resultados da pesquisa.

Para Holanda e Riccio (2001), nos modelos qualitativos devem-se fazer análises mais robustas e com profundidade técnica e descritiva, enquanto nos quantitativos, as inferências são feitas basicamente a partir das amostras escolhidas. Já Silveira e Córdova (2009) acrescentam que na pesquisa qualitativa existe uma preocupação incipiente na compreensão social do fenômeno de forma a buscar o porquê das coisas, mas sem quantificar os valores

incorridos de cada acontecimento. Enquanto a pesquisa quantitativa preza pela objetividade e, assim, concentra-se basicamente na coleta e análise de dados.

Segundo Ramos *et al.* (2014), as metodologias de investigação constituem-se como um conjunto formado por todas as unidades de análise ou ainda por todas as características que são de interesse relevante à pesquisa, porém, somado a isso, a coleta de dados é fundamental para qualquer formulação empírica. Nessa perspectiva, Yin (2015) ressalta que existem três princípios fundamentais para aumentar a eficácia da coleta de dados, de forma que se consiga uma maior confiabilidade no estudo, são eles:

- Diversificar as fontes de evidência;
- Armazenar, de forma organizada, as evidências coletadas em um banco de dados;
- Deixar claro a correlação das evidências e o impacto delas nos resultados do estudo.

Após feito o levantamento quantitativo dos dados, sendo esses obtidos a partir principalmente de documentos, planilhas, entrevistas e observações diretas, posteriormente, foi feita uma investigação qualitativa dessas evidências. No tocante a essa análise, Ramos e Narajo (2014) ressaltam as suas principais características:

- Emprega metodologias prioritariamente qualitativas;
- Enfatiza os aspectos que não são sensíveis ao volume quantitativo;
- Preza pela substituição de explicações científicas pela compreensão e pelo significado dos fenômenos estudados;
- Utiliza a comunicação horizontal entre os eventos investigados e o investigador;
- Reitera a máxima de que o subjetivo é o alicerce para a transformar a realidade social.

Ressalta-se que além dos dados coletados diretamente das duas obras, os quais concentram-se principalmente nos documentos que abordam o planejamento, o orçamento e o controle desses empreendimentos, a pesquisa feita durante o desenvolvimento do referencial teórico do presente estudo também pode ser considerada como uma fonte de evidências técnicas

que fundamentam o assunto objeto de estudo e, além disso, permitem compreender novos fenômenos que por ventura possam ser descobertos durante a pesquisa.

Dito isso, é importante esclarecer que além das similaridades físicas e construtivas observadas nos dois empreendimentos, ambos tiveram seus planejamentos executivos fundamentados nas mesmas metodologias, tanto em relação a sua forma de controle: físico-financeira, como também às suas respectivas visualizações gráficas: linha de balanço. Além disso, a orçamentação das duas obras foi realizada com composições de custo do próprio banco da construtora, portanto, as atividades continuaram tendo a mesma previsão de consumo de cada insumo, porém, com diferentes preços unitários devido a variação temporal entre as obras ou ainda o emprego de metodologias construtivas diferentes que foram definidas durante a execução.

Sendo assim, por meio do desenvolvimento desse estudo de caso espera-se compreender como a utilização da análise do valor agregado impactou na gestão dessas obras e se ela foi uma ferramenta eficaz para o bom gerenciamento dessas. Além disso, a partir das evidências coletadas em cada um dos empreendimentos espera-se compreender, também, a relação entre o orçamento, o planejamento e a aplicação do EVM.

3.3 Coleta de dados

A estratégia utilizada para a coleta de dados dessa pesquisa fundamentou-se em duas vertentes, cada uma delas visando a melhor obtenção das informações e considerando durante a execução dessa etapa, a especificidade de cada obra a ser analisada. Assim, conforme dito anteriormente, a metodologia escolhida para esse trabalho foi o estudo de caso, dessa maneira, segundo Duarte e Barros (2006), esse tipo de pesquisa se utiliza principalmente de seis fontes distintas de informação: documentos, registros em arquivos, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos.

Para a Obra 1, tendo em vista que a mesma já havia sido finalizada alguns anos antes da realização desse estudo, a maioria das informações obtidas foram extraídas basicamente dos documentos disponibilizados pelo setor de planejamento e controle da construtora, são eles: Planejamento executivo em linha de balanço, orçamento analítico e planilhas de controle mensais operadas no *software Excel*. Dessa maneira, para essa amostra, devido à impossibilidade de se avaliar em tempo presente a qualidade das informações obtidas no campo e posteriormente registradas nos documentos de controle, a etapa de coleta dos dados necessitou de habilidades específicas do pesquisador para com o tema, de forma que, quando necessário, fossem eliminadas tanto possíveis redundâncias nas informações como também

possíveis incompatibilidades com as premissas de aplicação da análise do valor agregado que foram explicitadas anteriormente nesse estudo na seção do referencial teórico.

Os dados obtidos para essa obra contemplam todo o horizonte de sua construção, conforme citado anteriormente, de Junho de 2014 a Agosto de 2017, ou seja, desde as fases iniciais de execução até a fase final de entrega das unidades privativas, compreendendo ao todo 39 meses de obra e, portanto, um arsenal diversificado de informações a serem coletadas e posteriormente analisadas. Dessa maneira, para essa amostra, teve-se um maior apelo quantitativo durante a aplicação metodológica da pesquisa, tanto devido as limitações temporais citadas anteriormente, quanto pela menor quantidade de ferramentas auxiliares utilizadas durante a gestão daquele período que corroborassem para os objetivos da pesquisa.

No tocante a Obra 2, além dos dados coletados também serem obtidos a partir de documentos disponibilizados pela empresa: Planejamento executivo em linha de balanço, orçamento analítico e planilhas de controle mensais operadas no *software* Excel, devido principalmente à contemporaneidade da execução da obra com a elaboração da pesquisa, foi possível, também, realizar observações diretas no canteiro, extrair dados do ERP (*Enterprise Resource Planning*) utilizado pela construtora e, por fim, tanto entrevistar os gestores engajados na administração dessa obra como consultar arquivos auxiliares de desempenho de custo e de prazo desse empreendimento.

Para essa segunda amostra, os dados foram obtidos entre os meses de abril de 2022 e abril de 2023, totalizando, mais precisamente, 12 meses de obra. Durante esse período, a construtora incorporou algumas modificações na gestão de custo e de prazo dos seus empreendimentos em construção, visando o amadurecendo da forma de aplicação da análise do valor agregado e tomando partido de várias análises qualitativas que até então não eram feitas, fato que contribui tanto para os objetivos da pesquisa como também para a exploração de novos resultados e discussões, conforme serão observados posteriormente.

3.4 Análise de Dados

Concluída a etapa de coleta dos dados das duas obras, a partir das variadas fontes supracitadas, foi possível realizar um tratamento preliminar nesses elementos, com o fito de otimizar o controle, a manipulação e o armazenamento dessas informações, de maneira tal que cada um desses dados fossem segmentados em seu respectivo grupo - conforme a figura 4 ilustrada anteriormente - e, assim, os parâmetros do EVM fossem formulados de maneira fidedigna ao que a literatura descreve, facilitando, dessa forma, alcançar os objetivos da

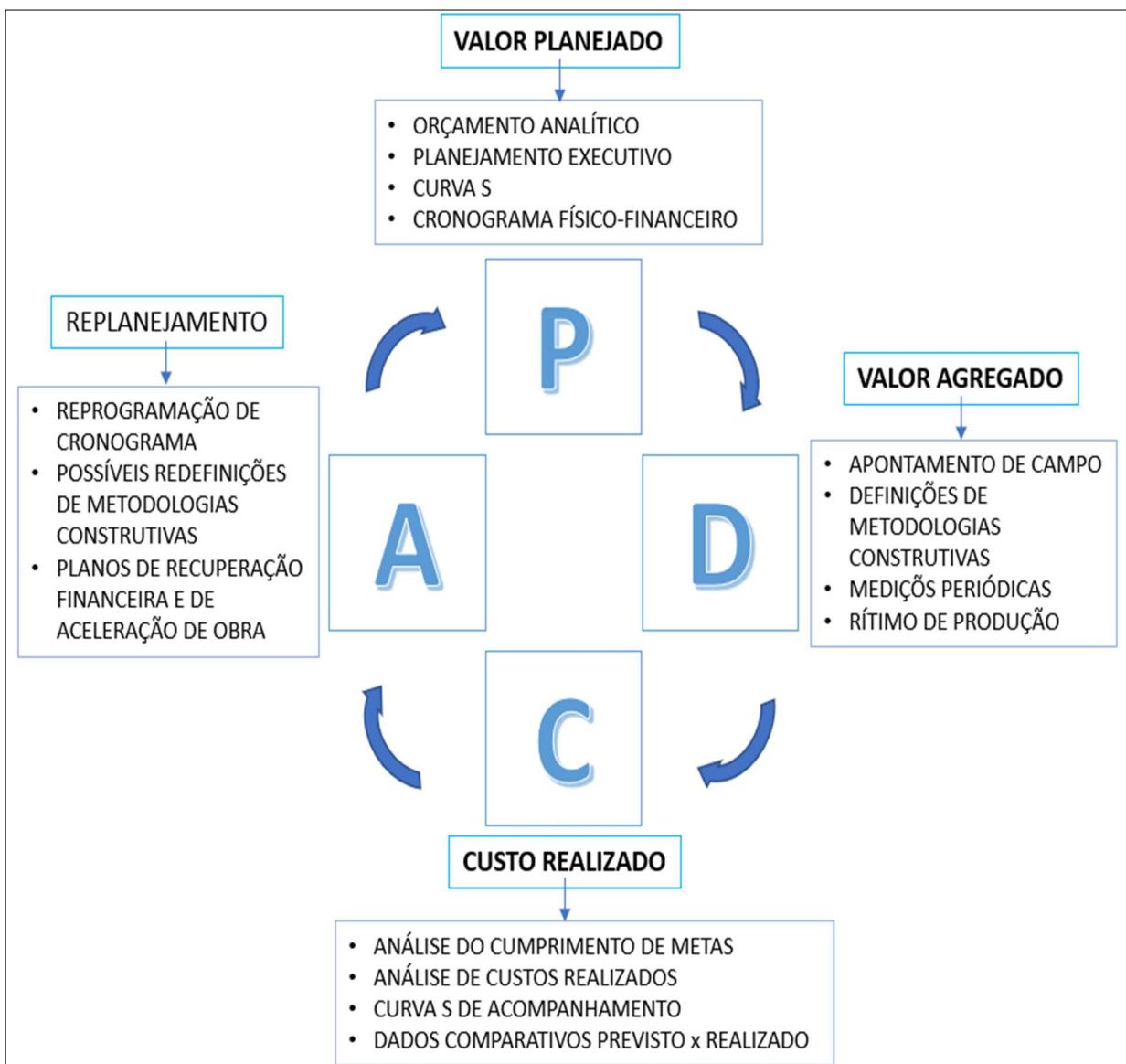
pesquisa e, além disso, visualizar o efeito que a utilização da análise do valor agregado traz à gestão dessas obras.

Além disso, a partir da apresentação dos resultados obtidos durante o desenvolvimento da pesquisa foi possível levantar discussões que sejam pertinentes a devida compreensão do tema estudado. Sendo assim, inicialmente será ilustrada como era feita a aplicação do EVM nas duas obras, mediante o manuseio, principalmente, do orçamento e do planejamento. Em seguida, serão explanados os dados de controle gerenciados pelo setor de PCP da construtora, os quais fornecem informações periódicas acerca do desempenho dos empreendimentos.

Feita essa caracterização das principais fontes que nutrem o gerenciamento do valor agregado, será possível desenvolver os parâmetros dessa metodologia conforme foi elucidado anteriormente durante a etapa de referencial teórico. Dessa maneira, a partir deles, será avaliado e discutido tanto o efeito que a utilização dessa técnica causou durante a administração da execução dos empreendimentos estudados, assim como, será aferido se a ferramenta foi eficaz em gerar a previsibilidade do desempenho de prazo e de custo das obras. Por fim, serão elencadas algumas dificuldades encontradas durante o desenvolvimento da pesquisa, de forma a ilustrar, também, possíveis limitações e obstáculos observados durante a utilização desse método.

É importante ressaltar que as informações que resultaram dessa etapa do trabalho, tanto na obra já finalizada como na que ainda estava em construção, foram computadas de forma periódica, pois a partir dos avanços apontados durante a execução do empreendimento, os indicadores eram retroalimentados, semelhante ao que prega a logística do sistema PDCA que é formado por quatro ações: Planejar (P), Desempenhar (D), Checar (C) e Agir (A). A Figura 11 ilustra de forma esquemática e detalhada algumas das fontes consultadas durante essa etapa de coleta dos dados, bem como a correlação dessas tanto com a modelagem dos parâmetros do EVM como também com o ciclo PDCA.

Figura 11 – Coleta de dados do EVM e a relação com o ciclo PDCA



Fonte: Autor (2023)

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A metodologia de planejamento utilizada nas duas obras era o planejamento físico-financeiro montado através da linha de balanço. Essa técnica tanto é fundamentada nas premissas de utilização do EVM, como também incorpora diversos princípios da construção enxuta, conforme explanado anteriormente. Dessa maneira, foi de suma importância para o estudo do método, avaliar o orçamento sintético de cada empreendimento, o planejamento de início e de término das atividades, assim como também, os dados financeiros incorridos ao longo da execução dos empreendimentos, a fim de que fosse possível avaliar todas as fontes de dados necessários à formação dos parâmetros do EVM.

4.1 Estudo de caso – Obra 1

Para que seja possível elaborar um planejamento físico financeiro de um empreendimento, é necessário que se tenha em mãos duas informações: o custo de execução de cada atividade, valores que estão previstos no orçamento; e o planejamento das datas de início e de término de cada uma dessas tarefas. Assim sendo, será apresentado a seguir as informações preliminares que estruturaram a aplicação do EVM na Obra 1.

4.1.1 Dados de entrada

No intuito de simplificar a visualização do orçamento, será explicitada a estrutura analítica na qual todas as atividades da obra foram agrupadas sinteticamente em Macroetapas com suas respectivas previsões de custo.

Tabela 1 – Estrutura analítica orçamentária – Obra 1

ITEM	MACROETAPA	CUSTO PREVISTO	PESO
1	SUPERESTRUTURA	R\$ 7.605.563,86	19,29%
2	INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS	R\$ 7.091.995,35	17,99%
3	DESPESAS INDIRETAS	R\$ 6.455.526,94	16,37%
4	REVESTIMENTOS	R\$ 3.382.487,65	8,58%
5	ESQUADRIAS	R\$ 3.321.674,88	8,43%
6	FUNDAÇÕES	R\$ 2.332.306,05	5,92%
7	PAVIMENTAÇÃO	R\$ 1.855.452,00	4,71%
8	COMPLEMENTOS DE OBRA	R\$ 1.376.803,21	3,49%
9	PAREDES E PAINÉIS	R\$ 1.364.931,65	3,46%
10	CONTENÇÃO	R\$ 1.306.542,98	3,31%
11	TRATAMENTOS	R\$ 887.686,20	2,25%
12	SERVIÇOS PRELIMINARES E GERAIS	R\$ 763.907,32	1,94%

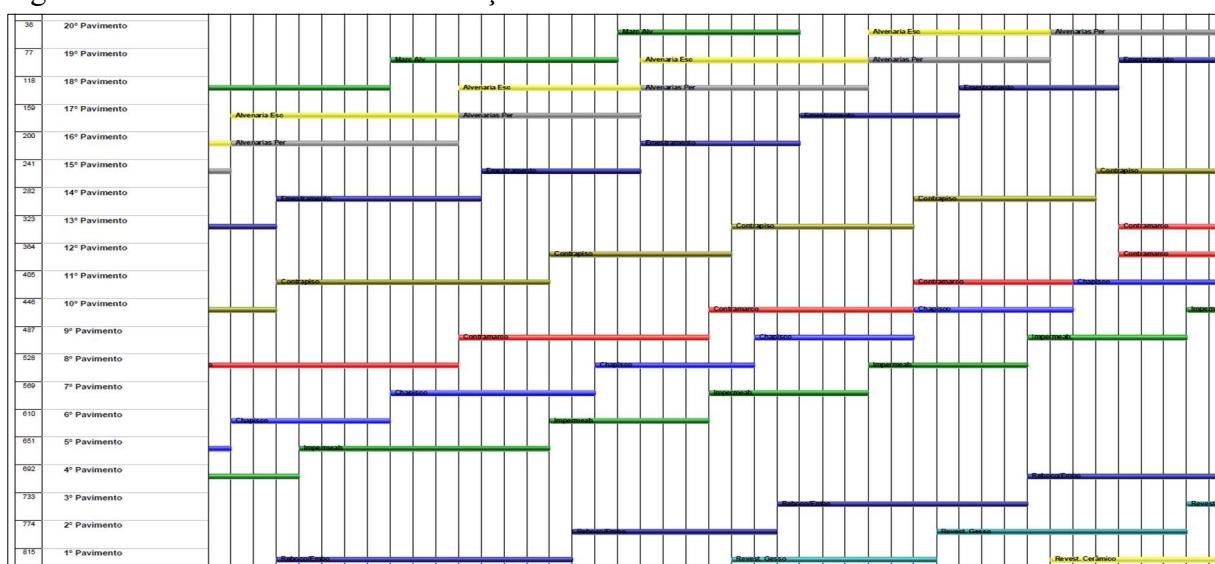
13	PINTURA	R\$	719.956,59	1,83%
14	FORRO	R\$	400.596,91	1,02%
15	RODAPÉ, SOLEIRAS E PEITORIL	R\$	309.434,88	0,78%
16	MOVIMENTO DE TERRA	R\$	123.677,68	0,31%
17	LAJE VALTERRANA	R\$	78.292,43	0,20%
18	COBERTAS	R\$	47.275,41	0,12%
	TOTAL	R\$	39.424.111,99	

Fonte: Autor (2023)

A seguir, será ilustrada a técnica de linha de balanço utilizada para a elaboração do planejamento, neste caso será feito um recorte do cronograma elaborado no *Software Ms Project®* no qual diversas informações são incorporadas às atividades, tais como: data de início, data de término, custo previsto, recursos de material, de mão de obra etc.

É importante salientar, conforme já mencionado anteriormente, que para a utilização da linha de balanço como metodologia de planejamento, é fundamental que seja adotada a logística de trabalho de pacotes de serviço, sendo assim, em vez de no planejamento ser ilustrado cada atividade separadamente, devem ser elencados os pacotes de serviços, nos quais são aglutinados serviços de menor duração, na figura abaixo podem ser vistos alguns desses: estrutura, marcação de alvenaria, elevação de alvenaria da escada, elevação de alvenarias periféricas, emestramento, contrapiso etc. Dessa maneira, a partir da devida construção desses pacotes, busca-se manter uma duração similar entre eles, fato que corrobora, dentre outros aspectos, tanto para melhorar a visualização do planejamento, como também para garantir o fluxo contínuo de execução das atividades.

Figura 12 – Recorte de linha de balanço – Obra 1



Fonte: Construtora (2023).

A partir das informações de custo e da previsão de início e de término de cada um dos pacotes de serviço, foi possível gerar a linha de base da Obra 1 e, consequentemente, formatar a Curva S de linha de base desse empreendimento. Dessa forma, conforme será ilustrado mais a frente, existirá uma meta de avanço mensal que a obra tem como objetivo atingir e um respectivo orçamento previsto para alcançar essa meta. Esses dados serviram de referencial de prazo e de custo durante todo o horizonte de execução da obra e, consequentemente da pesquisa, pois dizem respeito aos valores planejados (VP).

Além disso, é importante ressaltar que a construtora adota pulmões de prazo em seus planejamentos, prevendo possíveis atrasos, greves sindicais e outros empecilhos extraordinários que venham a comprometer a entrega do empreendimento. Dessa maneira, para a Obra 1, foram estabelecidos três meses de pulmão, de forma que o prazo de entrega interno era fevereiro de 2023 e o prazo de entrega acordado com os clientes era maio de 2023. Sendo assim, todas as atividades necessárias à execução do empreendimento foram diluídas no planejamento respeitando os 33 meses previstos inicialmente, de forma que atendesse a data limite acordada internamente e que a princípio não fosse necessário consumir o pulmão.

Dito isso, o valor planejado para ser agregado em cada período mensal é formado pelo somatório do custo orçado de todas as atividades que estão agendadas para serem realizadas naquele respectivo mês. Dessa maneira, a Tabela 2 ilustra tanto o avanço físico planejado mensal como o acumulado da Obra 1. Além disso também são explicitados os valores financeiros estimados para alcançar esses respectivos avanços.

Tabela 2 – Valores Planejados – Obra 1

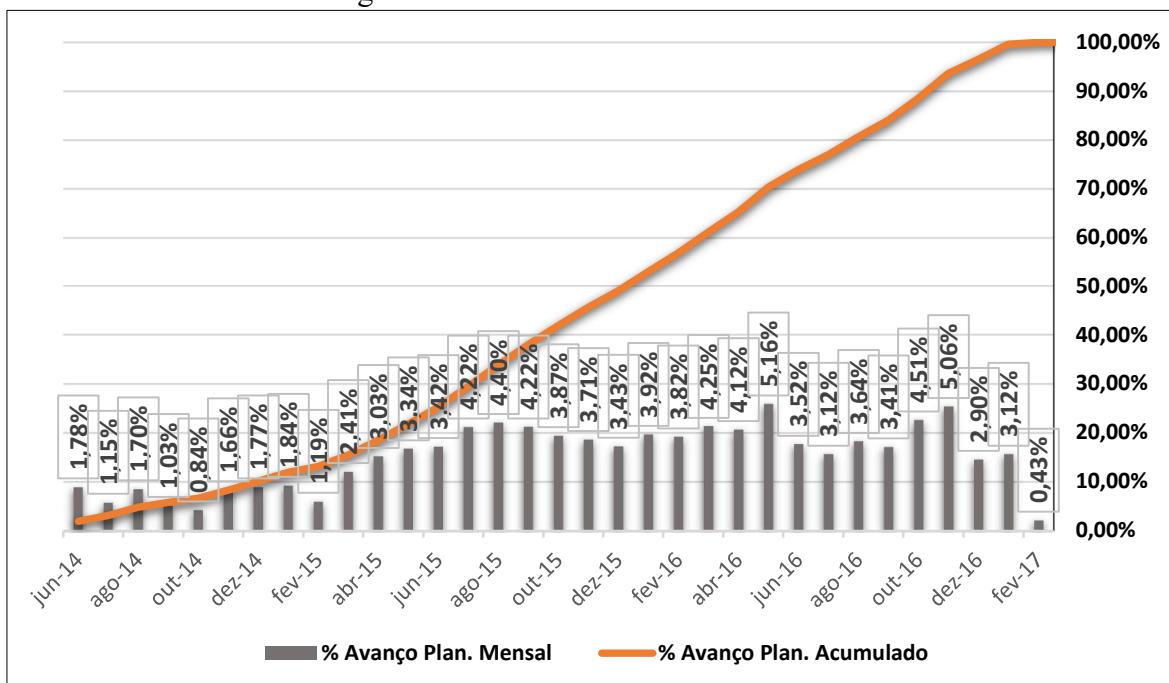
MÊS	Pfp (%)	Pfp Acum. (%)	VP (R\$)	VP Acum. (R\$)
jun-14	1,78%	1,78%	R\$ 700.132,80	R\$ 700.132,80
jul-14	1,15%	2,93%	R\$ 453.101,32	R\$ 1.153.234,12
ago-14	1,70%	4,62%	R\$ 670.052,21	R\$ 1.823.286,33
set-14	1,03%	5,65%	R\$ 405.437,57	R\$ 2.228.723,90
out-14	0,84%	6,50%	R\$ 332.778,93	R\$ 2.561.502,83
nov-14	1,66%	8,16%	R\$ 655.780,68	R\$ 3.217.283,51
dez-14	1,77%	9,93%	R\$ 699.462,59	R\$ 3.916.746,10
jan-15	1,84%	11,78%	R\$ 726.034,45	R\$ 4.642.780,55
fev-15	1,19%	12,97%	R\$ 468.870,96	R\$ 5.111.651,51
mar-15	2,41%	15,37%	R\$ 948.780,68	R\$ 6.060.432,19
abr-15	3,03%	18,40%	R\$ 1.193.013,05	R\$ 7.253.445,24
mai-15	3,34%	21,74%	R\$ 1.316.686,49	R\$ 8.570.131,74
jun-15	3,42%	25,16%	R\$ 1.349.053,69	R\$ 9.919.185,42
jul-15	4,22%	29,38%	R\$ 1.663.934,07	R\$ 11.583.119,50
ago-15	4,40%	33,78%	R\$ 1.736.080,20	R\$ 13.319.199,69
set-15	4,22%	38,01%	R\$ 1.665.353,34	R\$ 14.984.553,03
out-15	3,87%	41,88%	R\$ 1.524.333,29	R\$ 16.508.886,32

nov-15	3,71%	45,58%	R\$ 1.462.437,43	R\$ 17.971.323,75
dez-15	3,43%	49,02%	R\$ 1.354.178,82	R\$ 19.325.502,58
jan-16	3,92%	52,94%	R\$ 1.546.607,91	R\$ 20.872.110,49
fev-16	3,82%	56,77%	R\$ 1.507.104,95	R\$ 22.379.215,44
mar-16	4,25%	61,02%	R\$ 1.675.643,03	R\$ 24.054.858,48
abr-16	4,12%	65,13%	R\$ 1.623.406,08	R\$ 25.678.264,56
mai-16	5,16%	70,30%	R\$ 2.035.664,02	R\$ 27.713.928,58
jun-16	3,52%	73,82%	R\$ 1.388.990,31	R\$ 29.102.918,90
jul-16	3,12%	76,94%	R\$ 1.228.810,15	R\$ 30.331.729,04
ago-16	3,64%	80,58%	R\$ 1.435.392,49	R\$ 31.767.121,54
set-16	3,41%	83,99%	R\$ 1.343.376,62	R\$ 33.110.498,15
out-16	4,51%	88,50%	R\$ 1.778.106,30	R\$ 34.888.604,45
nov-16	5,06%	93,55%	R\$ 1.993.992,74	R\$ 36.882.597,19
dez-16	2,90%	96,46%	R\$ 1.144.994,48	R\$ 38.027.591,67
jan-17	3,12%	99,57%	R\$ 1.228.061,09	R\$ 39.255.652,76
fev-17	0,43%	100,00%	R\$ 168.459,23	R\$ 39.424.111,99
mar-17	0,00%	100,00%	R\$ -	R\$ 39.424.111,99
abr-17	0,00%	100,00%	R\$ -	R\$ 39.424.111,99
mai-17	0,00%	100,00%	R\$ -	R\$ 39.424.111,99

Fonte: Autor (2023)

A partir dos valores planejados ilustrados na Tabela 2, foi possível construir a Curva S de linha de base da Obra 1, a qual explana graficamente no eixo X os meses previstos para executar o empreendimento e no eixo Y tem-se duas informações, as barras verticais e a linha laranja, as quais dizem respeito, respectivamente, aos valores planejados de avanço mensal e de avanço acumulado.

Gráfico 1 – Curva S e histograma de linha de base – Obra 1



Fonte: Autor (2023)

Tendo em vista que a Obra 1 já havia sido concluída, seria possível aferir o desempenho do projeto em qualquer um dos meses de sua execução. No entanto, para que essa análise seja mais sucinta e didática, ela será dividida em três datas de *status*, as quais, em cada uma delas, serão modelados e interpretados os principais parâmetros do EVM de forma que se possa entender o que cada um deles está diagnosticando sobre a obra naquele determinado período.

É válido relembrar que os avanços realizados em uma obra geralmente não seguem uma linearidade. Assim, na maioria das vezes, o início é composto pela execução de poucos serviços, logo depois, próximo a metade do prazo previsto do projeto, o ritmo se intensifica, sendo executadas em paralelo uma maior variabilidade de atividades dentro do canteiro e, por fim, se encaminhando para a conclusão da obra, a quantidade de serviços decresce, voltando a um ritmo de execução mais devagar. Dessa maneira, quando esses avanços periódicos são plotados em um gráfico de linha, eles seguem, na maioria das vezes, uma distribuição normal, ou também conhecida graficamente como Curva de Gauss (MATTOS, 2010). Esse fenômeno pode ser observado não somente quando se avalia o trabalho realizado, ou seja, quando a unidade gerenciada é a homem-hora (hh), mas também ao ser avaliado o desembolso previsto durante cada período do projeto, sendo o valor financeiro das atividades a unidade de medida controlada.

Sendo assim, quanto maior é o avanço percentual previsto de um determinado mês, maior é o custo total planejado para executar as atividades nesse mesmo período e, por consequência disso, maior é o valor que se espera agregar com a execução dessas tarefas. Diante disso, para que a análise da Obra 1 contemple os diferentes cenários observados durante toda a sua execução, conforme salientado anteriormente, o estudo do modelo será feito espaçadamente em três datas de *status*, mais precisamente nos meses 11, 22 e 33, a partir dos quais serão coletadas todas as informações necessárias a modelagem dos principais parâmetros do EVM.

Para que a caracterização desses três períodos fosse iniciada, primeiro foram levantados os dados de entrada que servem de base para a implementação do modelo, ou seja, conforme visto anteriormente, são: o Valor Planejado (VP), Valor Agregado (VA) e o Custo Realizado (CR). As duas primeiras medidas demandam a utilização do valor do Orçamento no Término e, além disso, os respectivos percentuais de avanço, sendo para o VP o percentual planejado, advindos da linha de base, já para o VA o percentual realizado, computado a partir das medições periódicas . Já a terceira medida, o CR, é um pouco mais trabalhosa de ser coletada, pois além de demandar informações de vários setores da empresa, também depende

da metodologia que é aplicada para fazer o tratamento dos dados financeiros, ou seja, qual o raciocínio adotado para se definir quais são os custos incorridos que estão de fato sendo convertidos em agregação de valor para a obra e, assim, estão sendo apropriados para aquele período.

Dessa maneira, a Tabela 3 abaixo ilustra o ONT da Obra 1, o qual está de acordo com o somatório do valor previsto de todas as Macroetapas da Tabela 1. Além dessa, as Tabelas 5, 6 e 7 apresentam os valores planejados (VP) e os valores agregados (VA) de cada mês analisado, respectivamente. O CR será explicitado logo em seguida, haja vista que seu procedimento de coleta e de apropriação demandará um maior detalhamento durante a explicação.

Tabela 3 – Orçamento no Término – Obra 1

SIGLA	NOMENCLATURA	DESCRÍÇÃO	VALOR
ONT ₁	Orçamento no Término	É o somatório de todos os custos previstos em orçamento para execução da Obra 1.	R\$ 39.424.111,99

Fonte: Autor (2023)

É válido relembrar que, conforme já mencionado na etapa de referencial teórico, para o cálculo do VP de cada data de *status* é necessário multiplicar o ONT pelo respectivo percentual físico planejado acumulado (Pfp Acum.) que foi definido na linha de base e que estão descritos na Tabela 2. Já para o cálculo do VA é necessário multiplicar o ONT pelo percentual físico realizado acumulado (Pfr Acum.) de cada mês em que está sendo analisado, esses valores podem ser consultados na Tabela 4 a seguir, cuja coleta se deu a partir das medições periódicas realizadas durante a execução da Obra 1.

Tabela 4 – Avanços realizados – Obra 1

MÊS	Pfr (%)	Pfr Acum. (%)	VA (R\$)	VA Acum. (R\$)
jun-14	1,72%	1,72%	R\$ 679.553,42	R\$ 679.553,42
jul-14	1,24%	2,96%	R\$ 489.292,65	R\$ 1.168.846,07
ago-14	1,37%	4,34%	R\$ 540.938,24	R\$ 1.709.784,31
set-14	1,11%	5,45%	R\$ 437.134,55	R\$ 2.146.918,87
out-14	1,24%	6,68%	R\$ 488.188,78	R\$ 2.635.107,65
nov-14	0,66%	7,34%	R\$ 259.962,59	R\$ 2.895.070,24
dez-14	1,36%	8,70%	R\$ 535.852,53	R\$ 3.430.922,77
jan-15	1,19%	9,90%	R\$ 470.999,87	R\$ 3.901.922,64
fev-15	0,98%	10,87%	R\$ 385.252,42	R\$ 4.287.175,06
mar-15	0,70%	11,57%	R\$ 274.786,06	R\$ 4.561.961,12
abr-15	2,62%	14,19%	R\$ 1.033.976,19	R\$ 5.595.937,30
mai-15	0,71%	14,91%	R\$ 281.409,31	R\$ 5.877.346,62
jun-15	0,69%	15,60%	R\$ 273.563,91	R\$ 6.150.910,53

jul-15	3,50%	19,10%	R\$	1.379.016,01	R\$	7.529.926,54
ago-15	2,45%	21,55%	R\$	964.865,72	R\$	8.494.792,26
set-15	3,20%	24,75%	R\$	1.262.557,19	R\$	9.757.349,45
out-15	4,00%	28,75%	R\$	1.575.663,48	R\$	11.333.012,93
nov-15	3,74%	32,48%	R\$	1.473.791,58	R\$	12.806.804,51
dez-15	2,97%	35,45%	R\$	1.170.935,55	R\$	13.977.740,06
jan-16	4,06%	39,51%	R\$	1.599.475,65	R\$	15.577.215,71
fev-16	3,39%	42,90%	R\$	1.335.728,34	R\$	16.912.944,04
mar-16	3,38%	46,28%	R\$	1.333.205,20	R\$	18.246.149,24
abr-16	1,48%	47,76%	R\$	582.806,65	R\$	18.828.955,89
mai-16	2,26%	50,02%	R\$	890.984,93	R\$	19.719.940,82
jun-16	4,50%	54,52%	R\$	1.774.085,04	R\$	21.494.025,86
jul-16	5,18%	59,70%	R\$	2.042.169,00	R\$	23.536.194,86
ago-16	4,11%	63,81%	R\$	1.620.331,00	R\$	25.156.525,86
set-16	4,88%	68,69%	R\$	1.923.896,67	R\$	27.080.422,53
out-16	4,06%	72,75%	R\$	1.600.618,95	R\$	28.681.041,47
nov-16	4,16%	76,91%	R\$	1.640.043,06	R\$	30.321.084,53
dez-16	4,62%	81,53%	R\$	1.821.393,97	R\$	32.142.478,51
jan-17	4,56%	86,09%	R\$	1.797.739,51	R\$	33.940.218,01
fev-17	2,95%	89,04%	R\$	1.163.011,30	R\$	35.103.229,32
mar-17	2,51%	91,55%	R\$	989.545,21	R\$	36.092.774,53
abr-17	1,71%	93,26%	R\$	674.152,32	R\$	36.766.926,84
mai-17	2,20%	95,46%	R\$	867.330,46	R\$	37.634.257,31
jun-17	1,99%	97,45%	R\$	784.539,83	R\$	38.418.797,13
jul-17	0,49%	97,94%	R\$	193.178,15	R\$	38.611.975,28
ago-17	2,06%	100,00%	R\$	812.136,71	R\$	39.424.111,99

Fonte: Autor (2023)

Tabela 5 – Parâmetros de valor – Obra 1 – Mês 11

DATA DE STATUS 1 - MÊS 11				
SIGLA	NOMENCLATURA	DESCRÍÇÃO	VALOR	
VP	Valor Planejado	VP = ONT x Pfp	R\$	7.253.445,24
VA	Valor Agregado	VA = ONT x Pfr	R\$	5.595.937,30

Fonte: Autor (2023)

Tabela 6 – Parâmetros de valor – Obra 1 – Mês 22.

DATA DE STATUS 2 - MÊS 22				
SIGLA	NOMENCLATURA	DESCRÍÇÃO	VALOR	
VP	Valor Planejado	VP = ONT x Pfp	R\$	24.054.858,48
VA	Valor Agregado	VA = ONT x Pfr	R\$	18.246.149,24

Fonte: Autor (2023)

Tabela 7 – Parâmetros de valor – Obra 1 – Mês 33.

DATA DE STATUS 3 - MÊS 33				
SIGLA	NOMENCLATURA	DESCRIÇÃO	VALOR	
VP	Valor Planejado	VP = ONT x Pfp	R\$	39.424.111,99
VA	Valor Agregado	VA = ONT x Pfr	R\$	35.103.229,32

Fonte: Autor (2023)

Mesmo ainda não sendo coletados os valores dos custos incorridos nos respectivos meses de análise, já se observa um desvio recorrente entre os valores planejados e os valores agregados, dessa forma, conforme visto na literatura, essa defasagem já é um indicador de que a obra está avançando em um ritmo diferente daquilo que estava previsto, ou seja, o que está sendo agregado não está atendendo ao que foi planejado na linha de base para que o projeto fosse concluído dentro do prazo esperado. Essa tese irá ficar ainda mais clara quando forem modelados os indicadores de desempenho, os parâmetros de variação e de estimativa.

Prosseguindo com o levantamento dos dados de entrada foi necessário avaliar detalhadamente o que compunha o valor apropriado do custo incorrido em cada mês, para que mais a frente esse dado fosse comparado com os valores agregados de cada período. Dessa maneira, foi observado que a apropriação do custo realizado mensal definido pela construtora se dava a partir de valores advindos de cinco diferentes grupos financeiros e que todos esses dados poderiam ser extraídos automaticamente do sistema de gestão integrada utilizado pela empresa, são eles:

1. Pagamento de serviços que foram realizados no mês (A);
2. Pagamento de materiais que foram consumidos no mês (B);
3. Custos de passivos trabalhistas (C);
4. Pagamentos retidos de fornecedores, mesmo que eles já tivessem realizado o serviço ou fornecido os materiais (D);
5. Pagamentos adiantados a fornecedores antes que eles tenham realizado o serviço ou fornecido os materiais (E);
6. Valor financeiro total de todos os materiais contidos no estoque (F).

Diante disso, o Custo Realizado (CR) gerenciado mensalmente pela construtora obedecia a seguinte equação:

$$CR = (A) + (B) + (C) + (D) - (E) - (F) \quad (13)$$

Em diversas ocasiões esse tratamento feito para a apropriação do custo realizado é negligenciado pelos gestores que utilizam o EVM o que ocasiona a formação de um valor que não condiz com o gasto realizado e que foi efetivamente convertido em valor agregado ao projeto. Isso acontece, na maioria das vezes, pois a literatura não é clara quanto ao ensino desse tratamento dos valores financeiros, cenário que corrobora para que não se tenha um procedimento padrão que possa ser adotado pelos gestores e, assim, cada um execute da sua maneira.

No entanto, embasada na logística do *Lean Thinking*, a equação proposta e utilizada pela construtora do estudo de caso em questão indica que devem ser subtraídos do CR todos aqueles custos que não estão sendo convertidos valor agregado naquele período, ou por não terem sido ainda realizadas as atividades que gerem avanço na obra, ou por não terem sido consumidos os materiais que sirvam de insumo para execução dos serviços, portanto, em resumo, se um determinado custo realizado não está contribuindo para o fluxo de agregação de valor, não deve ser contabilizado no montante do CR.

Dito isso, a partir da coleta de cada um desses dados, os quais foram extraídos do ERP utilizado pela construtora e fornecidos para o desenvolvimento da pesquisa por meio de planilhas do *Microsoft Excel®*, foi possível fazer o tratamento dos gastos incorridos nas três datas de controle e, assim, apropriar os custos realizados para cada um dos meses de análise, conforme estão expostos nas tabelas a seguir.

Tabela 8 – Custo realizado – Obra 1 – Mês 11.

DATA DE STATUS 3 - MÊS 11			
SIGLA	NOMENCLATURA	Descrição	VALOR
CR	Custo Realizado	Somatório de todos os custos que agregaram valor à obra até a data de status.	R\$ 5.765.777,26

Fonte: Autor (2023)

Tabela 9 – Custo Realizado – Obra 1 – Mês 22.

DATA DE STATUS 3 - MÊS 22			
SIGLA	NOMENCLATURA	Descrição	VALOR
CR	Custo Realizado	Somatório de todos os custos que agregaram valor à obra até a data de status.	R\$ 18.468.889,67

Fonte: Autor (2023)

Tabela 10 – Custo Realizado – Obra 1 – Mês 33.

DATA DE STATUS 3 - MÊS 33			
SIGLA	NOMENCLATURA	DESCRIÇÃO	VALOR
CR	Custo Realizado	Somatório de todos os custos que agregaram valor à obra até a data de status.	R\$ 37.049.369,67

Fonte: Autor (2023)

4.1.2 Modelagem dos Parâmetros

Com os devidos valores dos dados de entrada, VA, VP e CR foi possível modelar os principais parâmetros do EVM, visando o fornecimento de informações que fossem tanto essenciais ao diagnóstico do desempenho da obra como também à tomada de decisão dos gestores.

4.1.2.1 Indicadores de desempenho

Para a modelagem do IDP, é feita a razão entre o valor agregado e o valor planejado até a data de *status*, tais valores foram calculados anteriormente e apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7. A partir deles foi feita a Tabela 11 a qual apresenta o IDP das três datas de controle aferidas na Obra 1.

Tabela 11 – Índice de Desempenho de Prazo – Obra 1

PERÍODO	VALOR PLANEJADO	VALOR AGREGADO	IDP
MÊS 11	R\$ 7.253.445,24	R\$ 5.595.937,30	0,771
MÊS 22	R\$ 24.054.858,48	R\$ 18.246.149,24	0,759
MÊS 33	R\$ 39.424.111,99	R\$ 35.103.229,32	0,890

Fonte: Autor (2023).

Quando o IDP resulta em um valor menor que 1, como são os casos observados acima, isso significa que a obra está atrasada, ou seja, está se agregando um valor, inferior ao que havia sido planejado. Ainda que as datas avaliadas contemplam cenários diferentes de obra e que tenha ocorrido uma melhora gradual desse indicador durante os três meses levantados, o indicador de prazo aferido perdurava abaixo de 1, indicando que ainda seria necessário continuar adotando medidas que mitigassem o atraso da obra.

Já para o IDC, haja vista que os custos das atividades são definidos a partir do orçamento base, com o passar do tempo esses valores vão se tornando obsoletos. Por conta disso, a construtora optou por fazer, nesse caso, a atualização mensal do orçamento pelo INCC (Índice Nacional da Construção Civil), de forma que o valor a ser agregado pelas tarefas executadas esteja sempre atualizado para o mês corrente em que será feita a comparação com o custo realizado.

Dessa maneira, o Valor Agregado (VA) utilizado no cálculo do IDC, diferentemente do IDP, é formado pelo somatório dos custos das atividades realizadas, porém, atualizados pelo INCC. Esse índice é divulgado mensalmente pela Fundação Getúlio Vargas e é utilizado como um indicador econômico que corrige o custo das atividades de construção residenciais, a sua coleta é feita entre os dias 21 do mês anterior e 20 do mês de referência. A Tabela 12 elenca os valores de INCC de referência utilizados nas três datas de análise da Obra 1 e a Tabela 13 ilustra o procedimento de atualização do orçamento, o qual é corrigido a partir ONT base definido no Mês 1 e demonstrado na Tabela 1. Após feita essa correção, haverá um ONT de referência para cada data de *status*, os quais serão posteriormente multiplicados pelos respectivos Pfr de cada mês e assim calculados os valores agregados que serão utilizados no cálculo do IDC para cada data de controle.

Tabela 12 – INCC – Obra 1

MÊS	INCC
01	590,099
11	615,248
22	655,263
33	691,792

Fonte: Autor (2023)

Tabela 13 – Atualização orçamentária – Obra 1

(A)	(B)	(C)	(D)
MÊS	ÍNDICE (i)	INCC DO MÊS	ONT ATUALIZADO
jun-14	1	590,099	R\$39.424.111,99
abr-15	2	615,248	R\$41.104.299,54
mar-16	3	655,263	R\$43.777.674,42
fev-17	4	691,792	R\$46.218.152,01

Fonte: Autor (2023)

A Equação 18 demonstra a rotina de cálculo de como é feita a atualização orçamentária a partir do INCC que resultou nos valores de ONT Atualizados apresentados na Tabela 13.

$$D_i = D_1 * (C_i / C_1) \quad (18)$$

Onde:

D_i é o orçamento atualizado referente ao mês i ;

D_1 é o orçamento base referente ao mês 1;

C_i é o INCC de referência no mês i ;

C_1 é o INCC de referência do mês.

Sendo assim, definidos os valores de orçamento atualizados para cada data de *status* conforme ilustra a Tabela 13 e consultando os percentuais de avanço realizado acumulado para cada um dos respectivos períodos de interesse a partir da Tabela 4, foi calculado o VA em cada data de controle, conforme é ilustrado na Tabela 14 a seguir:

Tabela 14 – Valor agregado atualizado – Obra 1

MÊS	ONT	Pfr Acum. (%)	VA
11	R\$ 41.104.299,54	14,19%	R\$ 5.834.426,49
22	R\$ 43.777.674,42	46,28%	R\$ 20.261.051,94
33	R\$ 46.218.152,01	89,04%	R\$ 41.152.642,55

Fonte: Autor (2023)

De posse dos valores agregados explicitados na Tabela 14 e dos custos realizados apresentados nas Tabelas 8, 9 e 10, foi calculado o IDC para cada uma das datas de *status*, conforme pode ser visualizado na Tabela 15 a seguir. De acordo com os resultados calculados no IDC pode-se perceber que o projeto denota uma tendência de economia crescente.

Tabela 15 – Índice de Desempenho de Custo – Obra 1

PERÍODO	VALOR AGREGADO	CUSTO REALIZADO	IDC
MÊS 11	R\$ 5.834.426,49	R\$ 5.765.777,26	1,012
MÊS 22	R\$ 20.261.051,94	R\$ 18.468.889,67	1,097
MÊS 33	R\$ 41.152.642,55	R\$ 37.049.369,67	1,111

Fonte: Autor (2023)

Um dos benefícios da utilização do EVM é ter previsibilidade do desempenho de um projeto desde os primeiros períodos de sua execução. No caso do IDP, já no Mês 11, fase inicial da obra, pôde ser observado o atraso que estava ocorrendo sem que fosse necessário aguardar uma data posterior e mais próxima do prazo limite. Dessa maneira, no mês 33, último período previsto para a conclusão da obra, o atraso ainda não havia sido sanado, pois o IDP continuou menor que 1, fato que reforçou o alerta de que a obra tinha grandes chances de ser entregue após o prazo planejado e, portanto, seria necessário adotar mais medidas de aceleração de obra, visando combater o atraso aferido desde o início mas que ainda perdurava.

Em contrapartida, o desempenho de custo calculado alcançou resultados positivos, haja vista que, conforme pode ser visualizado na Tabela 15, os valores obtidos ficaram acima de 1, ou seja, o custo realizado foi menor que o valor agregado. Diante desse cenário, a obra apresentava um bom desempenho de custo, haja vista que, assim como o IDC já indicava, a execução do empreendimento estava sendo realizada desembolsando menos que o previsto para realizar as atividades e, assim, estava sendo projetada uma economia em relação ao orçamento. É importante ressaltar que a atualização orçamentária adotada pela construtora, conforme elucidada anteriormente, era feita a partir do INCC e tinha o fito de corrigir os valores das atividades. Dessa maneira, essa correção corroborava para que o CR e o VA fossem comparados em um mesmo período, não havendo, dessa maneira, depreciação em nenhum dos dois valores e, portanto, o comparativo de ambos se dava em valores presentes.

4.1.2.2 Variação de custo

Tendo em vista os indicadores de desempenho de custo coletados anteriormente, os quais todos resultaram em valores positivos e crescentes ao longo dos meses, já era esperado que as variações de custo também apresentassem o mesmo comportamento, ou seja, exprimindo uma economia para a obra, conforme pode ser observado na Tabela 16.

Tabela 16 – Variação de Custo – Obra 1

MÊS	VALOR AGREGADO	CUSTO REALIZADO	VC
11	R\$ 5.834.426,49	R\$ 5.765.777,26	R\$ 68.649,23
22	R\$ 20.261.051,94	R\$ 18.468.889,67	R\$ 1.792.162,27
33	R\$ 41.152.642,55	R\$ 37.049.369,67	R\$ 4.103.272,88

Fonte: Autor (2023).

4.1.2.3 Estimativa de custo

Os parâmetros de estimativa de custo podem ser levantados, principalmente, sob três cenários: otimista, realista e pessimista. Dessa maneira, tendo em vista o bom desempenho de custo já observado anteriormente no IDC e na VC, pôde-se fazer as estimativas do quanto, de fato, iria custar o projeto e, além disso, avaliar se aconteceria realmente uma economia em relação ao orçamento e de quanto seria ela ao final da execução da obra. É válido relembrar que, assim como já explicitado anteriormente, devido a logística adotada pela empresa de fazer a atualização integral do orçamento pelo INCC a cada mês, tem-se um ONT diferente que serve de referência para cada mês.

Tabela 17 – Estimativa Para o Término – Obra 1

ONT BASE: R\$ 39.424.111,99		ESTIMATIVA PARA O TÉRMINO			
MÊS	% AUMENTO INCC	ONT REFERÊNCIA	OTIMISTA	REALISTA	PESSIMISTA
11	0,62%	R\$ 41.104.299,54	R\$ 35.269.873,05	R\$ 34.854.879,49	R\$ 45.178.840,67
22	0,54%	R\$ 43.777.674,42	R\$ 23.516.622,48	R\$ 21.436.493,39	R\$ 28.260.857,01
33	0,41%	R\$ 46.218.152,01	R\$ 5.065.509,46	R\$ 4.560.434,54	R\$ 5.121.781,83

Fonte: Autor (2023)

Sendo assim, primeiramente foi necessário calcular a Estimativa Para o Término (EPT) nas três datas de status, conforme é mostrado na Tabela 17. Em seguida, foram somados a esses valores, os custos incorridos até cada mês, conforme podem ser consultados nas Tabelas 8, 9 e 10 para, assim, encontrar a Estimativa no Término (ENT), conforme ilustrado na Tabela 18.

Tabela 18 – Estimativa No Término – Obra 1

MÊS	OTIMISTA	REALISTA	PESSIMISTA
11 R\$	41.035.650,31 R\$	40.620.656,75 R\$	50.944.617,93
22 R\$	41.985.512,15 R\$	39.905.383,06 R\$	46.729.746,68
33 R\$	42.114.879,13 R\$	41.609.804,21 R\$	42.171.151,50

Fonte: Autor (2023)

É interessante perceber que tanto na EPT quanto na ENT o cenário realista retornou um valor menor do que o cenário otimista, ou seja, indicando que seria necessário realizar um menor dispêndio financeiro para a conclusão da obra. Isso acontece pois, assim como ilustrado anteriormente, a situação realista leva em consideração o IDC aferido na data de *status* enquanto a otimista não faz essa consideração. Dessa maneira, como o IDC da Obra 1 apresentou valores acima de 1, foi incorporada à estimativa realista, uma tendência de realizar um custo ainda menor do que aquele previsto no cenário otimista, haja vista que a primeira considera o IDC no seu cálculo e a segunda não, conforme pode ser visto no item 2.5.1 do referencial teórico desse trabalho.

No entanto, quando avaliado o cenário pessimista, no qual é ponderado tanto o desempenho de prazo quanto o de custo da obra, ou seja, utiliza em seu cálculo tanto o IDC quanto o IDP, a estimativa torna-se, para este caso, mais conservadora, pois apesar do bom resultado apresentado pela obra no quesito financeiro, o mesmo não aconteceu quando o desempenho de prazo foi avaliado. Dessa maneira, seria de extrema importância considerar também os possíveis custos provenientes dos atrasos que já vinham sendo sinalizados pelo IDP.

Outro fator que corroborou para interpretação de que o cenário pessimista, nesse caso, fosse o mais aconselhável para ser adotado, é a avaliação do EPT no trigésimo terceiro mês. Apesar de essa ser a data limite para o término da obra, conforme pode ser observado na Tabela 18, essa estimativa indicou que ainda seria necessário realizar um custo considerável resultante das atividades que ainda não haviam sido realizadas, fato que reiterou a possibilidade iminente de atraso da obra, fato que, dentre outras conclusões, serviu de alerta para que os gestores da obra pudessem se precaver financeiramente para administrar os possíveis custos advindos desses atrasos.

4.1.2.4 Estimativa de prazo

As estimativas levantadas referentes ao prazo do projeto buscam mensurar a quantidade de tempo que será necessário para concluir o empreendimento. Dessa maneira, essas projeções estão intimamente ligadas ao desempenho que a obra vem apresentado no que diz respeito ao prazo de conclusão das atividades. Sendo assim, conforme pode ser observado na Tabela 9, o indicador de prazo coletado em cada uma das três datas de análise, por serem menor do que um, indicam que a obra terá atraso, porém, quando avaliado isoladamente, não é suficiente para informar a quantidade desse.

Diante disso, conforme visto na literatura explicitada anteriormente, quando é feita a razão do tempo total previsto do projeto pelo respectivo IDP da data de *status*, pode-se estimar, na realidade, o quanto irá durar a execução do empreendimento. Essas projeções podem ser visualizadas na Tabela 19 e, reiterando o raciocínio mencionado anteriormente, como o Mês 11 apresentou o menor IDP dentre as três datas avaliadas, esse período resultou na maior estimativa de tempo no término (ETT), ou seja, foi o período no qual a obra atingiu o pior desempenho no que diz respeito ao prazo.

Tabela 19 – Estimativa de Tempo No Término – Obra 1

MÊS	ETT
11	43 MESES
22	44 MESES
33	38 MESES

Fonte: Autor (2023)

Ademais, tendo em vista o deficiente desempenho de prazo que a execução do empreendimento vinha apresentando, seria de suma importância para os gestores avaliar quanto tempo seria necessário para concluir a obra após o término previsto. Dessa maneira, foi calculada a ETT em cada data de controle e assim fazer uma projeção do estouro de prazo do projeto, conforme pode ser visualizado na Tabela 20. É válido relembrar que, assim como na ETT, o prazo estimado para o término (PEPT) é inversamente proporcional ao IDP, ou seja, quanto menor esse indicador é na data de *status*, estima-se que mais tempo seja necessário para concluir o projeto em relação ao prazo limite. Dessa maneira, pelo mesmo motivo mencionado na ETT, o Mês 22 também apresentou o maior PEPT.

Tabela 20 – Prazo Estimado Para o Término – Obra 1

MÊS	PEPT
11	10 MESES
22	11 MESES
33	5 MESES

Fonte: Autor (2023)

É importante destacar que assim como ocorreu nos indicadores de desempenho, as estimativas também indicaram uma melhora no decorrer da execução do projeto, haja vista que no Mês 22 a obra iria ser concluída 11 meses após o prazo previsto e no Mês 33 esse tempo foi reduzido para apenas 5 meses. Dessa maneira, apesar de ainda haver o estouro de prazo, as medidas que foram tomadas durante a execução puderam mitigar significativamente esse atraso. Sendo assim, a estimativa no Mês 33 apontava que os três meses de pulmão que foram adotados para Obra 1 seriam consumidos e que além deles ainda seriam necessários mais 2 meses para a conclusão do empreendimento.

Após a modelagem dos indicadores e das estimativas, foi possível avaliar o *status* do projeto em diferentes cenários durante a execução do mesmo. Tendo em vista que o Mês 33 seria o marco limite planejado para a conclusão da obra, o Quadro 3 e o Quadro 4 foram feitos com o intuito de comparar o que estava sendo projetado para esse mês, com o que de fato foi realizado pela obra até a sua conclusão. Com isso, é possível avaliar se os parâmetros do EVM que foram utilizados estavam diagnosticando o desempenho de prazo e de custo da obra com coerência e, portanto, auxiliando os gestores de forma eficaz nas tomadas de decisão.

Quadro 5 – Comparativo de prazo – Obra 1

DURAÇÃO PLANEJADA NA LINHA DE BASE	DURAÇÃO TOTAL PROJETADA NO MÊS 33	DURAÇÃO TOTAL REAL
33 MESES	38 MESES	39 MESES
ATRASO TOTAL PROJETADO NO MÊS 33	ATRASO TOTAL REAL	
	5 MESES	6 MESES

Fonte: Autor (2023)

Quadro 6 – Comparativo de Custo – Obra 1

ORÇAMENTO BASE ATUALIZADO	CUSTO TOTAL PROJETADO NO MÊS 33 (CENÁRIO PESSIMISTA)	CUSTO TOTAL REAL (AO FINAL DO MÊS 33)
R\$ 47.458.333,39	R\$ 42.171.151,50	R\$ 44.531.946,94
MÊS DE REFERÊNCIA	ECONOMIA PROJETADA NO MÊS 33 NO (CENÁRIO PESSIMISTA)	ECONOMIA REAL (AO FINAL DO MÊS 33)
39	R\$ 5.287.181,89	R\$ 2.926.386,45

Fonte: Autor (2023)

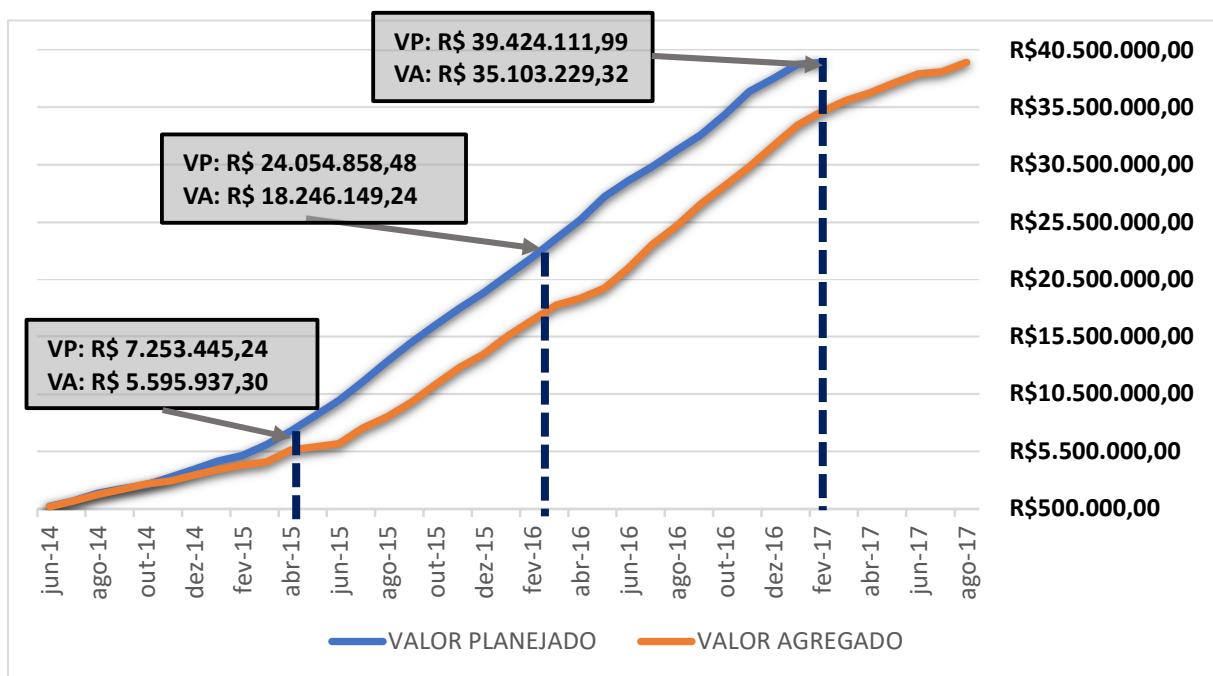
Diante desse comparativo, foi possível constatar que as estimativas modeladas a partir dos parâmetros de gerenciamento da análise do valor agregado da Obra 1 conseguiram prever tanto o atraso ocorrido, como também a economia alcançada em relação ao orçamento, conforme já era indicado desde o início de execução do empreendimento.

Uma outra forma de visualizar e de interpretar os dados coletados a partir da análise do valor agregado, conforme mencionado anteriormente, é a partir da plotagem da Curva S, na qual são embutidos, de forma cumulativa, os valores planejados, agregados e os custos realizados ao longo dos meses de execução da obra. A partir dessa ferramenta é possível identificar graficamente o desempenho que o projeto está alcançando em relação ao prazo e ao custo e, além disso, evidenciar quais os períodos em que os possíveis desvios estão ocorrendo.

Dessa maneira, os Gráficos 2 e 3 a seguir representam as duas Curvas S de controle que foram modeladas para a Obra 1. O primeiro diz respeito ao gerenciamento de prazo e o segundo ao de custo. Normalmente o VP, VA e CR são plotados todos em uma única curva, porém, conforme já explicado anteriormente, no caso da Obra 1, o VA da análise prazo é diferente da análise de custo, devido a segunda incorrer a correção do INCC.

Sendo assim, desde os primeiros meses de execução já podia ser visualizado um desvio em relação ao prazo, haja vista que o valor que vinha sendo agregado era menor que o valor planejado. Essa dissimetria pode ser observada nas 3 datas de *status*, assim como está destacado no Gráfico 2, dessa maneira, desde o início da execução da obra já era possível projetar antecipadamente o atraso da obra.

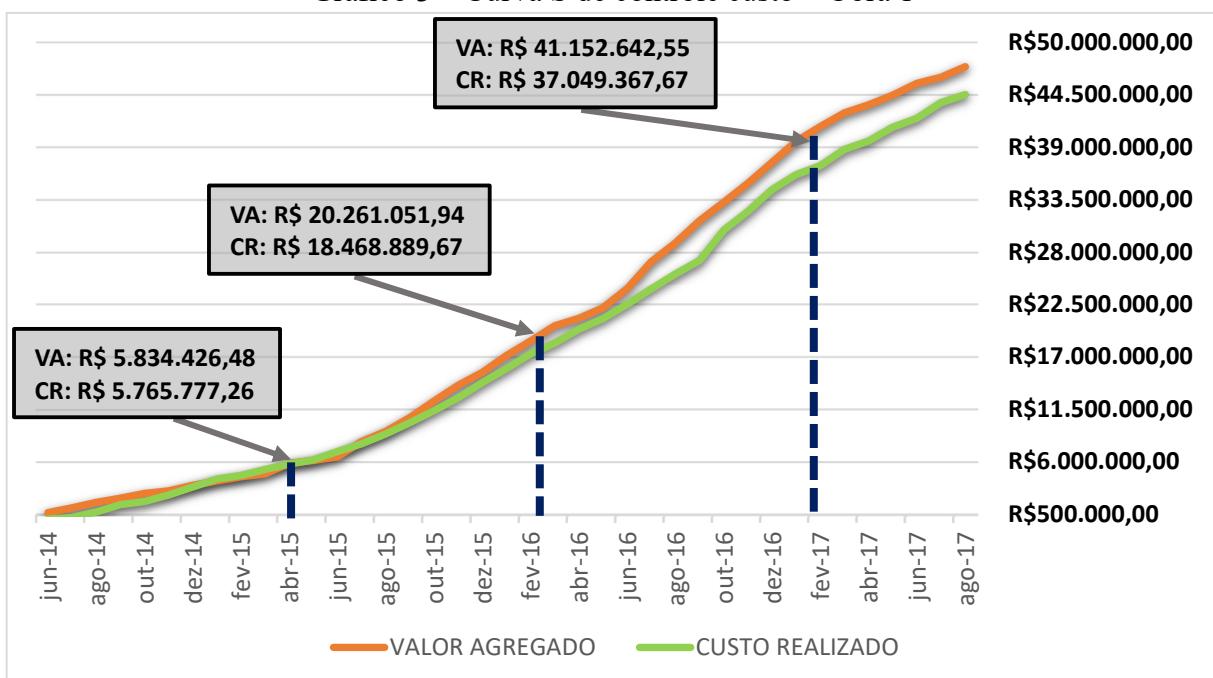
Gráfico 2 – Curva S de controle de prazo – Obra 1



Fonte: Autor (2023)

Em paralelo a isso, quando comparamos as curvas de valor agregado e custo realizado que estão plotadas no Gráfico 3, os primeiros dois terços de obra apresentaram resultados muito semelhantes para esses dois valores, diferentemente do terço final que apontou uma economia significativa e que se concretizou ao final da execução.

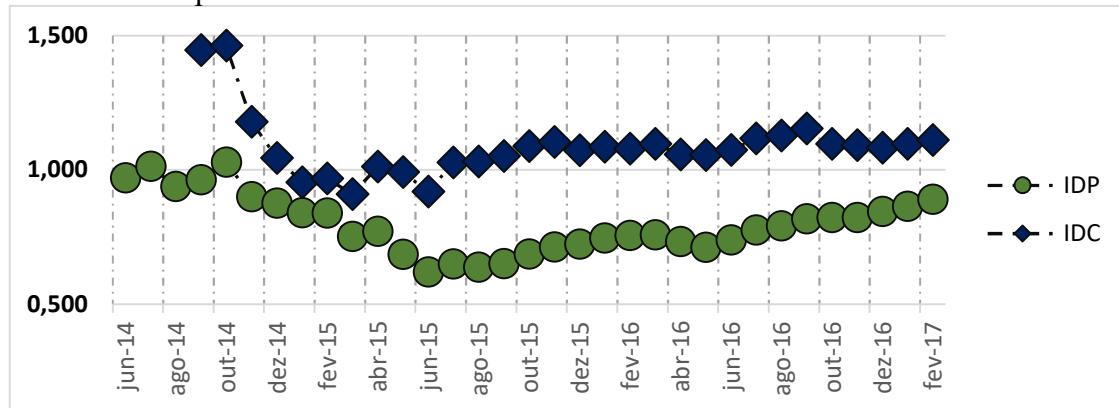
Gráfico 3 – Curva S de controle custo – Obra 1



Fonte: Autor (2023)

De forma sistemática, em concordância com os resultados aferidos nas Curvas S de controle, o Gráfico 4 foi modelado com o intuito de destacar os indicadores de desempenho que foram coletados ao longo da execução da Obra 1, visando contribuir tanto com o entendimento da correlação existente entre os parâmetros concebidos pelo EVM como também reafirmando a previsibilidade que é gerada pela coleta e gerenciamento desses. Dessa maneira, além dos apontamentos feitos por outras ferramentas já elucidadas anteriormente, os gestores puderam ter, por meio do Gráfico 4, um panorama longitudinal do desempenho que a obra vinha atingindo mensalmente, no qual mostrou-se, em sua maioria, positivo em relação a sua performance financeira e negativo no quesito de cumprimento dos prazos.

Gráfico 4 – Acompanhamento mensal de indicadores – Obra 1



Fonte: Autor (2023)

É válido ressaltar que nos três primeiros meses de obra: Junho, Julho e Agosto de 2014, respectivamente, o IDC foi retirado do gráfico pois incorreram em valores muito altos, ou seja, estava-se computando grandes avanços de obra e, em contrapartida, desembolsando valores muito abaixo do que estava previsto para a execução dessas atividades. Diante disso, após feita uma varredura detalhada nas planilhas de controle, foram detectados alguns equívocos tanto no apontamento dos custos realizados, como também nas medições periódicas, cenário que tornou o indicador de custo desses primeiros meses de obra improcedente e, portanto, teve que ser retirado da análise e consequentemente da plotagem do gráfico.

4.2 Estudo de Caso – Obra 2

Semelhante à estrutura que foi implementada durante a aplicação da metodologia utilizada na Obra 1, o estudo de caso realizado na Obra 2 também foi iniciado a partir da análise do planejamento físico financeiro feito para esse empreendimento, sendo assim, a partir dele

foi possível fazer o levantamento dos dados de entrada necessários ao EVM. Ademais, conforme já elucidado anteriormente, nesse segundo estudo foram implementadas algumas análises qualitativas que aprofundaram o controle de prazo e, principalmente de custo da Obra 2, cenário que será melhor detalhado no decorrer das próximas seções da pesquisa.

Outrossim, é válido relembrar que nessa segunda oportunidade foram acompanhados 12 meses de obra, os quais puderam contemplar a execução de somente uma parcela dos serviços. Sendo assim, nesse segundo caso, não são apresentados os resultados finais da obra, dessa maneira, poder-se-á avaliar o que os parâmetros do EVM estão indicando, após um ano de construção, a partir dos parâmetros e das estimativas modeladas e, além disso, quais os efeitos que o diagnóstico aferido pela técnica acarreta ao gerenciamento da obra.

4.2.1 Dados de entrada

A Tabela 21 apesenta as Macroetapas nas quais todas as atividades previstas para serem executadas na Obra 2 encontram-se distribuídas. A partir dessa estrutura analítica na qual o orçamento foi compactado é que serão apontados tanto os avanços do projeto como também controlados e mapeados os possíveis desvios de prazo e de custo que porventura foram encontrados durante o período em que a pesquisa foi feita.

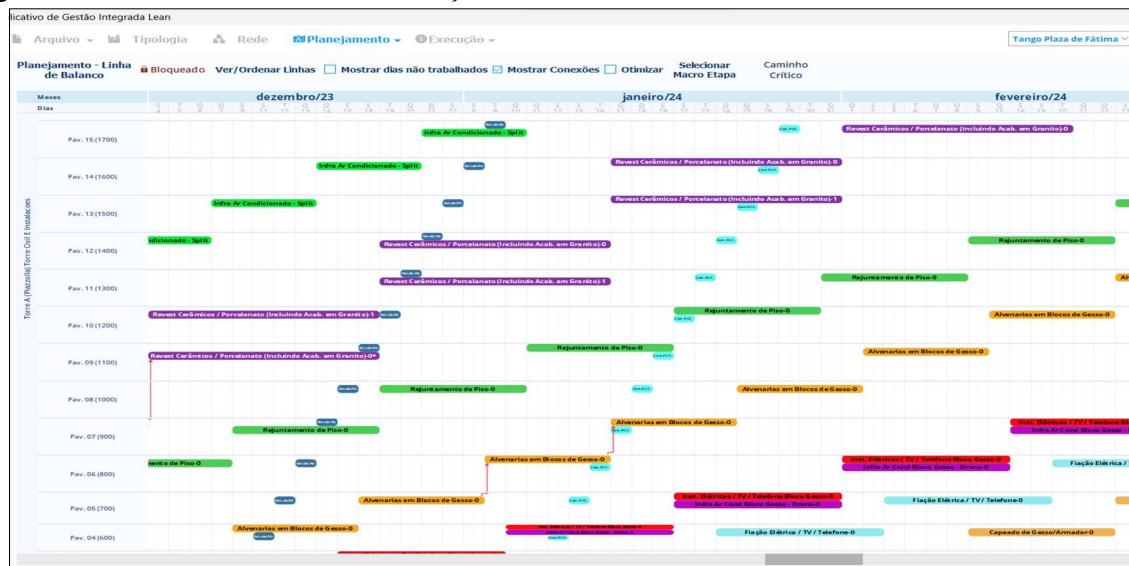
Tabela 21 – Estrutura analítica orçamentária – Obra 2

ITEM	MACROETAPA	CUSTO PREVISTO	PESO
1	SUPERESTRUTURA	R\$ 11.168.214,13	18,84%
2	DESPESAS INDIRETAS	R\$ 11.104.009,21	18,73%
3	ESQUADRIAS	R\$ 7.047.412,20	11,89%
4	INSTALAÇÕES	R\$ 6.828.771,66	11,52%
5	FACHADA	R\$ 4.373.025,07	7,38%
6	REVESTIMENTO CERÂMICO / PORCELANATO	R\$ 2.464.564,58	4,16%
7	PAREDES E PAINÉIS	R\$ 2.363.137,74	3,99%
8	AQUISIÇÕES	R\$ 2.338.654,10	3,95%
9	REVESTIMENTOS INTERNOS	R\$ 2.284.777,02	3,85%
10	FUNDAÇÃO	R\$ 1.961.269,86	3,31%
11	CONTENÇÃO	R\$ 1.531.671,34	2,58%
12	SERVIÇOS COMPLEMENTARES	R\$ 1.254.717,80	2,12%
13	PINTURA	R\$ 1.191.663,84	2,01%
14	PAVIMENTAÇÃO	R\$ 906.083,66	1,53%
15	IMPERMEABILIZAÇÃO E TRATAMENTOS	R\$ 808.209,38	1,36%
16	BANCADA/BALCÃO/PEITORIL/CHAPIM	R\$ 444.113,62	0,75%
17	FORRO	R\$ 401.236,58	0,68%
18	LIMPEZA	R\$ 315.006,55	0,53%
19	MOVIMENTO DE TERRA	R\$ 278.699,98	0,47%
20	REJUNTAMENTO	R\$ 213.334,17	0,36%
TOTAL		R\$ 59.278.572,49	

Fonte: Autor (2023)

O planejamento da Obra 2, conforme já mencionado anteriormente, também foi feito em linha de balanço, metodologia que foi cada vez mais incorporada aos cronogramas de obras da construtora ao longo dos últimos anos. Dessa maneira, a Figura 13 ilustra um recorte do planejamento elaborado para essa obra, o qual foi feito no *software* Agilean®, que é um programa especializado para elaboração de planejamentos em linha de balanço, facilitando, dessa forma, a visualização do cronograma e as futuras reprogramações de obra, fato que constata a adoção de uma nova ferramenta a ser utilizada na rotina dos gestores de obra.

Figura 13 – Recorte de linha de balanço – Obra 2



Fonte: Construtora (2023).

É interessante ressaltar que essa nova ferramenta possibilitou que os gestores pudessem controlar o planejamento em linha de balanço de forma dinâmica, ou seja, de acordo com o apontamento feito nas medições periódicas, o cronograma era retroalimentado automaticamente, de forma que fosse possível visualizar, em tempo real, qual o valor que havia sido agregado até aquele momento. Essa informação era coletada de forma rápida e acessível pois a unidade de medida utilizada nesse sistema para contabilizar o avanço do projeto já era o próprio custo monetário previsto de cada um dos pacotes de serviço. Dessa maneira, tanto a plataforma de planejamento utilizada como a própria logística de medição já corroborava para o gerenciamento do valor agregado.

Ademais, assim como ocorreu no caso anterior, no planejamento da Obra 2 também foram adotados alguns pulmões, de forma a se precaver, conforme dito anteriormente, de possíveis atrasos que venham a ocorrer por motivos externos que não dependem da produção da obra, como greves sindicais, por exemplo. Dessa maneira, além dos 40 meses que foram

planejados para a Obra 2, de Janeiro/23 a Abril/25, período no qual todas as atividades programadas para a execução do empreendimento foram distribuídas, foi adotado um pulmão de dois meses o qual resulta no prazo repassado aos clientes que é Junho/25. É válido reafirmar que o período previsto para o pulmão só pode ser consumido em situações devidamente justificadas, haja vista que ele é uma margem de segurança para que o prazo compromissado com o cliente não seja afetado, porém o prazo real que é tomado como meta para a obra são os 40 meses.

Cientes dessas considerações, a partir do planejamento elaborado pôde-se ter acesso tanto às datas de início e de término das atividades como também aos seus respectivos custos, informações que são fundamentais para a formulação do planejamento físico financeiro. De posse desses dados foi definida a linha de base da Obra 2, a qual contempla as metas mensais de avanço previstos para a Obra 2, ou seja, são os valores que deverão ser agregados em cada período de acordo com o cronograma elaborado, conforme são ilustrados na Tabela 22.

Tabela 22 – Valores Planejados – Obra 2

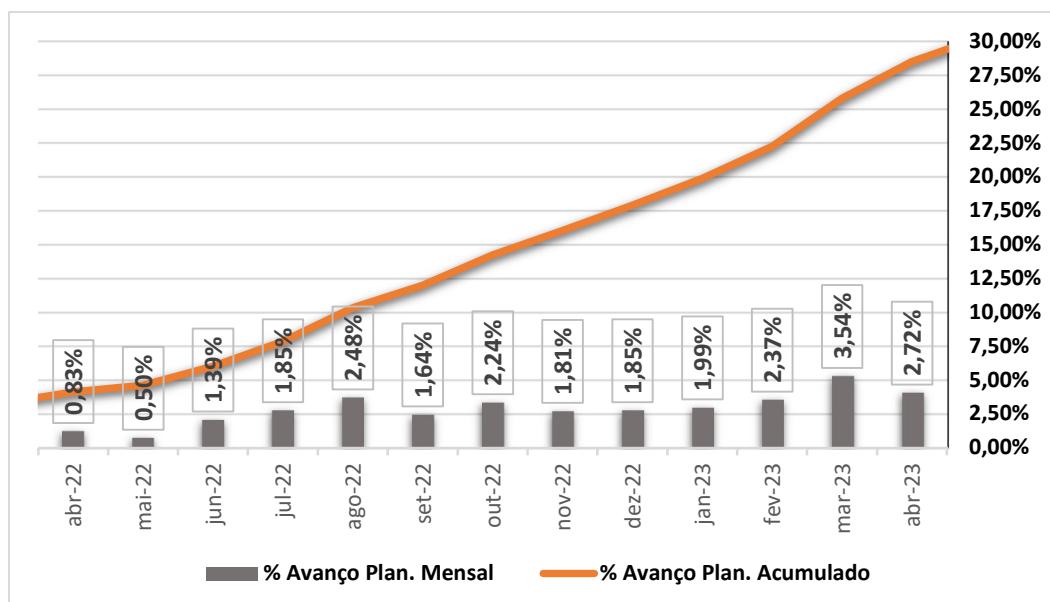
MÊS	Pfp (%)	Pfp Acum. (%)	VP (R\$)	VP Acum. (R\$)
jan-22	1,09%	1,09%	R\$ 646.136,44	R\$ 646.136,44
fev-22	1,09%	2,18%	R\$ 646.136,44	R\$ 1.292.272,88
mar-22	1,09%	3,28%	R\$ 646.136,44	R\$ 1.938.409,32
abr-22	0,83%	4,11%	R\$ 492.012,15	R\$ 2.430.421,47
mai-22	0,50%	4,61%	R\$ 296.392,86	R\$ 2.726.814,33
jun-22	1,39%	6,00%	R\$ 823.972,16	R\$ 3.550.786,49
jul-22	1,85%	7,85%	R\$ 1.096.653,59	R\$ 4.647.440,08
ago-22	2,48%	10,33%	R\$ 1.470.108,60	R\$ 6.117.548,67
set-22	1,64%	11,97%	R\$ 972.168,59	R\$ 7.089.717,26
out-22	2,24%	14,21%	R\$ 1.327.840,02	R\$ 8.417.557,28
nov-22	1,81%	16,02%	R\$ 1.072.942,16	R\$ 9.490.499,44
dez-22	1,85%	17,87%	R\$ 1.096.653,59	R\$ 10.587.153,03
jan-23	1,99%	19,86%	R\$ 1.179.643,59	R\$ 11.766.796,62
fev-23	2,37%	22,23%	R\$ 1.404.902,17	R\$ 13.171.698,79
mar-23	3,54%	25,77%	R\$ 2.098.461,46	R\$ 15.270.160,25
abr-23	2,72%	28,49%	R\$ 1.612.377,17	R\$ 16.882.537,42
mai-23	1,80%	30,29%	R\$ 1.067.014,30	R\$ 17.949.551,73
jun-23	2,95%	33,24%	R\$ 1.748.717,89	R\$ 19.698.269,61
jul-23	3,01%	36,25%	R\$ 1.784.285,03	R\$ 21.482.554,64
ago-23	2,67%	38,92%	R\$ 1.582.737,88	R\$ 23.065.292,52
set-23	2,36%	41,28%	R\$ 1.398.974,31	R\$ 24.464.266,83
out-23	2,39%	43,67%	R\$ 1.416.757,88	R\$ 25.881.024,71
nov-23	2,70%	46,37%	R\$ 1.600.521,46	R\$ 27.481.546,17
dez-23	3,82%	50,19%	R\$ 2.264.441,47	R\$ 29.745.987,64
jan-24	4,65%	54,84%	R\$ 2.756.453,62	R\$ 32.502.441,25
fev-24	3,27%	58,11%	R\$ 1.938.409,32	R\$ 34.440.850,57
mar-24	3,15%	61,26%	R\$ 1.867.275,03	R\$ 36.308.125,60
abr-24	3,18%	64,44%	R\$ 1.885.058,60	R\$ 38.193.184,20
mai-24	2,84%	67,28%	R\$ 1.683.511,46	R\$ 39.876.695,66
jun-24	4,68%	71,96%	R\$ 2.774.237,19	R\$ 42.650.932,85
jul-24	3,74%	75,70%	R\$ 2.217.018,61	R\$ 44.867.951,46

ago-24	2,90%	78,60%	R\$ 1.719.078,60	R\$ 46.587.030,06
set-24	2,40%	81,00%	R\$ 1.422.685,74	R\$ 48.009.715,79
out-24	4,61%	85,61%	R\$ 2.732.742,19	R\$ 50.742.457,98
nov-24	2,88%	88,49%	R\$ 1.707.222,89	R\$ 52.449.680,87
dez-24	2,29%	90,78%	R\$ 1.357.479,31	R\$ 53.807.160,18
jan-25	2,76%	93,54%	R\$ 1.636.088,60	R\$ 55.443.248,78
fev-25	2,44%	95,98%	R\$ 1.446.397,17	R\$ 56.889.645,94
mar-25	1,61%	97,59%	R\$ 954.385,02	R\$ 57.844.030,96
abr-25	2,42%	100,00%	R\$ 1.434.541,45	R\$ 59.278.572,41
mai-25	0,00%	100,00%	R\$ -	R\$ 59.278.572,41
jun-25	0,00%	100,00%	R\$ -	R\$ 59.278.572,41

Fonte: Autor (2023)

Devido a contemporaneidade da pesquisa e a execução da obra, assim como já informado anteriormente, o acompanhamento desse segundo estudo de caso foi feito durante um ano, mais precisamente entre os meses de Abril/22 e Abril/23. Dessa maneira, visando o enfoque do estudo somente para esse intervalo, e a partir dos valores da Tabela 18, foi possível construir o Gráfico 5, no qual são ilustrados tanto a Curva S como também o Histograma, ambos apresentam formas diferentes de visualizar os percentuais mensais de avanço previstos na linha de base para o intervalo estudado, porém, a primeira foi feita em gráfico de linha e traz consigo os valores acumulados, já o segundo, em gráfico de barras verticais, os valores absolutos mensais.

Gráfico 5 – Curva S e Histograma de Linha de Base – Obra 2



Fonte: Autor (2023)

É interessante perceber que, assim como já previsto na literatura, quanto menor for o período de controle a ser modelado na Curva S, menos sinuosidade terá a curva. Dessa maneira, como para Obra 2 serão avaliados os parâmetros do EVM somente para os 12 meses ilustrados acima, o formato da curva não se delineou tão bem como uma letra “S” assim como é visto comumente, porém esse comportamento já era esperado.

Outra característica importante que pode ser observada a partir da Curva S apresentada acima, é o ritmo de produção que é esboçado graficamente ao longo dos meses, o qual chama a atenção para a variabilidade dos percentuais de avanço previsto, que nos primeiros meses se dá de forma mais acelerada, depois mantém uma ligeira constância crescente e por fim volta a um ritmo acentuado novamente. A partir dessa avaliação pode-se notar que o fluxo de caixa a ser projetado para a obra tem de atender os mais variados cenários, ou seja, meses que demandam um gasto maior e outros menores.

Dando continuidade ao levantamento dos valores planejados para a Obra 2 que são necessários à modelagem dos parâmetros do EVM, os quais informam o valor do Orçamento no Término (ONT), os Valores Planejados (VP) e os Valores Agregados (VA) para os meses de Abril/22 e Abril/23, meses que serão as datas de *status* avaliadas na pesquisa e que configuram-se como o quarto e o décimo sexto mês planejados para execução da obra, respectivamente. A partir desses dados é possível caracterizar tanto os indicadores de desempenho como os parâmetros de variação e de estimativa da Obra 2, os quais são modelados nas seções a seguir. Porém, antes disso, serão explicitados os valores de ONT, de VP e de VA a serem utilizados para as duas datas de análise.

A logística de cálculo que é feita para a definição dos valores agregados e dos valores planejados da Obra 2, difere em alguns pontos do que foi utilizado para a Obra 1. Dentre eles, destaca-se a definição do ONT para cada mês, no qual foi feita uma atualização orçamentária para que fosse encontrado esse valor, apesar de também ser utilizado o INCC para fazer essa correção, ele não é aplicado em todo o montante do orçamento e sim, somente no saldo que resta de cada mês. Dessa maneira, ao final de cada período, após coletados os valores dos gastos mensais, a logística de atualização é executada, calculando, assim, o novo valor de orçamento que será utilizado como base de cálculo para os parâmetros do EVM.

A Tabela 20 apresenta como se deu o passo a passo dessa atualização desde o primeiro mês de obra e destaca o valor do ONT que foi calculado e que servirá de referência para as duas datas de *status* analisadas no estudo. É válido relembrar que o ONT utilizado para esses dois períodos precisa do valor utilizado nos meses imediatamente anteriores a eles, ou

seja, somente com o ONT de Março/22 e de Março/23 é que se poderá calcular qual o valor do saldo a ser atualizado para Abril/22 e Abril/23.

Tabela 23 – Orçamento no Término – Obra 2

(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
MÊS	ÍNDICE (i)	INCC DO MÊS	GASTO DO MÊS	SALDO DO ORÇAMENTO	SALDO ATUALIZADO	ORÇAMENTO ATUALIZADO
jan-22	1	962,321	R\$ 828.658,50	R\$58.449.913,91	R\$ 58.449.913,91	R\$59.278.572,41
fev-22	2	969,184	R\$ 675.823,71	R\$58.602.748,70	R\$ 59.020.686,86	R\$59.696.510,57
mar-22	3	972,904	R\$ 484.041,14	R\$59.212.469,43	R\$ 59.439.743,49	R\$59.923.784,63
abr-22	4	981,244	R\$ 733.854,83	R\$59.189.929,80	R\$ 59.697.322,12	R\$60.431.176,95
mai-22	5	990,543	R\$ 1.350.655,37	R\$59.080.521,58	R\$ 59.640.412,66	R\$60.991.068,03
jun-22	6	1.013,164	R\$ 1.038.802,49	R\$59.952.265,54	R\$ 61.321.393,59	R\$62.360.196,08
jul-22	7	1.034,824	R\$ 1.194.979,47	R\$61.165.216,61	R\$ 62.472.841,62	R\$63.667.821,09
ago-22	8	1.043,760	R\$ 774.090,21	R\$62.893.730,88	R\$ 63.436.836,16	R\$64.210.926,37
set-22	9	1.044,679	R\$ 661.972,98	R\$63.548.953,39	R\$ 63.604.906,38	R\$64.266.879,36
out-22	10	1.045,616	R\$ 697.318,56	R\$63.569.560,80	R\$ 63.626.578,01	R\$64.323.896,57
nov-22	11	1.046,896	R\$ 917.393,53	R\$63.406.503,04	R\$ 63.484.122,66	R\$64.401.516,19
dez-22	12	1.050,701	R\$ 877.715,80	R\$63.523.800,39	R\$ 63.754.681,07	R\$64.632.396,87
jan-23	13	1.051,632	R\$ 1.385.883,31	R\$63.246.513,56	R\$ 63.302.554,72	R\$64.688.438,03
fev-23	14	1.056,418	R\$ 576.436,58	R\$64.112.001,45	R\$ 64.403.776,56	R\$64.980.213,14
mar-23	15	1.056,896	R\$ 951.574,24	R\$64.028.638,90	R\$ 64.057.610,09	R\$65.009.184,33
abr-23	16	1.060,12	R\$ 1.207.596,52	R\$63.801.587,81	R\$ 63.995.969,39	R\$65.203.565,91

Fonte: Autor (2023)

Para que o entendimento dessa atualização orçamentária fique claro, a título de exemplo e a fim de que se tome conhecimento de como se chega ao valor de ONT de cada período, as equações abaixo demonstram a base de cálculo que foi feita para que fossem encontrados os valores das colunas E, F e G de cada mês.

$$E_i = G_{(i-1)} - D_i \quad (14)$$

Onde:

Ei é o saldo do orçamento a ser atualizado referente ao mês i;

Gi é o orçamento atualizado no mês i;

Di é o gasto mensal no mês i.

$$F_i = E_i * (C_i / C_{(i-1)}) \quad (15)$$

Onde:

F_i é o saldo orçamento atualizado referente ao mês i ;

E_i é o saldo do orçamento a ser atualizado no mês i ;

C_i é o INCC de referência no mês i ;

$$G_i = F_i + D_i \quad (16)$$

Onde:

G_i é o orçamento atualizado ao final do mês i ;

F_i é o saldo do orçamento atualizado no mês i ;

D_i é o gasto mensal no mês i .

Feito o procedimento supracitado de atualização orçamentária, pôde-se determinar os valores de ONT que serão utilizados para os dois períodos de análise do estudo. A partir desses e de posse dos percentuais previstos na linha de base apresentados na Tabela 22 e daqueles apontados a partir das medições periódicas que foram realizadas durante a pesquisa, os quais estão explicitados na Tabela 24, foram calculados o VP e o VA de cada mês, assim como estão apresentados nas Tabela 25 e Tabela 26 a seguir.

Tabela 24 – Avanços realizados – Obra 1

MÊS	Pfr (%)	Pfr Acum. (%)
abr-22	0,34%	3,61%
mai-22	1,25%	4,86%
jun-22	1,47%	6,33%
jul-22	1,05%	7,38%
ago-22	1,31%	8,69%
set-22	1,87%	10,56%
out-22	1,52%	12,08%
nov-22	2,16%	14,24%
dez-23	1,52%	15,76%
jan-23	0,04%	15,80%
fev-23	0,87%	16,67%
mar-23	2,11%	18,78%
abr-23	2,20%	20,98%

Fonte: Autor (2023)

Tabela 25 – Parâmetros de valor – Obra 2 – Mês 4

DATA DE STATUS 1 - MÊS 4				
SIGLA	NOMENCLATURA	DESCRIÇÃO	VALOR	
ONT	Orçamento no Término	Somatório dos custos previstos atualizados para o mês de análise	R\$	60.431.176,95
VP	Valor Planejado	VP = ONT x Pfp	R\$	2.483.721,37
VA	Valor Agregado	VA = ONT x Pfr	R\$	2.181.565,49

Fonte: Autor (2023)

Tabela 26 – Parâmetro de valor – Obra 2 – Mês 16

DATA DE STATUS 2 - MÊS 16				
SIGLA	NOMENCLATURA	DESCRIÇÃO	VALOR	
ONT	Orçamento no Término	Somatório dos custos previstos atualizados para o mês de análise	R\$	65.203.565,91
VP	Valor Planejado	VP = ONT x Pfp	R\$	18.569.975,57
VA	Valor Agregado	VA = ONT x Pfr	R\$	13.679.708,13

Fonte: Autor (2023)

Dessa maneira, é fácil perceber que tanto no Mês 4 quanto no Mês 16 a obra apresentou um atraso em relação ao que estava previsto ter sido realizado de acordo com o cronograma de linha de base, haja vista que o somatório de tudo o que medido até aquele momento, gerou um valor agregado menor do que o valor que estava planejado. Essa defasagem também poderá ser visualizada posteriormente quando forem modelados os parâmetros de desempenho e de variação de custo.

No tocante ao levantamento dos custos realizados mensais é válido explicitar que ao longo dos anos passados entre a Obra 1 e a Obra 2, conforme mencionado anteriormente, a construtora implementou novas ferramentas que facilitaram esse procedimento de coleta de custos realizados, fato que gerou uma maior confiança nos valores que foram utilizados nas análises e, além disso, serviram de apoio para que novas avaliações de cunho qualitativo mais detalhado fossem realizadas, ações que até então ainda não aconteciam.

Sendo assim, foi possível ter acesso aos gastos incorridos em cada mês da Obra 2 e, a partir deles, manipulá-los de forma a se ter um controle acumulado desses e, além disso, atualizá-los por meio do INCC para o mês em que estaria sendo calculado o saldo do orçamento e posteriormente o ONT para esse mesmo período.

Tabela 27 – Gastos acumulados mensais – Obra 2

		(A)	(B)	(C)
MÊS	ÍNDICE (i)	INCC DO MÊS	GASTO DO MÊS	GASTO ACUMULADO ATUALIZADO
jan/22	1	962,321	R\$ 828.658,50	R\$ 828.658,50
fev/22	2	969,184	R\$ 675.823,71	R\$ 1.510.391,97
mar/22	3	972,904	R\$ 484.041,14	R\$ 2.000.230,41
abr/22	4	981,244	R\$ 733.854,83	R\$ 2.751.231,77
mai/22	5	990,543	R\$ 1.350.655,37	R\$ 4.127.959,86
jun/22	6	1.013,16	R\$ 1.038.802,49	R\$ 5.261.032,45
jul/22	7	1.034,82	R\$ 1.194.979,47	R\$ 6.568.485,28
ago/22	8	1.043,76	R\$ 774.090,21	R\$ 7.399.296,23
set/22	9	1.044,68	R\$ 661.972,98	R\$ 8.067.784,07
out/22	10	1.045,62	R\$ 697.318,56	R\$ 8.772.338,84
nov/22	11	1.046,90	R\$ 917.393,53	R\$ 9.700.471,11
dez/22	12	1.050,70	R\$ 877.715,80	R\$ 10.613.443,79
jan/23	13	1.051,63	R\$ 1.385.883,31	R\$ 12.008.731,41
fev/23	14	1.056,42	R\$ 576.436,58	R\$ 12.639.819,99
mar/23	15	1.056,90	R\$ 951.574,24	R\$ 13.597.113,40
abr/23	16	1.060,12	R\$ 1.207.596,52	R\$ 14.846.135,67

Fonte: Autor (2023)

A partir dos gastos mensais incorridos, os quais são contabilizados somando todos os pagamentos de materiais, de serviços e de mão de obra que foram realizados no período, esse total é somado ao gasto acumulado até o mês anterior e atualizados para o mês atual. Tal logística executada pode ser visualizada na Equação 13, a qual define como é feito esse procedimento.

$$C_i = [C_{(i-1)} * (A_i / A_{(i-1)})] + B_i \quad (17)$$

Onde:

C_i é o gasto acumulado atualizado até o mês i ;

A_i é o INCC de referência no mês i ;

B_i é o gasto mensal no mês i .

De posse dos valores de gastos acumulados atualizados em cada mês, os quais configuram-se como os dados referentes aos grupos A e B da Equação 13, foram levantados os demais valores para que, em conjunto, a partir deles pudesse ser realizado o tratamento financeiro que resulta no custo que de fato será apropriado para cada período, ou seja, o gasto que efetivamente foi realizado para executar as atividades que agregaram valor à Obra 2 até aquele mês, conforme exposto a seguir na Tabela 28.

Tabela 28 – Custos apropriados acumulados mensais – Obra 2

	(A) + (B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
MÊS	GASTO ACUMULADO ATUALIZADO	PASSIVO TRABALHISTA	RETENÇÕES	ADIANTAMENTOS	ESTOQUE	CUSTO TOTAL APROPRIADO (CR)
jan/22	R\$ 828.658,50	R\$ 48.004,46	R\$364.224,12	R\$ 0,00	R\$ 470.605,00	R\$ 770.282,08
fev/22	R\$ 1.510.391,97	R\$ 56.960,71	R\$202.855,98	R\$ 0,00	R\$ 402.819,58	R\$ 1.367.389,08
mar/22	R\$ 2.000.230,41	R\$ 65.073,58	R\$380.478,42	R\$ 0,00	R\$ 421.862,46	R\$ 2.023.919,95
abr/22	R\$ 2.751.231,77	R\$ 83.900,03	R\$636.839,09	R\$ 202.472,00	R\$ 814.872,04	R\$ 2.454.626,85
mai/22	R\$ 4.127.959,86	R\$110.665,31	R\$825.467,94	R\$ 30.000,00	R\$ 1.696.237,33	R\$ 3.337.855,78
jun/22	R\$ 5.261.032,45	R\$132.321,11	R\$759.494,53	R\$ 15.000,00	R\$ 1.767.566,21	R\$ 4.370.281,88
jul/22	R\$ 6.568.485,28	R\$159.142,82	R\$270.315,76	R\$ 0,00	R\$ 1.528.836,62	R\$ 5.469.107,24
ago/22	R\$ 7.399.296,23	R\$166.912,50	R\$555.875,30	R\$ 0,00	R\$ 1.546.441,05	R\$ 6.575.642,98
set/22	R\$ 8.067.784,07	R\$186.178,46	R\$487.689,65	R\$ 0,00	R\$ 1.646.682,54	R\$ 7.094.969,64
out/22	R\$ 8.772.338,84	R\$217.679,11	R\$665.738,22	R\$ 0,00	R\$ 1.276.922,37	R\$ 8.378.833,80
nov/22	R\$ 9.700.471,11	R\$246.596,83	R\$868.690,11	R\$ 0,00	R\$ 1.171.564,47	R\$ 9.644.193,58
dez/22	R\$ 10.613.443,79	R\$284.359,83	R\$1.370.990,22	R\$ 0,00	R\$ 1.682.095,66	R\$10.586.698,18
jan/23	R\$ 12.008.731,41	R\$326.720,44	R\$ 744.843,34	R\$ 158.000,00	R\$ 1.084.085,72	R\$11.838.209,47
fev/23	R\$ 12.639.819,99	R\$342.164,78	R\$ 734.707,99	R\$ 128.816,85	R\$ 1.063.292,87	R\$12.524.583,04
mar/23	R\$ 13.597.113,40	R\$383.966,63	R\$1.329.421,34	R\$ 744.888,81	R\$ 1.113.164,65	R\$13.452.447,91
abr/23	R\$14.846.135,67	R\$435.701,79	R\$ 836.729,14	R\$ 302.965,04	R\$ 1.134.993,06	R\$14.680.608,50

Fonte: Autor (2023)

As Tabelas 29 e a Tabela 30 destacam o CR calculado para os dois períodos de análise do estudo, o Mês 4 e o Mês 16 da Obra 2, conforme pode ser observado a seguir. A partir desses dois valores e do VA de cada mês já caracterizado anteriormente nas Tabelas 25 e

26, pode-se avaliar com mais precisão o desempenho de custo da Obra 2 e, além disso, posteriormente projetar possíveis cenários.

Tabela 29 – Custo realizado acumulado – Obra 2 – Mês 4

DATA DE STATUS 1 - MÊS 4				
SIGLA	NOMENCLATURA	DESCRÍÇÃO	VALOR	
CR	Custo Realizado	Somatório de todos os custos realizados que agregaram valor à obra atualizados até a data de status.	R\$	2.454.626,85

Fonte: Autor (2023)

Tabela 30 – Custo realizado acumulado – Obra 2 – Mês 16

DATA DE STATUS 2 - MÊS 16				
SIGLA	NOMENCLATURA	DESCRÍÇÃO	VALOR	
CR	Custo Realizado	Somatório de todos os custos realizados que agregaram valor à obra atualizados até a data de status.	R\$	14.680.608,50

Fonte: Autor (2023)

É válido ressaltar que apesar de o valor da apropriação do Custo Realizado (CR) para cada período na Obra 2 continuar seguindo o mesmo cálculo previsto na Equação 11 utilizada para a Obra 1, paralelamente a isso foi implementada uma rotina de classificação desses gastos que ficou sob a responsabilidade dos gestores de cada obra no intuito de ser feito um diagnóstico mais detalhado dos possíveis desvios, processo que será apresentado mais detalhadamente nas próximas seções.

4.2.2 Modelagem dos Parâmetros

A partir dos dados de entrada VA, VP e CR apesentados anteriormente, serão modelados a seguir os principais parâmetros do EVM pertinentes ao estudo, no intuito de diagnosticar mais profundamente o desempenho de prazo e de custo da obra, informações essenciais para o devido gerenciamento do projeto que está sendo executado.

4.2.2.1 Indicadores de Desempenho

O cálculo do IDP segue a mesma equação já elucidada anteriormente e tem como fonte de dados os valores planejados e os valores agregados que estão apresentados nas Tabelas 25 e 26, a partir deles pode-se fazer a modelagem desse parâmetro, conforme é ilustrado na

Tabela 31. Assim como foi visto anteriormente, o IDP calculado tanto para o Mês 4 quanto para o Mês 16 reforçam a realidade de atraso da obra, resultando, dessa forma, em um valor menor que 1, ademais esses indicador diminui quando comparadas a primeira e a segunda data de *status*, mas a frente serão apresentadas as principais causas que levaram a essa piora do desempenho de prazo.

Tabela 31 – Índice de Desempenho de Prazo – Obra 2

PERÍODO	VALOR PLANEJADO	VALOR AGREGADO	IDP
MÊS 4	R\$ 2.483.721,37	R\$ 2.181.565,49	0,878
MÊS 16	R\$ 18.569.975,57	R\$ 13.679.708,13	0,737

Fonte: Autor (2023)

Quanto ao IDC, esse indicador correlaciona os valores de custos realizados e os valores agregados que foram coletados nas datas de *status* escolhidas para a Obra 2 e que estão explicitados nas Tabelas 25 e 26. Já a Tabela 32 apresenta o desempenho aferido nos dois períodos de análise e, conforme pode ser observado, assim como no IDP, também resultou em valores menores que 1, fato que constata que está sendo realizado um gasto maior do que o que estava previsto.

Tabela 32 – Índice de Desempenho de Custo – Obra 2

PERÍODO	CUSTO REALIZADO	VALOR AGREGADO	IDC
MÊS 4	R\$ 2.454.626,85	R\$ 2.181.565,49	0,889
MÊS 16	R\$ 14.680.608,50	R\$ 13.679.708,13	0,932

Fonte: Autor (2023)

Diante do desempenho abaixo do previsto tanto em relação ao prazo quanto ao custo, ainda que esse cenário já pudesse ser observado desde o Mês 4, as ações tomadas durante o período analisado pelo estudo não foram suficientes para sanar tais deficiências, fato que o baixo rendimento continuou sendo visto nos resultados coletados no Mês 16. Dessa maneira, a partir da devida coleta e manipulação dos dados de entrada necessários ao EVM, já foi possível fazer uma avaliação macro do projeto nos dois períodos, análise que traz consigo informações valiosas para o gerenciamento da Obra 2 e, além disso, serve de alicerce para tomadas decisões mais assertivas que visam melhorar o desempenho da obra ainda em tempo hábil.

4.2.2.2 Variação de custo

A partir dos indicadores de desempenho modelados anteriormente já era visualizado que havia um descompasso entre os valores agregados e os custos realizados, no entanto, somente a partir do cálculo da variação de custo é que se pode ter ciência do quanto está se gastando acima daquilo que estava previsto, conforme é apresentado na Tabela 33.

Tabela 33 – Variação de Custo – Obra 2

PERÍODO	CUSTO REALIZADO	VALOR AGREGADO	VC
MÊS 4	R\$ 2.454.626,85	R\$ 2.181.565,49	R\$ -273.061,36
MÊS 16	R\$ 14.680.608,50	R\$ 13.679.708,13	R\$ -1.000.900,37

Fonte: Autor (2023)

4.2.2.3 Estimativa de custo

Tendo em vista os valores resultantes tanto do IDC como da variação de custos, era de se esperar que as estimativas projetadas para a Obra 2 também apontassem gastos superiores ao que estava planejado. Porém, assim como visto anteriormente, existem três cenários em que esses parâmetros são calculados: otimista, realista e pessimista. Para cada um deles são considerados dados diferentes que proporcionam a simulação dessas perspectivas, as quais auxiliam na visualização de um horizonte mais brando até um mais deficitário.

Dessa maneira, a partir do ONT adotado para cada data de *status*, conforme a logística de atualização orçamentária demonstrada anteriormente na Tabela 28, primeiramente foi calculada a Estimativa Para o Término (EPT) no Mês 4 e no Mês 16, assim como está apresentado na Tabela 34 e, em seguida, somou-se esses valores aos custos acumulados incorridos até esses dois períodos para que, dessa forma, pudesse ser calculada a Estimativa no Término (ENT), assim como está explicitado na Tabela 35.

Tabela 34 – Estimativa Para o Término – Obra 2

ONT BASE: R\$ 59.278.572,41		ESTIMATIVA PARA O TÉRMINO			
PERÍODO	% REAJUSTE INCC	ONT REFERÊNCIA	OTIMISTA	REALISTA	PESSIMISTA
MÊS 4	1,96%	R\$ 60.431.176,95	R\$ 58.249.611,46	R\$ 65.540.576,72	R\$ 74.618.218,93
MÊS 16	10,16%	R\$ 65.203.565,91	R\$ 51.523.857,78	R\$ 55.293.693,22	R\$ 75.060.266,10

Fonte: Autor (2023)

Tabela 35 – Estimativa No Término – Obra 2

ESTIMATIVA NO TÉRMINO					
PERÍODO	OTIMISTA	REALISTA	PESSIMISTA		
MÊS 4	R\$ 60.704.238,31	R\$ 67.995.203,57	R\$ 77.072.845,77		
MÊS 16	R\$ 66.204.466,28	R\$ 69.974.301,72	R\$ 89.740.874,60		

Fonte: Autor (2023)

A partir dos valores expostos pôde-se perceber que quando comparados os cenários otimista e pessimista, por exemplo, o segundo resultou em um montante bem maior que o primeiro, haja vista que a medida em que são ponderados o IDP e o IDC na estimativa, maior é o gasto projetado para ser realizado na obra pois ambos os indicadores, tanto no Mês 4 quanto no Mês 16, assim como observado anteriormente, resultaram em valores menores que 1 e, portanto, corroboram para o aumento desse dispêndio previsto ao final da obra.

Ainda que não se possa saber ao certo o custo que será acrescido ao projeto devido aos atrasos de cronograma, as estimativas modeladas auxiliam os gestores a terem uma perspectiva do quanto seria essa quantia e, dessa forma, eles podem se precaver de maiores transtornos como uma possível parada da execução da obra devido a impossibilidade de custeio da produção.

4.2.2.4 *Estimativa de prazo*

Assim como as estimativas feitas em relação ao custo da Obra 2, também foram feitas projeções para levantar tanto qual seria o prazo total de execução do empreendimento como também quanto tempo ainda seria necessário para finalizá-lo a partir daquela data que estava sendo analisada que, nesse caso, seria o Mês 4 e o Mês 16. Dessa maneira, a Tabela 36 apresenta a Estimativa de Tempo no Término (ETT), a qual resultou em um prazo maior do que o tempo total previsto (TTP) que era de 40 meses, reiterando o atraso que já tinha sido visualizado anteriormente no IDP e que se acentuou ao longo do tempo.

Tabela 36 – Estimativa de Tempo no Término – Obra 2

PERÍODO	ETT
MÊS 4	46 MESES
MÊS 16	55 MESES

Fonte: Autor (2023)

Sendo assim, complementando a informação da ETT, foi dimensionado o Prazo Estimado Para o Término (PEPT), o qual representa o período que será necessário para concluir a obra após a data limite previamente planejada, valores esses que são apresentados na Tabela 37. Dessa maneira, basta que seja feita a diferença entre o TTP e a ETT. Essa informação é de grande valia pois a partir dela os gestores podem analisar mais a fundo quais as atividades que estão corroborando de forma mais contundente para esse desvio de prazo e, assim, tomar decisões mais assertivas para mitigar os atrasos.

Tabela 37 – Prazo Estimado Para o Término – Obra 2

PERÍODO	PEPT
MÊS 4	6 MESES
MÊS 16	15 MESES

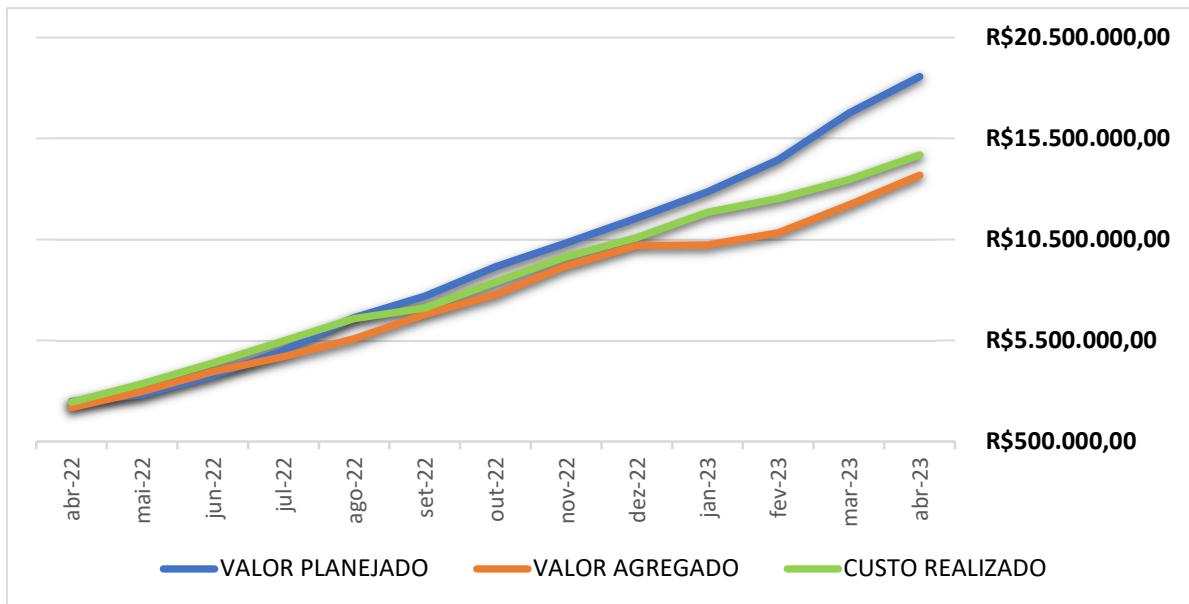
Fonte: Autor (2023)

De acordo com os parâmetros que foram modelados para Obra 2 percebe-se que há uma tendência de que o projeto seja entregue com atraso e com o custo realizado acima do que estava previsto em orçamento, haja vista que tanto os indicadores quanto as estimativas resultaram em valores que reafirmam esse cenário e que, além disso, atestaram que o desempenho do projeto piorou ao longo dos meses. Dessa maneira, a partir da análise do valor agregado, desde os primeiros meses de obra, já foi possível aferir esse desempenho abaixo do esperado, fato que atesta a eficiência do método utilizado.

Ademais, ainda que o Mês 16 corresponda apenas a 40% do período total previsto para a execução da obra, através dos parâmetros do EVM fica claro que é necessário traçar planos de ações que possam melhorar o desempenho do projeto para que a realidade do projeto possa ser mudada ainda em tempo hábil e, dessa maneira, não resulte em maiores desvios de prazo e de custo.

O Gráfico 6 ilustra a Curva S de controle que foi alimentada e acompanhada durante o período da pesquisa, essa ferramenta servia para que fosse feita uma análise mais suscinta e objetiva dos três principais valores que eram levantados mensalmente e que embasam a modelagem dos parâmetros do EVM: VP, VA e CR. Por meio dela foi possível fazer uma análise mais estratégica acerca do desempenho do projeto durante todo o período de controle, haja vista que no mesmo gráfico são comparados os valores previstos e realizados e que, por meio da comparação desses, pode-se avaliar o quanto as curvas estão se descolando daquilo que foi previamente planejado na linha de base.

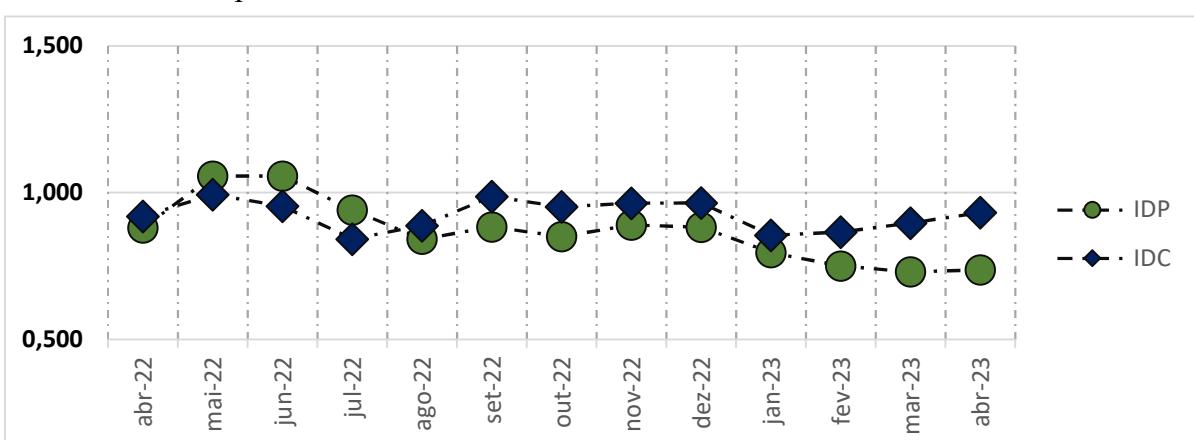
Gráfico 6 – Curva S de controle – Obra 2



Fonte: Autor (2023)

A fim de contribuir com os resultados aferidos na Curva S e corroborar para o entendimento do diagnóstico da obra feito a partir dos parâmetros do EVM, foi modelado o Gráfico 7 no qual são apresentados os indicadores de desempenho da Obra 2 durante o período em que o estudo foi feito. Diante do panorama apresentado e de acordo com os outros resultados aferidos e ilustrados anteriormente, tanto o IDP quanto o IDC reforçam o cenário deficiente no qual a Obra 2 se encontrava.

Gráfico 7 – Acompanhamento Mensal de Indicadores – Obra 2



Fonte: Autor (2023)

Além do acompanhamento feito por meio da Curva S, assim como já mencionado anteriormente, foram desenvolvidas para Obra 2 algumas ferramentas auxiliares que permitiram analisar mais detalhadamente quais os grupos de atividades que estavam contribuindo de forma mais contundente para o desempenho aferido, esse levantamento foi feito por meio de planilhas do Microsoft Excel© as quais eram alimentadas mensalmente e tinham o objetivo de avaliar qualitativamente os valores medidos, os custos realizados e os custos previstos de cada Macroetapa Orçamentária definidas anteriormente.

Esse novo procedimento demandava a participação de principalmente três setores da construtora, o PCP, o qual realizava as medições periódicas *in loco*, a contabilidade, que ficava responsável por fazer o fechamento contábil de cada período e repassar os valores para as obras e, por fim, a administração da obra, a qual tinha o papel de gerenciar os dados fornecidos pelos dois primeiros setores e de classificar cada custo realizado em sua respectiva Macroetapa. Esse procedimento foi criado com o fito de mapear “de onde” vinha os principais desvios para que, assim, a gestão da obra pudesse agir de forma mais direcionada.

A Tabela 33 foi feita com o intuito de avaliar a variação de prazo de cada grupo de atividade e para isso foram levados em consideração os valores previstos e os valores agregados de cada Macroetapa. Sendo assim, primeiramente foi feito o levantamento dos percentuais de avanço que estavam programados no planejamento físico financeiro para cada um dos grupos de atividades, em seguida, foram coletados os percentuais realizados que foram apontados por meio das medições periódicas. Com esses dois valores em mãos, pôde-se multiplicar cada um deles pelo respectivo orçamento total de cada Macroetapa e assim encontrar o VP e o VA até o final de Abril/23 e, assim, analisar qual grupo apresentava o maior atraso, tais valores são mostrados na Tabela 38.

Tabela 38 – Variação de prazo por Macroetapa – Obra 2

ITEM	MACROETAPAS	VALOR AGREGADO	VALOR PLANEJADO	IDP
1	SUPERESTRUTURA	R\$ 6.415.914,70	R\$ 9.801.309,60	0,655
2	DESPESAS INDIRETAS	R\$ 2.577.240,54	R\$ 3.193.513,05	0,807
3	ESQUADRIAS	R\$ 42.762,42	R\$ 168.198,85	0,254
4	INSTALAÇÕES	R\$ 281.627,57	R\$ 469.201,48	0,600
5	PAREDES E PAINÉIS	R\$ 283.798,06	R\$ 531.477,06	0,534
6	REVESTIMENTOS INTERNOS	R\$ 117.033,32	R\$ 2.006,75	58,320
7	FUNDAÇÃO	R\$ 1.959.504,72	R\$ 1.961.269,86	0,999
8	CONTENÇÃO	R\$ 1.531.671,34	R\$ 1.531.671,34	1,00
9	PAVIMENTAÇÃO	R\$ 191.455,48	R\$ 632.627,61	0,302
10	MOVIMENTO DE TERRA	R\$ 278.699,98	R\$ 278.699,98	1,00
RESULTADO TOTAL		R\$ 13.679.708,13	R\$ 18.569.975,57	0,737

Fonte: Autor (2023)

A partir da avaliação da Tabela 38 é possível perceber que das dez Macroetapas que estão sendo apresentadas, duas já foram finalizadas, dessa maneira, o VA é igual ao VP, são elas: Contenção e Movimento de Terra. Além disso, dos oito grupos restantes, sete estão indicando atraso, haja vista que o valor que foi agregado foi menor do que o que estava planejado, dentre essas destaca-se a Superestrutura que expressou a maior variação e é uma das etapas mais críticas da obra. Por fim, o único grupo que resultou em uma agregação de valor acima do previsto foi o de Revestimentos Internos, ou seja, as atividades que pertencem a essa Macroetapa estão sendo executadas antes da data que havia sido planejada na linha de base.

Além disso, visando uma avaliação ainda mais completa, seria necessário mapear, além do desempenho de prazo de cada Macroetapa, quais desses grupos estavam apresentando o maior desvio de custo. Sendo assim, respondidas as perguntas de “onde” estavam os atrasos ou adiantamentos da obra, agora o intuito seria levantar “o quanto” está se gastando acima do previsto em cada Macroetapa. Diante disso, por meio de outra planilha foi possível gerenciar os gastos mensais de cada um dos grupos de atividades e, assim, a partir da classificação desses custos incorridos e com o devido tratamento desses valores conforme o que é previsto na Equação 13, foi possível determinar a variação de custo de cada Macroetapa também e assim visualizar o desempenho de cada uma delas quanto a esse aspecto.

Dessa maneira, para ilustrar os resultados obtidos por esse novo procedimento implementado na rotina da Obra 2, foi elaborada a Tabela 39 na qual estão apresentados os valores agregados e os custos realizados de cada Macroetapa no Mês 16. A partir da análise desses dados fica claro como cada um dos grupos de atividades está contribuindo para o desempenho de custo aferido na Obra 2.

Tabela 39 – Variação de custo por Macroetapa – Obra 2

ITEM	MACROETAPAS	VALOR AGREGADO	CUSTO REALIZADO	VARIAÇÃO DE CUSTO
1	SUPERESTRUTURA	R\$ 6.415.914,70	R\$ 6.230.791,47	R\$ 185.123,23
2	DESPESAS INDIRETAS	R\$ 2.577.240,54	R\$ 3.129.118,59	(R\$ 551.878,05)
3	ESQUADRIAS	R\$ 42.762,42	R\$ 5.884,26	R\$ 36.878,16
4	INSTALAÇÕES	R\$ 281.627,57	R\$ 104.821,55	R\$ 176.806,02
5	PAREDES E PAINÉIS	R\$ 283.798,06	R\$ 174.113,75	R\$ 109.684,31
6	REVESTIMENTOS INTERNOS	R\$ 117.033,32	R\$ 88.442,84	R\$ 28.590,48
7	FUNDAÇÃO	R\$ 1.959.504,72	R\$ 2.934.672,59	(R\$ 975.167,87)
8	CONTENÇÃO	R\$ 1.531.671,34	R\$ 1.668.271,52	(R\$ 136.600,18)
9	PAVIMENTAÇÃO	R\$ 191.455,48	R\$ 28.788,72	R\$ 162.666,76
10	MOVIMENTO DE TERRA	R\$ 278.699,98	R\$ 315.703,20	(R\$ 37.003,22)
TOTAL		R\$ 13.679.708,13	R\$ 14.680.608,50	(R\$ 1.000.900,37)

Fonte: Autor (2023)

Durante a execução da Obra 2 ocorreu um embargo motivado por um acidente de trabalho que fez com que sua construção fosse paralisada durante 40 dias. Devido a isso, o desempenho de prazo desse projeto foi significativamente comprometido, realidade que se refletiu tanto nos indicadores quanto nas estimativas que foram ilustradas anteriormente. Diante desse cenário, os gestores discutiram minunciosamente acerca do replanejamento da obra e apesar dos resultados apresentados definiram que não iria ser gerada uma nova linha de base e sim traçar planos de ação que adiantassem os serviços da obra de maneira que o prazo de entrega aos clientes fosse mantido.

Em relação ao desempenho de custo, as Macroetapas que estavam contribuindo mais fortemente para o estouro orçamentário aferido foram principalmente: Despesas Indiretas, Fundação e Contenção, conforme pode ser observado na Tabela 39. Para cada um desses 3 grupos os gestores da Obra 2 fizeram um levantamento qualitativo para mapear os principais motivos desses desvios, no intuito de encontrar as principais causas que geraram esse cenário deficitário. Dessa maneira, assim como no desempenho de prazo, o embargo também foi um fato que afetou negativamente o desempenho de custo da Obra 2, haja vista todos os gastos compromissados que foram realizados durante os 40 dias de paralização, mas que não ocorreu nenhuma agregação de valor ao projeto nesse período. Ademais também foram encontradas outras causas que corroboraram para o estouro orçamentário aferido, destacam-se principalmente: erros de quantitativo, aumento significativo no preço de alguns insumos e baixa produtividade da mão de obra.

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusão

Diante do que foi exposto tanto no referencial teórico como também durante o desenvolvimento da pesquisa foi possível visualizar a correlação dos princípios do *Lean Construction* com os conceitos utilizados no EVM, haja vista que toda a logística explicada tanto na coleta como na manipulação dos dados de valores planejados, agregados e no tratamento dos custos realizados foi pautada a partir da logística do fluxo de agregação de valor, o qual tem sua essência construída nos pilares do *Lean*. Sendo assim, sem a devida compreensão dessa interseção entre os dois temas, a implementação do EVM como ferramenta de gestão de projetos de construção civil pode ser dificultada.

Além disso, também foi possível revisitar uma parcela considerável do referencial teórico que embasa os conceitos fundamentais da análise de valor agregado e também elucidar ferramentas auxiliares que na maioria das vezes são utilizadas em paralelo ao EVM, como o planejamento físico-financeiro, a linha de balanço, a Curva S etc. Todo esse levantamento foi feito com o intuito de facilitar a compreensão do EVM e, além disso, disseminar boas práticas para a aplicação dessa metodologia, resultados que foram alcançados e que representavam uma parcela dos objetivos previstos para esse trabalho.

Em seguida foi realizado um estudo de caso em duas obras no qual foi possível analisar os efeitos da utilização do EVM como ferramenta de gerenciamento de projetos de construção civil. Na Obra 1, foi possível avaliar os resultados da aplicação da técnica, ainda que sua aplicação fosse incipiente na organização, porém utilizada durante todo o horizonte de construção do projeto, fato que corroborou para analisar, dentre outros aspectos, o diagnóstico e a previsibilidade que essa técnica oferece no que diz respeito ao desempenho de prazo e de custo da construção mesmo antes do término da execução do empreendimento. Quando comparados os valores projetados pelo EVM e os valores que de fato foram concretizados foi percebida a proximidade entre os dois resultados, cenário que atestou a eficácia do método tanto em relação ao diagnóstico como também à previsibilidade concedida pela ferramenta.

Já no caso da Obra 2, a partir dos novos procedimentos adotados pela construtora, outros resultados puderam ser aferidos, cenário que atestou um aprimoramento da aplicação do EVM. Muito embora o estudo não tenha contemplado todo o prazo de construção da obra, foi conseguido mapear novas possibilidades de análises e, com isso, verificar a versatilidade na qual essa metodologia pode ser explorada. Toda essa conjuntura contribuiu para preencher

algumas lacunas que ainda perduravam, facilitar o entendimento da técnica e esclarecer como a análise do valor agregado contribui para a tomada de decisões mais assertivas, reiterando, dessa maneira, mais um dos pontos de eficácia desse método e atendendo aos objetivos da pesquisa.

A utilização do EVM feita pela Obra 1 mostrou-se ser menos conservadora, haja vista que no caso do gerenciamento de prazo, não havia atualização dos valores pelo INCC, dessa maneira, no decorrer dos meses, esses dados iam se tornando obsoletos e, assim, não se tinha o comparativo, em valores presentes, do quanto de fato estava previsto agregar em cada período.

Em relação à análise de custo, a Obra 1 optou por fazer a atualização pelo INCC somente do orçamento e consequentemente isso resultava em um valor de VA cada vez maior à medida que o índice utilizado para correção também aumentava. No entanto, essa mesma atualização não era feita com os custos realizados, ou seja, os valores acumulados coletados para a formação do CR eram de períodos diferentes e, assim sendo, o montante gerado continha custos obsoletos que caso fossem atualizados a valores presentes iriam ser maiores. É por esse motivo que no caso da Obra 1, a análise de custo também era feita de maneira menos conservadora, haja visto que, caso fosse feita a mesma logística do VA, e assim o CR também fosse atualizado pelo INCC, iriam ser gerados indicadores e estimativas que possivelmente representassem com mais fidelidade o desempenho de custo da Obra 1.

Já no modelo implementado pela Obra 2, a atualização do INCC incidia sob todos os valores de entrada utilizados no EVM, dessa maneira, a aplicação da técnica, nesse caso, incorporou uma análise mais conservadora tanto do desempenho de prazo como de custo da obra. Além disso, a partir da classificação dos custos realizada pelos gestores da Obra 2 foi possível avaliar tanto de “onde” como de “quanto” estava sendo o desempenho de custo de cada Macroetapa, procedimento que facilitou a tomada de decisões mais assertivas e eficientes.

Em síntese, quando comparados os resultados da utilização do EVM nas duas obras, em ambos os casos foi possível enxergar os benefícios que essa ferramenta pôde trazer à gestão dos projetos. Ainda que essa técnica tenha sido empregada com algumas diferenças em cada obra, conforme ilustrado anteriormente, as duas situações seguiram a essência do que está caracterizado na literatura.

Diante do que foi exposto, conclui-se que os objetivos da pesquisa foram alcançados e, assim, pôde-se afirmar que o EVM, juntamente com as outras ferramentas explanadas, formam uma metodologia de gerenciamento de obras que de fato utilizam alguns princípios do *Lean Construction* tanto na coleta dos dados como também na maneira que esses

dados são manipulados e interpretados. Além disso, também foi possível constatar que essa ferramenta pode auxiliar no diagnóstico do desempenho de obras de construção civil, tanto em relação ao prazo quanto ao custo e que também é possível fazer estimativas confiáveis que projetam cenários futuros.

5.2 Considerações finais

O EVM ainda não é uma filosofia unânime no gerenciamento de obras de construção civil, muito disso se deve à dificuldade que diversos gestores apresentam no entendimento da técnica e à massiva carga de controle que a sua correta utilização demanda, fato que, em alguns casos, implica em mudanças significativas na administração das organizações, principalmente na área financeira e contábil, as quais lidam com o monitoramento dos pagamentos e de outras contas das obras.

Somado a isso, existem diversos termos complexos que referenciam os dados que são utilizados no manuseio da técnica, esse é outro fator que corrobora, muitas vezes, para a não aceitação do EVM por partes dos engenheiros gestores de obra. Por esse motivo é que parte da pesquisa foi feita com o intuito de simplificar o entendimento das terminologias e, além disso, ilustrar como são calculadas cada uma delas, compreensão que é essencial para aplicação do método.

Apesar desses desafios, algumas empresas utilizam o EVM como a principal metodologia de gerenciamento de seus projetos e, em alguns casos, apresentam um alto grau de maturidade no que diz respeito a aplicação do mesmo, como é o caso da construtora que executou os empreendimentos estudados nos casos tanto da Obra 1, quanto da Obra 2. Em ambas as ocasiões pôde-se entender formas distintas da utilização da análise do valor agregado, em diferentes épocas e diante de cenários diferentes, mesmo se tratando da mesma tipologia de projetos.

No entanto, ainda que nessa pesquisa tenham sido estudados ambientes heterogêneos, muito dificilmente seria conseguido abranger todos os diversos cenários da construção civil. Diante dessa limitação, recomenda-se que para estudos futuros seja feita a análise do EVM aplicado a outras tipologias de obras, como as de infraestrutura, por exemplo. De maneira que a utilização desse método seja cada vez mais aperfeiçoada e acessível a quem irá utilizá-lo, independentemente do escopo do projeto ou da sua temporalidade.

Além disso, para alguns autores que estudam o EVM, como Walt Lipke (2011), diferentemente da eficácia dos indicadores de custo, os indicadores de prazo gerados por essa

técnica não resultam em valores representativos e fidedignos ao *status* do projeto, principalmente quando avaliados o seu terço final. Dessa maneira, para alguns desses estudiosos, outras técnicas são mais indicadas para a análise de prazo dos projetos, como o CPM ou o PERT/CPM, e é justamente diante desse impasse metodológico que surge um ambiente propício para futuras pesquisas, e que fica, desde já, como mais uma recomendação do presente trabalho, avaliar se os indicadores de prazo modelados por outras técnicas resultam nos mesmos valores daqueles calculados a partir EVM e, assim, analisar detalhadamente qual técnica que diagnostica mais fielmente o desempenho do projeto.

Outro ponto que foi identificado durante a execução do referencial teórico desse trabalho foi a escassez de pesquisas e artigos que abordassem a correlação entre os princípios do *Lean Construction* e os conceitos do EVM, atividade que foi também um dos focos desse estudo, mesmo ainda não o sendo explorada da forma aguda como poderia ser. Sendo assim, recomenda-se, também, que em oportunidades posteriores essa interseção possa ser ainda mais explorada, mostrando os exemplos práticos que acontecem nos canteiros de obra, com o intuito de enfatizar tanto a correlação entre esses dois temas como também estabelecer novas conexões que até então possam não ter sido visualizadas, com o fito de melhorar continuamente a utilização do EVM nos projetos de construção civil.

Por fim, é de suma importância deixar claro que apesar das limitações do estudo, os resultados alcançados por meio dele não foram afetados. Sendo assim, a metodologia aplicada nessa pesquisa pode sim ser utilizada em outras ocasiões, desde que sejam feitos os devidos ajustes para o novo ambiente e, além disso, que os responsáveis pelo gerenciamento do projeto entendam tanto os conceitos fundamentais que embasam a utilização do EVM como também sejam multiplicadores da teoria e das condutas práticas que levam a correta aplicação dessa técnica, ações que podem ser realizadas com o auxílio do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALVES, T. C. L. et al. Incentives and innovation to sustain lean construction implementation. In: **ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION**, 17., 2009, Taipei. Anais... Taipei: National Pingtung University of Science and Technology, 2009. p. 583-592. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/6081>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORAS IMOBILIÁRIAS (ABRAINC). **ABRAINC Explica: A importância da Construção Civil para impulsionar a economia brasileira**. Publicado em 28 jun. 2021. Disponível em: <https://www.abrainc.org.br/abrainc-explica/2021/06/28/abrainc-explica-a-importancia-da-construcao-civil-para-impulsionar-a-economia-brasileira/>. Acesso em: 28 jun. 2023.
- AZEVEDO, R. C. et al. Avaliação de desempenho do processo de orçamento: estudo de caso em uma obra de construção civil. **Ambiente Construído**, p. 86–87, mar. 2011.
- BONATO, F. K.; DE ALBUQUERQUE, A. A. Uma aplicação do Earned Value Management com Simulação Monte Carlo em projetos de engenharia. **Anais do Congresso Brasileiro de Custos - ABC**, [S. l.], Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/538>. Acesso em: 28 jun. 2022.
- BRESSIANI, Lucia; ROMAN, Humberto Ramos; HEINECK, Luiz FM. Curvas de agregação de recursos: uma análise de situações reais em obras residenciais. **Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído**, v. 13, n. 1, 2010.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). PIB da construção fecha o ano com crescimento de 9,7%, a maior alta em 11 anos. **Agência CBIC**. Publicado em 4 mar. 2023. Disponível em: <https://cbic.org.br/pib-da-construcao-fecha-o-ano-com-crescimento-de-97-a-maior-alta-em-11-anos/>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- CÂNDIDO, Luis Felipe; CARNEIRO, Juliana Quinderé; HEINECK, Luiz Fernando Mählmann. **Uma visão lean do gerenciamento do valor agregado aplicado a projetos de construção**. 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/57704>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- CAPRARO, A. P. B.; VILLAS BÔAS, B. **Construção civil IV frente orçamentos**. Curitiba. Universidade Federal do Paraná, 2019. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2019/08/Aula-03-Composição-de-Preço-Unitário.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023.
- CARVALHO JUNIOR, Geraldo Cunha. **Comprar ou alugar equipamentos de construção qual a melhor opção ao projeto—buy or lease?**. 2019. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11144/4037>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- CRESPO, Gabriela Pizarro; ALVARES, Grazielle Barbosa. **Análise de Valor Agregado com Foco em Custos na Construção Civil**. 2013. Disponível em: <https://pmkb.com.br/uploads/2013/12/analise-de-valor-agregado-na-construcao-civil.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023.

DUARTE, Jorge; BARROS, Antônio. **Métodos e Técnicas de Pesquisa em Educação.** 2a Ed. São Paulo, Atlas, 2006.

DUBOIS, Ananélia Meireles. **A relação de prioridades axiológicas organizacionais e de crenças de trabalhadores sobre sustentabilidade.** 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/194683/001093517.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 jun. 2023.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia.** São Paulo: Ed. 2001.

FARINHA, A. M. **Metodologia de gestão integrada de prazos e custos - Aplicação do Earned Value Management numa obra.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.

FLEMING, Q. W; KOPPELMAN, J. M. **Earned value project management.** 4 ed. Pennsylvania: Newton Square, 2005.

FLEMING, Q.; KOPPELMAN, J. **Earned Value Project Management, Edition Number 4.** In: **Project Management Institute.** 2010.

FONTENELE FILHO, José Osmar. **Análise da importância de ferramentas para a gestão de custos no ambiente da construção civil.** 2014. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Mestrado Profissional em Administração e Controladoria, Fortaleza-CE, 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/15819>. Acesso em: 10 jun. 2023.

FORMOSO, Carlos T. *et al.* Perdas na Construção Civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. **Téchne.** Sao Paulo, n.23, 1996.

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira.** 4a ed. São Paulo: Pini, 2004.

HEINECK, Luiz Fernando M. Curvas de Agregação de Recursos no Planejamento e Controle da Edificação: aplicações a obras e a programas de construção. **Caderno de Engenharia,** 1990.

HOLANDA, V. B. de; RICCIO, Edson Luiz. A utilização da pesquisa-ação para perceber e implementar sistemas de informações empresariais. **Acesso,** v.8, 2001. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/41998715/A_UTILIZAO_DA_PESQUISA_AO_PARA_PERCEBER_20160203-14064-14706ki-libre.pdf?1454550079=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DA_UTILIZACAO_DA_PESQUISA_ACAO_PARA_PERCE.pdf&Expires=1686717049&Signature=SsMuxiu5NOH0xEInZb-~NEFHATpt~ICbql~kwP0NqTUS6T9VxgwUHP924KbTAJasU09RC-8CHVzw2H8IefUdLe8QxhYxL5Lk1eR8Di0Tm6g5RmRQVtRwFPwm~ue1FL7hAxAt7gmFASycpg857E3xZADwKtIRXRNEIVpmTqlSlgh93ndABco0slurXeodqSZcuaPAJPvg5ib04A-t7JFUEwZvvl4zN9R14Hd1xgYHUav1ijd1w~bt1GMJoCMQ3TDMAkrrLvpco9D7t0-NlhuJN29W1GLwaoAN4I7xGMT90Mzox9wk~MPtxi1EEXTegd677SQdgq4STeHrP22ev0tQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 12 jun. 2023.

KERN, Andrea Parisi *et al.* O uso de curvas de agregação de recursos como ferramenta de gestão de custos. In: **I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO**

SUSTENTÁVEL. 2004.

KIM, Yong-Woo; BALLARD, Glenn. Activity-based costing and its application to lean construction. In: **Proceedings of the 9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Singapore.** 2001. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=5abd7ac40633929b8b1e21a786274102a84126f9>. Acesso em: 12 jun. 2023.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** Stanford: Technical Report 72. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering. Stanford University., 1992. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Lauri-Koskela-2/publication/243781224_Application_of_the_New_Production_Philosophy_to_Construction/links/5bcd97a792851cae21b8dd9a/Application-of-the-New-Production-Philosophy-to-Construction.pdf. Acesso em: 10 jun. 2023.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota:** 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. 2. Ed. Poto Alegre: Bookman, 2016.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamento e Controle de Projetos de Obras.** Rio de Janeiro, 1996. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.

LIPKE, W. H. **Prazo Agregado: análise de desempenho de prazos com as medições da AVA.** 2011. Disponível em: <https://www.earnedschedule.com/Docs/Earned%20Schedule%20-%20Portuguese.pdf>. Acesso em: 15 junho 2022.

LOSSO, Iseu Reichmann; ARAÚJO, Hércules Nunes. Aplicação do método da linha de balanço: estudo de caso. **VI Encontro,** 1995.

MAIA, Sara Costa; LIMA, Mariana Monteiro Xavier de; BARROS NETO, José de Paula. A systemic approach to the concept of value and its effects on lean construction. In: **ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION,** 19., 2011. Pontifícia Universidad Católica del Perú, 2011. Disponível em: <http://www.repository.ufc.br/handle/riufc/5827>. Acesso em: 10 jun. 2023.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras.** 1ª ed. São Paulo: Pini, 2010.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras.** 2. ed. Cubatão: Oficina de Textos, 2019.

MENDES JR, Ricardo; HEINECK, Luiz Fernando M. Towards production control on multistory building construction sites. In: **Proc. 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-7).** 1999. p. 313-324. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Mendes-Junior/publication/228892008_Towards_production_control_on_multi-story_building_construction_sites/links/5492e5440cf209fc7e9f84ad/Towards-production-control-on-multi-story-building-construction-sites.pdf. Acesso em: 10 jun. 2023.

MEREDITH, J. R. **Gerenciamento de Projetos: Uma Abordagem Gerencial.** Nova York:

John Wiley&Sons, 2000.

MILES, Matthew B.; HUBERMAN, A. Michael. **Qualitative data analysis: An expanded sourcebook.** sage, 1994.

MOURA, Rafael de Sousa Leal Martins; HEINECK, Luiz Fernando Mählmann. Linha de balanço: síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras?. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, XV, 12 a 14 nov. 2014, Maceió, Alagoas, Brasil. Anais[...] Maceió, Alagoas, 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/57710>. Acesso em: 10 jun. 2023.

NARBAEV, Timur; DE MARCO, Alberto. An earned schedule-based regression model to improve cost estimate at completion. **International journal of project management**, v. 32, n. 6, p. 1007-1018, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.12.005>. Acesso em: 10 jun. 2023.

NETTO, J. T.; OLIVEIRA, N. L. F. de; FREITAS, A. P. A.; SANTOS, J. A. N. dos. Utilização do valor agregado como ferramenta de gestão na construção civil: uma análise quantitativa. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 237-257, out./dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000400303>. Acesso em: 10 jun. 2023.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, M. L.; SILVEIRA, Franco da; VENTURINI, J. S. Proposta de ações baseadas nos 11 princípios *lean construction* para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria – RS. **Espacios**. Porto Alegre, v. 37, n. 21, p. 17, abr. 2016.

PACHECO, Miguel Teixeira Gomes; HEINECK, Luiz Fernando Mählmann. **Redução do tempo de atravessamento em programação por linha de balanço através redução da unidade de repetição sobre influência do efeito aprendizado: uma visão enxuta.** 2008. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/57919>. Acesso em: 10 jun. 2023.

PICCHI, Flávio A. System view of lean construction application opportunities. In: **Proceedings of the 9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, Singapore. 2001. p. 6-8. Disponível em: https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/87222061/attachment-77481f9f-ca4b-477b-b936-59e56e99dea4-libre.pdf?1654725648=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSSystem_view_of_lean_construction_appliса.pdf&Expires=1686670806&Signature=cHh4I4j2-i-Q8nXzbKeQH4o9JHLоHTDjSOnxbDRz-LX2kzDLdMclMOtKqKFd359DwuBeLn8AT22qM-YZHjUEYL7kRXwn7Ga14kSwPvUuT-6eaBym~-5tUrCEU9pXAQEExNDJxORix-eqCb18sQrq90Ng~PU2V3BIqSRP-V6FBqTcLSN~pgT7k3RdTL7MVuCQ3Tj-rV4or5EVWWmck1PdVmGusORIIIdU29TPdGCrnwhZx24RIkx0K4rLtPWW5G7SkijJqEVXh~GhfqOZtZ4FzcIte9ck5Uq46TnetaQw1aTKtC6buw9lRu2t1Z~TLKyUgyP25miwR7kIxgMnYNOzNiA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 10 jun. 2023.

PMBoK. Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos. 3. ed. Four Campus Boulevard, Newtown Square PA: Project Management Institute, 2004.

PULSE OF THE PROFESSION (PMI). À frente da curva: como construir uma cultura

focada no futuro. Publicado em 11 fev. 2020. Disponível em: https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pmi-pulse-2020-final.pdf?v=48d2a749-4b16-43de-8de7-ddf763afcd1b&sc_lang_temp=pt-PT. Acesso em: 26 junho 2022.

RAMOS, Benito Ramos; NARANJO, Consuelo Sánchez. Planificación Estratégica como método de gestión pública: experiencias en la administración española. 2014.

SILVA, Raymundo Robson Gomes da. Aplicação de um modelo de gerenciamento do valor agregado para melhoria da eficiência do controle de obras na construção civil. 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/40476>. Acesso em: 10 jun. 2023.

SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. A pesquisa científica. Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/213838/000728731.pdf?sequ>. Acesso em: 12 jun. 2023.

SHINGO, Shigeo. O sistema Toyota de produção. Bookman Editora, 1996.

TERREL, M. S.; BROCK, A. W.; WISE, J. R. Evaluating Project Performance Tools—A Case Study. In: **29th Annual Project Management Institute Seminars and Symposium**, Long Beach, CA. 1998.

THAMHAIN, H. J. Integrating Project Management Tools withthe Project team. In: **ANNUAL PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE SEMINARS & SYMPOSIUM**, 29., 1998, Long Beach.

TOMMELEIN, Iris D.; BALLARD, Glenn. Coordinating specialists. 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.34942/P2G59D>. Acesso em: 10 jun. 2023.

VALLE, Jose Angelo; SOARES, Carlos Alberto Pereira. The use of earned value analysis (EVA) in the cost management of construction projects. In: **Proc., Project Management Institute Global Congress**, Newtown Square, PA. 2006. p. 1-11. Disponível em: <https://www.masterspmc.com/images/EVA.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023.

VARGAS, R. V. Gerenciamento de projetos: estabeleço diferenças competitivas. 3^a ed Rio de Janeiro, 2002.

VARGAS, R. V. Análise de Valor Agregado no controle de projetos: sucesso ou fracasso? PMI college of performance management measurable News magazine, p. 115–126, 2003a. Disponível em: <https://ricardo-vargas.com/pt/articles/earnedvaluecontrol/>. Acesso em: 10 jun. 2023.

VARGAS, R. V. Análise de valor agregado. 6. ed. Rio de Janeiro, Brasil: Brasport, 2003b.

WIDEMAN, R. M. Cost Control of Capital Projects and the Project Cost Management Systems Requirements. 2a ed. Vancouver: AEW Services e BiTech Publishers, 1999.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício

e crie riqueza. 5. ed. Rio de Janeiro, RJ: Campus, 1998.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. trad. Daniel Grassi - 2.ed. - Porto Alegre: Bookman, 2001.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Bookman, 2015.