

VITOR ALEXIS YAMAGUTI

Estudo do Controle de Prazos e Custos Através das Ferramentas de Valor, Prazo e
Duração Agregada na Construção Civil

Guaratinguetá – SP

2016

VITOR ALEXIS YAMAGUTI

Estudo do Controle de Prazos e Custos Através das Ferramentas de Valor, Prazo e
Duração Agregada na Construção Civil

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Dra. Márcia Regina de Freitas

Guaratinguetá

2016

Y19e

Yamaguti, Vitor Alexis

Estudo do controle de prazos e custos através das ferramentas de valor, prazo e duração agregada na construção civil. / Vitor Alexis Yamaguti – Guaratinguetá, 2016.
63 f. : il.

Bibliografia : f. 63

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016.

Orientadora: Profª Drª Márcia Regina de Freitas

1. Construção civil
2. Construção civil – Controle de custo
3. Administração de projetos I. Título

CDU 69

unesp  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

VITOR ALEXIS YAMAGUTI

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Prof. Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA DA SILVA
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dra. MÁRCIA REGINA DE FREITAS
Orientadora/UNESP-FEG



Prof. Dr. PAULO VALLADARES SOARES
UNESP-FEG



Prof. Dr. JOÃO UBIRATAN DE LIMA E SILVA
UNESP-FEG

Novembro de 2016

DADOS CURRICULARES

VITOR ALEXIS YAMAGUTI

| | |
|------------|--|
| NASCIMENTO | 10.05.1991 – SÃO PAULO / SP |
| FILIAÇÃO | Roberto Yutaka Yamaguti Maria Lúcia Deiko Kanashiro Yamaguti |
| 2010/2016 | Curso de Graduação Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Guaratinguetá |

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai, Roberto Yamaguti por todo incentivo e cobrança que fez com que eu sempre desse meu melhor e tivesse a melhor formação possível.

A minha mãe, Maria Lúcia Kanashiro por toda sua dedicação, apoio incondicional e por sempre acreditar em mim.

A minha obá, Fumiko Kanashiro que sempre me incentivou e sente muito orgulho a cada conquista minha.

Aos professores, funcionários e colegas da FEG, em especial da Engenharia Civil, que fizeram parte da minha formação e do meu dia-a-dia durante esses anos, compartilhando muito aprendizado e amadurecimento.

Ao CAEC, no qual tive oportunidade de trabalhar com pessoas incríveis, vivenciando experiências das mais diversas, contribuindo muito na minha formação e escolha profissional.

A University of California Irvine, na qual tive oportunidade de estudar e vivenciar em uma cultura diferente com pessoas do mundo todo, fazendo parte do meu amadurecimento pessoal e profissional.

A Professora e minha orientadora Márcia Freitas, que desde que entrou no DEC sempre apoiou os alunos, fazendo o possível pela manutenção e estruturação da Civil.

A República Palace II que foi parte fundamental do meu desenvolvimento pessoal, morando e compartilhando os desafios e conquistas com amigos incríveis, que levarei para sempre.

YAMAGUTI, V. A. *Estudo do Controle de Prazos e Custos através das ferramentas de Valor, Prazo e Duração Agregada na Construção Civil*. 2016. 63f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

RESUMO

Na construção civil, infelizmente, são corriqueiras as obras entregues acima do orçamento e fora do prazo devido a um falho gerenciamento de projeto. Algumas ferramentas de gerenciamento podem auxiliar a mitigar os riscos de obras entregues com custos e prazos acima do planejado. Neste trabalho é apresentado um estudo de ferramentas de controle de prazos e custos em projetos da construção civil, o Valor Agregado, Prazo Agregado e Duração Agregada, mostrando suas eficácias, apresentando e comparando suas metodologias. São apresentados seus históricos, conceitos teóricos, formulações matemáticas e um estudo de caso para corroborar com a eficácia das ferramentas na execução de uma obra, utilizando Gerenciamento de Valor Agregado e Prazo Agregado. O Valor Agregado há muito tempo está difundido entre os gerenciadores de projetos e sua utilização para o controle de custos se mostra eficaz, porém para a gestão de prazos, apresenta algumas falhas em seus indicadores. O Prazo Agregado, uma extensão da ferramenta de Valor Agregado foi criada para mitigar essas falhas no controle de prazos, mostrando-se mais assertiva, porém com alguns conceitos que ainda intrigam os gerenciadores de projetos. Assim, surgiu a Duração Agregada, que se mostra eficiente e assertiva no controle de prazos, porém, recém-criada, ainda não foi amplamente utilizada em projetos reais para comprovar seu real desempenho.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de Projetos. Valor Agregado. Prazo Agregado. Duração Agregada.

YAMAGUTI, V. A. **Cost and Schedule Control using Earned Value, Schedule and Duration tools in Civil Construction**. 2016. 63p. Graduate Work (Graduate in Civil Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ABSTRACT

In civil construction, unfortunately, constructions delivered over budget and out of date due to poor project management are commonplace. Some management tools can help mitigate the risks of constructions delivered over the costs and time planned. This paper presents a study of schedule and cost control tools in civil construction projects, Earned Value, Earned Schedule and Earned Duration, showing their effectiveness, presenting and comparing their methodologies. Their histories, theoretical concepts, mathematical formulations and a case study are presented to corroborate the effectiveness of the tools in a construction, using Earned Value Management and Earned Schedule. Earned Value for a long time, has been diffused among project managers and its use for cost control is effective, but for schedule management, it presents some flaws in its indicators. The Earned Schedule, an extension of the Earned Value tool was created to mitigate these failures in the control of deadlines. It is more assertive, but it has some concepts that still intrigue the project managers. Thus, the Earned Duration has emerged, which is efficient and assertive in the control of deadlines, but it is recently created. It has not yet been widely used in real projects to prove its real performance.

KEYWORDS: Project Management. Earned Value. Earned Schedule. Earned Duration.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Gráfico de Gantt..... | 19 |
| Figura 2 – Cronograma Físico Financeiro..... | 20 |
| Figura 3 – Exemplo de medições de VA e CR | 25 |
| Figura 4 – Valor Agregado..... | 27 |
| Figura 5 – Prazo Agregado | 35 |
| Figura 6 – Prazo Agregado - Equação | 35 |
| Figura 7 – Prazo Agregado - Exemplo | 37 |
| Figura 8 – Projeto Adiantado, VPr(\$) e VPR(t) | 39 |
| Figura 9 – Projeto Adiantado, IDP(\$) e IDP(t) | 39 |
| Figura 10 – Projeto Atrasado, VPr(\$) e VPR(t)..... | 41 |
| Figura 11 – Projeto Atrasado, IDP(\$) e IDP(t) | 42 |
| Figura 12 – Duração Agregada..... | 45 |
| Figura 13 – Duração Agregada - Equação..... | 46 |
| Figura 14 – Gráfico de Gantt | 48 |
| Figura 15 – Duração Agregada – Índices de Desempenho..... | 49 |
| Figura 16 – Cronograma Físico Financeiro | 53 |
| Figura 17 – Curva S | 54 |
| Figura 18 – Índices de Desempenho de Prazo e Custos..... | 61 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Exemplo de Projeto Adiantado..... | 38 |
| Tabela 2 – Exemplo de Projeto Atrasado..... | 40 |
| Tabela 3 – Exemplo Duração Agregada..... | 45 |
| Tabela 4 – Indicadores Duração Agregada..... | 49 |
| Tabela 5 – Variações de Prazo e Custos | 57 |
| Tabela 6 – Índices de desempenho de Prazo e Custo..... | 58 |
| Tabela 7 – Previsões de Término..... | 59 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| AVA | Análise de Valor Agregado |
| BDI | <i>Budget Difference Income</i> ou Benefícios e Despesas Indiretas |
| C/SCSC | <i>Cost/Schedule Control System Criteria</i> |
| CAP | Cost Account Plan |
| CR | Custo Real |
| CUB | Custo Unitário Básico |
| DA | Duração Agregada |
| DNT | Duração No Término |
| DoD | <i>Department of Defense</i> |
| DP | Duração Planejada |
| DR | Duração Real |
| EAP | Estrutura Analítica de Projetos |
| ENT | Estimativa No Término |
| EPT | Estimativa Para o Término |
| EVMS | <i>Earned Value Management System</i> |
| GDA | Gerenciamento da Duração Agregada |
| GVA | Gerenciamento de Valor Agregado |
| IDA | Índice de Duração Agregada |
| IDC | Índice de Desempenho de Custos |
| IDCR | Índice de Desempenho de Custo de Recuperação |
| IDD | Índice de Desempenho em Duração |
| IDP | Índice de Desempenho de Prazos |
| IDP(t) | Índice de Desempenho de Prazo no Tempo |
| NDIA | <i>National Defense Industrial Association</i> |

| | |
|-----------|--|
| NSIA/EIA | <i>National Standards Institute / Eletronic Industries Association</i> |
| ONT | Orçamento no Término |
| PA | Prazo Agregado |
| PERT/CPM | <i>Program Evaluation and Review Technique / Critical Path Method</i> |
| Sinduscon | Sindicato da Indústria da Construção Civil |
| TR | Tempo Real |
| VA | Valor Agregado |
| VC | Variação de Custo |
| VCT | Variação de Custo no Término |
| VDT | Variação na Duração Total |
| VP | Valor Planejado |
| VPNT | Variação de Prazo No Término |
| VPr | Variação de Prazo |
| VPR(t) | Variação de Prazo no Tempo |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 2 OBJETIVOS | 134 |
| 2.1 OBJETIVOS GERAIS..... | 164 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 164 |
| 3 METODOLOGIA..... | 135 |
| 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 166 |
| 4.1 ANÁLISE DE VALOR AGREGADO..... | 166 |
| 4.1.1 Breve histórico da Análise de Valor Agregado..... | 166 |
| 4.1.2 Conceitos da Análise de Valor Agregado..... | 17 |
| 4.1.2.1 Escopo – Estrutura Analítica de Projetos..... | 18 |
| 4.1.2.2 Cronograma | 18 |
| 4.1.2.3 Orçamentação | 21 |
| 4.1.2.3.1 <i>Orçamentação por Parametrização</i> | 22 |
| 4.1.2.3.2 <i>Cost Account Plan (CAP)</i> | 22 |
| 4.1.2.4 Custo Previsto e Linha de Base | 23 |
| 4.1.3 Utilizando a Análise de Valor Agregado..... | 24 |
| 4.1.3.1 Medições Físicas e de Custo | 24 |
| 4.1.3.2 Formulações matemáticas para acompanhamentos e previsões | 26 |
| 4.1.3.2.1 <i>Variações de Custos e Prazos</i> | 28 |
| 4.1.3.2.2 <i>Índices de Desempenho</i> | 29 |
| 4.1.3.2.3 <i>Previsões de Cenários Futuros</i> | 30 |
| 4.2 PRAZO AGREGADO | 33 |
| 4.2.1 Conceito de Prazo Agregado | 34 |

| | |
|---|----|
| 4.2.2 Comparação entre a Variação de Prazo e Índice de Desempenho de Prazo utilizando o GVA e a sua extensão PA | 38 |
| 4.2.3 Dificuldades do Prazo Agregado..... | 43 |
| 4.3 GERENCIAMENTO DA DURAÇÃO AGREGADA | 43 |
| 4.3.1 Conceito da Duração Agregada..... | 44 |
| 4.3.2 Comparação entre GVA, PA e GDA..... | 48 |
| 4.3.2.1 A difusão do GDA | 51 |
| 5 ESTUDO DE CASO | 52 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 62 |
| REFERÊNCIAS..... | 63 |

1 INTRODUÇÃO

A construção civil, quando comparada a outros setores, se mostra muito atrasada quanto à utilização e desenvolvimento de ferramentas de controle no gerenciamento de seus projetos. Sendo comuns as obras sendo entregues atrasadas e acima do orçamento planejado. Como grandes exemplos que tomaram a mídia recentemente, são as obras da Copa do Mundo (2014) e das Olimpíadas (2016) no Brasil.

O gerenciamento do Valor Agregado, Prazo Agregado e Duração Agregada são uma das ferramentas que podem ser utilizadas nos projetos da construção civil para mitigar os erros na execução de prazos e custos das obras.

O conceito de Valor Agregado começou a ser difundido nos Estados Unidos na década de 1960 e desde então se mostra uma eficiente ferramenta para o controle de custos. Já quando se trata de prazo, os gerenciadores de projetos não se mostram seguros com os indicadores gerados pelo Valor Agregado. Devida a essa defasagem, em 2003 e 2013 foram apresentados aos gerenciadores de projetos os conceitos de Prazo Agregado, uma extensão do Valor Agregado, e a Duração Agregada, respectivamente.

Havendo planejamento e acompanhamento do projeto através dos indicadores fornecidos pela ferramenta é possível verificar quais são os pontos que devem ser atacados, de forma rápida e precisa, para que o projeto seja entregue conforme o planejado.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Estudo de métodos do gerenciamento de projetos utilizando as ferramentas de Valor Agregado, Prazo Agregado e Duração Agregada no controle de prazos e custos na execução de obras.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar e comparar os métodos de Valor, Prazo e Duração Agregada através de seus conceitos e formulações matemáticas. Corroborar, através de um estudo de caso, a eficiência da utilização do Valor Agregado e Prazo Agregado no controle de prazos e custos na execução de obras. E também, avaliar os potenciais ganhos que a utilização da Duração Agregada no controle de projetos pode trazer a construção civil.

3 METODOLOGIA

Primeiramente é apresentada uma pesquisa bibliográfica através de artigos, livros, dissertações e teses. O trabalho mostra três importantes ferramentas no gerenciamento de projetos aplicados à Construção Civil. Para a ferramenta de Valor Agregado, a principal referência utilizada foram os livros e artigos de Ricardo Vargas e para as ferramentas de Prazo Agregado e Duração Agregada, as principais referências foram Paulo Andrade, Walter Lipke e Homayoun Khamooshi.

Para cada ferramenta é apresentado seu histórico, conceitos e formulações matemáticas. Também é feita uma comparação, para um mesmo projeto, entre resultados obtidos para cada ferramenta.

Por fim, são apresentados os resultados de um estudo de caso utilizando o Valor Agregado e o Prazo Agregado, para controle de prazos e custos, de uma obra executada na cidade de São Paulo.

Por ser recém-criado e ainda estar sendo difundida entre os gerenciadores, a Duração Agregada está começando a ser utilizada e testada nos projetos da construção civil. Por isso não é apresentado estudo de caso para essa ferramenta.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 ANÁLISE DE VALOR AGREGADO

O método de Análise de Valor Agregado é uma das ferramentas do Gerenciamento de Projetos utilizada no controle de desempenho dos projetos através da análise comparativa do que foi planejado com o realizado e o realmente gasto financeiramente. Com estes três fatores é possível controlar o desempenho tanto físico quanto monetário do projeto de forma conjunta e interdependentes.

Na construção civil, a Análise de Valor Agregado é uma importante ferramenta no controle orçamentário e da evolução física da obra. Com a correta implementação e análise do método é possível realizar o acompanhamento periódico das atividades, averiguando se as frentes de trabalho estão evoluindo de acordo com o planejado e o que está sendo realmente gasto está seguindo o orçamento para o período. Uma interferência rápida e efetiva nas atividades que estão atrasadas e fora do orçamento é impossível.

4.1.1 Breve Histórico da Análise de Valor Agregado

O conceito de Valor Agregado começou a ser utilizado no começo do século XX, por engenheiros nos Estados Unidos, a fim de controlar o desenvolvimento de produtos nas fábricas. Foi na década de 60, porém, que o método foi utilizado formalmente pela primeira vez através da força aérea americana (VARGAS, 2013).

Segundo Fleming e Koppelman (2000), em 1967 o departamento de defesa dos Estados Unidos, conhecido como DoD (*Department of Defense*), lançou o documento *Cost/Schedule Control System Criteria (C/SCSC)* ou Sistema de Controle de Custo/Cronograma com trinta e cinco critérios, fundamentados nos princípios da Análise de Valor Agregado. Tais critérios deveriam ser seguidos por qualquer empresa privada que desejasse trabalhar com o DoD. Desde então, outros

setores governamentais norte-americanos e de outros países começaram a adotar critérios como estes em seus negócios.

Em 1995, com o intuito de facilitar e atender as mudanças nas empresas no decorrer dos anos, o comitê da Associação Industrial da Defesa Americana ou *National Defense Industrial Association* (NDIA), revisaram os critérios em uma nova versão, agora chamada de *Earned Value Management System* (EVMS) ou Sistema de Gerenciamento de Valor Agregado, contendo trinta e dois critérios a serem atendidos pelas empresas privadas. Estes, foram oficialmente incorporados pelo DoD em 1997.

Para Fleming e Koppelman (2000), o mais importante não foi a revisão e adequação desses critérios e sim, uma mudança de percepção pelas empresas. A Análise de Valor Agregado sendo vista não apenas para uma obrigação contratual, mas como uma eficiente ferramenta no gerenciamento de projetos.

A NDIA continuou trabalhando para que a Análise de Valor Agregado se expandisse além do DoD e, em 1998, conseguiu que os critérios fossem formalmente reconhecidos para todos os setores, através da *American National Standards Institute / Eletronic Industries Association* (NSIA/EIA) ou Instituto Nacional de Normas Americanas / Associação de Indústrias Eletrônicas, criando-se a norma ANSI/EIA 748.

Em 1991, o método foi o foco das atenções da mídia devido ao cancelamento do maior projeto da marinha americana no período, o Programa A-12 Avenger II, após problemas de desempenho serem detectados pela utilização da ferramenta.

Por lei, desde 1998, em todos os contratos de projetos realizados pelos Estados Unidos é necessário constar a Análise de Valor Agregado, sendo uma das formas de controle e fiscalização do governo.

4.1.2 Conceitos da Análise de Valor Agregado

Segundo Vargas (2013), o sucesso de projetos controlados pelo método de Análise de Valor Agregado, deve-se fundamentar em quatro etapas básicas: a definição de escopo,

desenvolvimento de cronograma, orçamentação e estabelecimento de linha de base e do custo previsto.

4.1.2.1 Escopo – Estrutura Analítica de Projetos

O escopo é importante para a definição e atribuição de responsabilidades pelas atividades a serem realizadas pelo projeto atendendo as premissas estabelecidas nos projetos, definindo onde começa e termina o trabalho de cada *stakeholder*, que são as pessoas ou organizações de diversos setores envolvidas no projeto.

A definição do escopo do projeto é feita através do auxílio de ferramentas, como a Estrutura Analítica de Projetos (EAP), amplamente utilizada na construção civil.

A EAP é uma decomposição hierárquica, subdividindo as atividades do projeto em estruturas menores de forma a serem mais facilmente gerenciáveis. Podem-se observar diferentes níveis de trabalho, sendo nos níveis macros as disciplinas dos projetos de forma geral e na base, o nível operacional, a especificação exata da atividade.

4.1.2.2 Cronograma

Depois de adequada definição do escopo é necessário desenvolver o cronograma do projeto, averiguando como as atividades irão se distribuir no tempo. Sendo possível o planejamento para contratar e treinar funcionários, alugar equipamentos, comprar materiais, monitorar o andamento das atividades, identificando periodicamente as diferenças do planejado com o realizado, concentrando o foco nas equipes que eventualmente estejam mais atrasadas.

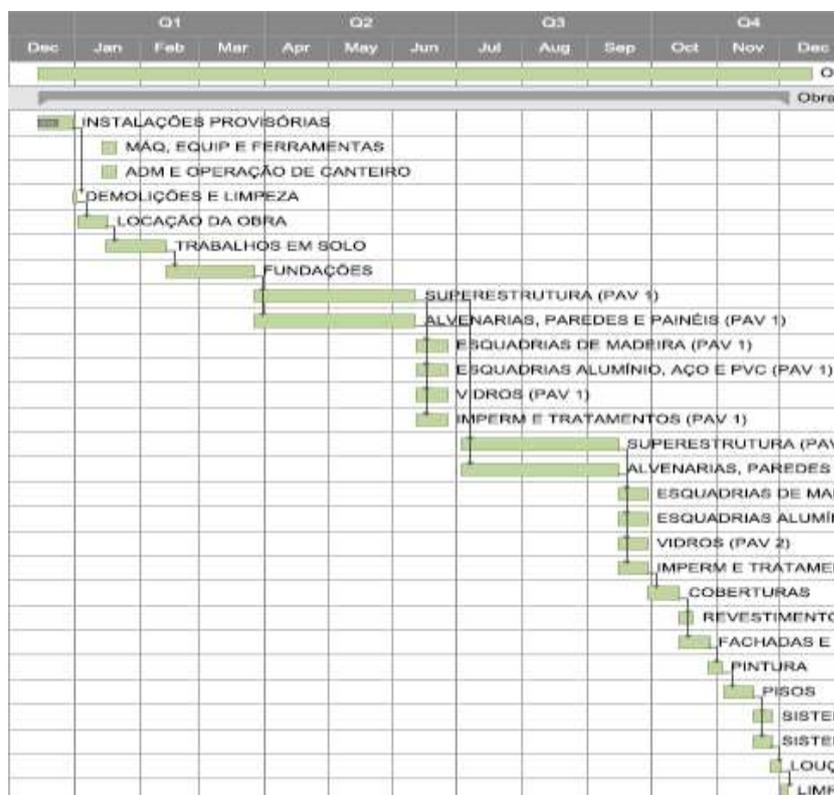
As atividades devem ser distribuídas no tempo com o intuito de se realizar o projeto no menor tempo possível, de acordo com a mão de obra e orçamento disponíveis. Um dos pontos-chaves nos prazos dos projetos são as chamadas atividades críticas, as quais se atrasarem irão comprometer a entrega de todo o projeto. Por isso é necessário definir e integrar as atividades,

determinando suas inter-relações de precedências e subsequências, encontrando-se assim os caminhos críticos das atividades do projeto, e também as atividades que possuem folgas.

A técnica PERT/CPM (*Program Evaluation and Review Technique / Critical Path Method* ou Avaliação de Programa e Técnica de Revisão / Método do Caminho Crítico) ilustra a importância dessa inter-relação no cronograma das atividades, sendo utilizada desde a década de 50 no gerenciamento de projetos com o intuito de definir e integrar eventos destacando suas interdependências.

O conceito do Gráfico de Gantt, criado em 1917, ainda é muito difundido para ilustrar o cronograma das diferentes etapas do projeto, e, juntamente com a técnica PERT, são amplamente utilizados no controle de projeto com a utilização de softwares, como o MS Project. A Figura 1, a seguir, traz um exemplo genérico de sua utilização dentro de uma EAP. É possível verificar também o caminho crítico da obra e visualização geral das tarefas a serem feitas durante o ano.

Figura 1: Gráfico de Gantt.



Fonte: (Autor, 2016).

Na construção civil é muito importante a elaboração de histogramas de mão de obra, distribuindo a necessidade de trabalho nas diferentes atividades com o decorrer do tempo, controlando, assim, o desempenho dos funcionários e a real necessidade de mão de obra específica.

Deve-se elaborar também o cronograma físico-financeiro, distribuindo os gastos planejados no período total do projeto, verificando sua evolução física através da análise da evolução monetária, e também a previsão de desembolso a cada período.

Figura 2: Cronograma Físico Financeiro

| CRONOGRAMA FÍSICO FINANCEIRO | | 15.008.810 | mar-15 | abr-15 | mai-15 | jun-15 | jul-15 | ago-15 | set-15 | out-15 | nov-15 | dez-15 | jan-16 | fev-16 | Acum. |
|------------------------------|---|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| EAP 01 | ENSAIOS E CONTROLE TECNOLÓGICO | 118.316 | 0% | 5% | 5% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 100% |
| EAP 02 | INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS - CANTEIRO | 137.895 | 25% | 25% | 25% | 25% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 100% |
| EAP 03 | MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS | 105.920 | 0% | 5% | 5% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 100% |
| EAP 04 | ADMINISTRAÇÃO E OPERAÇÃO DE CANTEIRO | 1.285.644 | 5% | 8% | 8% | 8% | 8% | 8% | 9% | 9% | 9% | 9% | 9% | 9% | 100% |
| EAP 05 | TAXAS ADMINISTRATIVAS E OUTROS ENCARGOS | 1.308.540 | 1% | 1% | 4% | 12% | 18% | 19% | 6% | 6% | 6% | 11% | 9% | 7% | 100% |
| EAP 06 | DEMOLIÇÕES E LIMPEZA | 35.400 | 9% | 9% | 9% | 9% | 8% | 8% | 8% | 8% | 8% | 8% | 8% | 8% | 100% |
| EAP 07 | LOCAÇÃO DA OBRA | 46.744 | 0% | 20% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 5% | 5% | 5% | 5% | 100% |
| EAP 08 | TRABALHOS EM SOLO | 1.473.502 | 0% | 0% | 0% | 50% | 50% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 100% |
| EAP 09 | CONTENÇÕES DE TERRENO | 4.165.181 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 0% | 0% | 100% |
| EAP 10 | FUNDAÇÕES | 6.331.669 | 0% | 0% | 4% | 14% | 25% | 20% | 3% | 3% | 3% | 10% | 10% | 8% | 100% |

Fonte: (Autor, 2016).

4.1.2.3 Orçamentação

A estimativa de custos na construção civil leva em conta uma grande quantidade de atividades de diferentes disciplinas, como arquitetura, estrutura, instalações elétricas, hidráulicas, combate ao incêndio, climatização, entre outros. É necessário considerar além dos custos diretos com a execução da obra, as despesas indiretas. Estas incluem os gastos administrativos, com a equipe de engenharia da construção, instalações do canteiro, seguros, impostos e outros gastos que não agregam diretamente na execução do edifício. As despesas indiretas somadas ao lucro que se pretende obter com o empreendimento compõe o chamado BDI (*Budget Difference Income* ou Benefícios e Despesas Indiretas).

Os orçamentos devem sempre considerar o cronograma de execução, prevendo a data de compras dos insumos, aluguel de equipamentos, contratação de mão de obra, logística de estoques e possíveis correções inflacionárias nos contratos.

O processo orçamentário mais tradicional na fase de viabilidade das construções é a estimativa por metro quadrado (m²) de edificações similares, como o CUB (Custo Unitário Básico), sendo um método rudimentar que não contempla a complexidade do processo. Considera apenas estimativas através de números de quartos, banheiros, áreas privativas e se a edificação é de alto, médio ou baixo padrão.

O CUB foi criado em 1964, sendo uma lei federal para estimar custos dos imóveis. É também utilizado como índice de reajuste dos preços em contratos, reajustado mensalmente pelo SindusCon (Sindicato da Indústria da Construção Civil) de cada região do país. Deveria ser utilizado apenas como um indicador e não para estimar os custos de imóveis.

Para Gonçalves e Ceotto (2014), um dos principais problemas enfrentados na construção civil é que a elaboração dos projetos dos empreendimentos não é associada ao planejamento orçamentário. Isto deveria acontecer desde a fase de Viabilidade, através do Estudo de Massa até a execução do *As Built*, avaliando e revisando o desempenho obtido para o planejamento do próximo empreendimento.

Os autores também complementam que é possível uma preparação adequada do custo orçamentário com as informações retiradas ainda na fase de Viabilidade, antes de qualquer

desenho ser realizado, através de um Estudo de Massa bem elaborado (potencial construtivo, premissas do código de obras, especificações gerais da edificação), juntamente com especificações básicas dos sistemas e acabamentos. Assim é possível levar ao cliente o provável fluxo de desembolso, verificando se as estimativas são compatíveis com o esperado para prosseguir com a elaboração dos projetos e execução do empreendimento.

4.1.2.3.1 Orçamentação por Parametrização

O método de orçamentação por parametrização na construção civil vem mostrando que é possível a obtenção de custos consistentes desde as fases iniciais do empreendimento. É necessário adotar um plano de contas único, do início ao fim da obra, para que se tenha uma evolução da informação de forma estruturada e padronizada. A base do orçamento paramétrico é o potencial construtivo do terreno, presente no Estudo de Massa e o programa do empreendimento. (GONÇALVES; CEOTTO, 2014)

Na quantificação dos insumos, a parametrização correlaciona, por aproximação, os custos dos principais itens e atividades da obra, priorizando-se aqueles que têm maior influência nos custos. Após a coleta de dados e prioridades, obtêm-se algoritmos para essas quantificações, estabelecendo os parâmetros utilizados para as estimativas de custos, possibilitando o controle e análise de cada serviço orçado de forma ordenada. Os algoritmos podem ser reutilizados em novos projetos com as correções necessárias após análise de possíveis distorções entre o que foi orçado e o realmente gasto.

4.1.2.3.2 Cost Account Plan (CAP) ou Plano de Contas e Custos

Para a realização de um planejamento financeiro estruturado para o projeto, é necessária a realização do chamado *Cost Account Plan* (CAP) ou Plano de Contas e Custos. Um dos critérios contemplado pelo DoD (1997) é a criação de células de controle dentro da EAP do projeto, separando os itens em grupos específicos alinhados com orçamento, possibilitando uma avaliação detalhada de cada grupo de trabalho separadamente.

Para Vargas (2013), as CAPs devem ser essencialmente compostas pelas seguintes informações:

- Definição do escopo das atividades de cada grupo de trabalho
- Prazo das atividades e suas relações de interdependências
- Custos das atividades e recursos permitidos
- O responsável direto pelas execuções atividades que reportará seus desempenhos ao responsável pelo gerenciamento do projeto

Não existe um número de CAPs ideal a ser utilizado nos projetos, porém deve-se levar em conta que quanto maior o número de CAPs mais detalhada será análise de cada atividade. Isto requer, porém, maior trabalho nas avaliações, aumentando a possibilidade de falhas nas análises.

4.1.2.4 Custo Previsto e Linha de Base

Após o escopo definido através da EAP, cronograma estabelecido e orçamento realizado com os recursos alocados em pacotes de trabalho, é importante o estabelecimento da linha de base do projeto. Esta contém todas as informações para o desenvolvimento do projeto, como os planejamentos de custo, pacotes de trabalho, responsabilidades, entre outros. (VARGAS, 2013)

A linha de base é utilizada como referência para comparações entre o desempenho planejado e o real. Os custos estimados a partir do orçamento são distribuídos no tempo constituindo o Valor Planejado (VP). Esta projeção financeira é utilizada como parâmetro nas análises e cálculos dos progressos físicos e de custos do projeto.

4.1.3 Utilizando a Análise de Valor Agregado

4.1.3.1 Medições Físicas e de Custo

Sem adequadas medições de desempenho do projeto, o método de Análise de Valor Agregado perde a sua função. Diferentes formas de medições tanto de Valor Agregado (VA) quanto de Custo Real (CR), podem ser utilizadas.

Na medição do valor agregado deve ser considerado o quanto foi executado no período de análise. As medições periódicas não são exatamente precisas, pois a maioria é realizada de forma visual e quantitativa. Não se mede apenas o início e o fim de cada atividade, seu acompanhamento é realizado no decorrer do tempo para atualização de *status*.

As medições de valor agregado podem ser analisadas através dos valores planejados, percentuais fixos ou não, unidades equivalentes, marcos com valores ponderados, fórmulas fixas, entre outros.

Para Vargas (2013), as medições de custos devem considerar os desembolsos reais realizados até o período de análise, isto é, os custos indiretos e os diretos, que incluem os custos associados diretamente à execução do projeto, o consumo de estoque, pagamentos por cumprimento de metas e os trabalhos aceitos como contas a pagar.

Deve-se dar atenção especial para os adiantamentos e atrasos de pagamentos e estoques, pois estes podem levar a uma equivocada interpretação das medições de custos reais, tanto negativa como positiva. Ajustes nas medições de custos devem ser realizados para a adequada análise destes casos.

De acordo com Vargas (2013), custos reais devem ser reduzidos quando há adiantamento nos pagamentos para mão de obra ou insumos, mas não há a realização do trabalho. E devem ser aumentados quando pagamentos não são efetuados com trabalhos já realizados, seja o caso de atrasos ou de atividades realizadas por terceiros com pagamento futuro.

Para ilustrar o processo de medições, segue como exemplo, na Figura 3, a instalação do piso vinílico de um hospital em uma área de 500m², com custo planejado de R\$100.000,00, a ser executado em 3 meses, sem adiantamentos ou consumo de estoques.

Figura 3: Exemplo de medições de VA e CR.

| | Mês 1 | Mês 2 | Mês 3 | Mês 4 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Valor Planejado (VP) | 30.000 | 40.000 | 30.000 | 30.000 |
| Valor Agregado (VA) | 25.000 | 35.000 | 30.000 | 10.000 |
| Custo Real (CR) | 30.000 | 40.000 | 40.000 | 10.000 |

| Acumulado | Mês 1 | Mês 2 | Mês 3 | Mês 4 |
|----------------------|--------|--------|---------|---------|
| Valor Planejado (VP) | 30.000 | 70.000 | 100.000 | |
| Valor Agregado (VA) | 25.000 | 60.000 | 90.000 | 100.000 |
| Custo Real (CR) | 30.000 | 70.000 | 110.000 | 120.000 |

Fonte: (Autor, 2016).

Como pode ser visto na Figura 4, houve um atraso de 1 mês e aumento de custo de R\$ 20.000,00 para execução da atividade. No mês 1, por exemplo, o CR foi o planejado, porém houve uma evolução física menor que a prevista, agregando-se R\$ 5.000,00 a menos.

O Custo Real é o valor que foi desembolsado para realização da atividade no período e o Valor Agregado é a evolução física da atividade, Esta medição é realizada de forma visual, verificando o quanto da atividade foi executada. No exemplo, o quanto de piso vinílico foi instalado em determinada área. Uma das maneiras de se medir é verificar quantos metros quadrados foram executados e qual a porcentagem isso representa do total (500m²). No mês 1, agregou-se ¼ do serviço, representando uma evolução física, em unidades monetárias, de R\$ 25.000,00

Os custos indiretos não contribuem diretamente na execução do produto do projeto, são custos que são medidos 100% para o período em análise, estando sempre no prazo e de acordo com o orçamento, o que não necessariamente reflete no andamento das atividades do projeto. Não há como medir parcialmente um custo indireto, como salários ou aluguéis. Por isso, muitos gerentes de projetos se opõem à inclusão dos custos indiretos na Análise do Valor Agregado.

Segundo Vargas (2013), entretanto, não é possível desconsiderar todos os itens dos custos indiretos, pois na maioria dos projetos, representam mais de 15% dos valores totais. Acrescenta-se o fato que a análise dos custos indiretos permite uma avaliação se a infraestrutura do projeto atendeu ao proposto.

4.1.3.2 Formulações matemáticas para acompanhamentos e previsões

No Gerenciamento do Valor Agregado (GVA), através do Valor Planejado, Valor Agregado e Custo Real, são obtidas as medidas de desempenho através de correlações e comparações, definidos pelo DoD (1997).

Valor Planejado (VP) é a evolução (em unidades monetárias) esperada em determinado período. Geralmente, tem-se o VP de cada mês do projeto para análise do desempenho, comparando com aquilo que realmente foi produzido e gasto.

Valor Agregado (VA) é a evolução real (em unidades monetárias) do projeto, o que realmente foi realizado em determinado período. Ao se comparar com o VP, verifica-se se o projeto está no prazo, adiantado ou atrasado.

Custo Real (CR) é o valor (em unidades monetárias) incorrido, que realmente foi gasto no período em análise. Pode-se gastar mais ou menos que o planejado para realizar, agregar valor, a determinada atividade. Ao se comparar com o VP, verifica-se se o projeto está custando conforme, acima ou abaixo do planejado.

A figura 4 ilustra as três curvas-S utilizadas no GVA, os valores monetários acumulados de VA, VP e CR são plotados através do tempo. A curva S é assim denominada devido ao formato, o desenvolvimento de um projeto não ocorre de forma linear. A evolução do projeto é morosa no

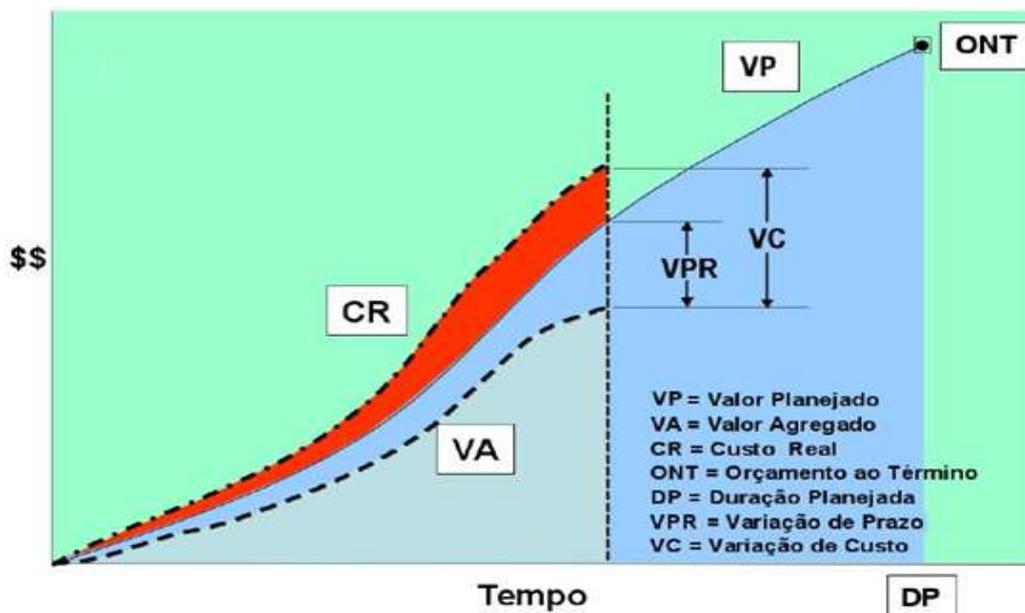
começo devido à inércia inicial do empreendimento, aumentando gradativamente até atingir seu pico, geralmente entre 50% e 60%, pelo fato de muitas atividades do projeto serem executadas nesse mesmo período. Após essa inclinação máxima da curva, as atividades executadas distribuídas no tempo começam a baixar gradativamente. Pela curva S é possível claramente visualizar os desvios entre o planejado e o realizado durante todo o ciclo do projeto.

A visualização gráfica facilita o acompanhamento e análise dos projetos, a partir da curva de VA (área cinza) é possível verificar o status do projeto ao compará-la com as curvas do VP (área azul) e do CR (área vermelha).

A curva VP é a linha de base que foi planejada para o projeto, a partir da qual se analisa os desempenhos de prazo e custo. Isto é, para cada período de tempo se tem um valor que deve ser a referência tanto em relação a custos quanto em evolução física do projeto.

No exemplo, nota-se que o projeto está atrasado e com os custos acima do planejado para o período em análise (linha vertical tracejada), o que infelizmente é o que ocorre com a maioria dos projetos.

Figura 4: Valor Agregado



Fonte: (Andrade, 2010).

O que está sendo produzido está abaixo do planejado, portanto os gerenciadores devem tomar medidas para que a execução do projeto alcance o planejado e termine no prazo previsto. O projeto está atrasado desde seu início e, com o passar do tempo, seu desempenho está piorando, pois a curva VA está abaixo de VP e vem se distanciando cada vez mais uma da outra.

Em relação aos custos, também se percebe que estão consideravelmente acima do planejado desde o início do projeto, e vem seguindo essa tendência até o momento de análise. Vem se agregando muito pouco ao projeto com custos muito elevados.

Cada projeto tem suas particularidades e as ações a serem tomadas pelos gerenciadores dependeram de cada caso. O projeto tem a possibilidade de estar atrasado e acima do orçamento conforme o exemplo acima, mas também estar só atrasado com os custos conforme o planejado ou até mesmo abaixo. Outra possibilidade é o projeto estar acima do orçamento, porém dentro do prazo ou até adiantado. E por fim, o ideal seria o projeto seguir o VP a risca, com diferenças irrelevantes entre o planejado e executado para custos e cronograma.

4.1.3.2.1 *Variações de Custos e Prazos*

Correlacionando-se os valores de VA, VP e CR às variações de custo e prazo, em unidades monetárias, podem ser obtidas.

- Variação de Custo (VC)

É obtida através da diferença entre o custo previsto e o que realmente foi realizado para período em análise.

$$VC = VA - CR \quad (1)$$

Sendo,

VC = 0 : custos conforme planejado

VC > 0 : custos acima do planejado

VC < 0 : custos abaixo do planejado

- Variação de Prazo (VPr)

Comparando-se o que foi planejado e o que foi realmente realizado para o período em análise, obtêm-se a Variação de Prazo.

$$VPr = VA - VP \quad (2)$$

Sendo,

VPr = 0 : prazo conforme planejado

VPr > 0 : prazo acima do planejado - adiantado

VPr < 0 : prazo abaixo do planejado - atrasado

4.1.3.2.2 *Índices de Desempenho*

Para análise numérica e possíveis previsões de prazos e custos dos projetos, índices de desempenhos são utilizados. Os mais importantes e amplamente utilizados são o Índice de Desempenho de Custo (IDC) e Índice de Desempenho de Prazo (IDP).

- Índice de Desempenho de Custos (IDC)

É a divisão entre o que foi agregado no projeto e seu custo real, obtendo-se a conversão entre os custos reais consumidos pelo projeto e o valor agregado.

$$IDC = \frac{VA}{CR} \quad (3)$$

Sendo,

IDC = 1,0: custo conforme planejado

IDC > 1,0: custo abaixo do planejado

IDC < 1,0: custo acima do planejado

- Índice de Desempenho de Prazos (IDP)

É a divisão entre o que foi agregado e o previsto no projeto, obtendo-se a conversão entre o valor planejado e o agregado.

$$IDP = \frac{VA}{VP} \quad (4)$$

Sendo,

IDP = 1,0: desempenho de prazo conforme planejado

IDP > 1,0: desempenho de prazo acima do planejado - Adiantado

IDP < 1,0: desempenho de prazo abaixo do planejado – Atrasado

- Índice de Desempenho de Custo de Recuperação (IDCR)

Representa a relação do que falta ser realizado com a verba disponível, de acordo com o planejado para o período em análise. A diferença é obtida pelo Orçamento No Término (ONT).

$$IDCR = \frac{ONT-VA}{ONT-VP} \quad (5)$$

É importante observar que da mesma forma que os índices muito acima de 1,0 refletem o insatisfatório desempenho dos projetos, os índices muito abaixo de 1,0 também não representam um bom indicativo. Se o projeto está muito adiantado e/ou está custando muito abaixo do orçamento, isto significa que o planejamento foi realizado de forma a superestimar prazos e/ou custos, ambos devem ser inter-relacionados para serem otimizados.

4.1.3.2.3 Previsões de Cenários Futuros

A previsão de cenários futuros é um dos principais objetivos na Análise de Valor Agregado, obtendo-se a partir do desempenho até o período de análise, projeções finais de custos e prazos.

As previsões podem ser feitas dentro de diferentes cenários, por isso deve-se levar em conta as chamadas estimativas otimistas, realistas e pessimistas.

Nas estimativas otimistas, leva-se em conta que, a partir do período em análise, o trabalho restante a ser executado seguirá à risca o planejado, tanto em custos quanto em prazos. Isto é, índices=1,0 para o restante do projeto.

As estimativas realistas pressupõem que o restante do trabalho a ser realizado seguirá a mesma tendência do realizado até o período em análise. Isto é, considera-se que os índices de desempenho seguirão os mesmos até o final do projeto.

Por fim, as estimativas pessimistas consideram que a tendência do projeto será influenciada tanto pelos índices de custo quanto pelos índices de prazos. E como, existe uma tendência natural dos índices serem inferiores a 1, o produto dos índices irá levar as estimativas para baixo.

-Estimativa Para o Término (EPT)

É o custo restante previsto para se completar o projeto a partir do período em análise. Podem-se considerar três estimativas.

- Estimativa Otimista: baseada no orçamento original

$$EPT_o = ONT - VA \quad (6)$$

- Estimativa Realista: baseada no desempenho de custo

$$EPT_r = \frac{ONT - VA}{IDC} \quad (7)$$

- Estimativa Pessimista: baseada no desempenho de prazo e custo

$$EPT_p = \frac{ONT - VA}{IDC \times IDP} \quad (8)$$

-Estimativa No Término (ENT)

É o custo final previsto para se completar o projeto a partir do período em análise. Pode-se considerar três estimativas.

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

- Estimativa Otimista: baseada no orçamento original

$$ENT = CR + (ONT - VA) \quad (10)$$

- Estimativa Realista: baseada no desempenho de custo

$$ENT = CR + \left(\frac{ONT - VA}{IDC} \right) \quad (11)$$

- Estimativa Pessimista: baseada no desempenho de prazo e custo

$$ENT = CR + \left(\frac{ONT - VA}{IDC \times IDP} \right) \quad (12)$$

-Duração No Término (DNT)

É a duração revisada, no período em análise, para o final do projeto comparada com a Duração Prevista (DP) inicial.

$$DNT = \left(\frac{\frac{ONT}{IDP}}{DP} \right) = DP / IDP \quad (13)$$

- Variação de Custo (VC)

É a diferença de custo entre o orçamento e sua estimativa prevista no término.

$$VNT = ONT - ENT \quad (14)$$

Sendo,

VNT = 0 : custos conforme planejado

VNT > 0 : custos acima do planejado

VNT < 0 : custos abaixo do planejado

-Variação de Prazo No Término (ENT)

É a diferença de prazo entre o planejamento inicial e o revisado no período em análise.

$$VPNT = DP + DNT \quad (15)$$

Sendo,

VPNT = 0 : prazo conforme planejado

VPNT > 0 : prazo acima do planejado - adiantado

VPNT < 0 : prazo abaixo do planejado – atrasado

4.2 PRAZO AGREGADO

A análise de desempenho de custo pelo GVA se mostra eficiente durante todo o projeto, sem mudanças de comportamento dos índices com o passar do tempo. Porém, a análise de desempenho de prazo apresenta falhas que fazem com que suas informações sejam pouco confiáveis em sua utilização pelos gerenciadores. As análises de prazo, muitas vezes, acabam sendo avaliadas unicamente a partir da rede de cronograma.

Lipke (2009) resume a maior confiabilidade da análise de custo do que a de prazo em três motivos:

1. Os indicadores de prazo não apresentam com precisão o desempenho real em prazo.
2. Em projetos atrasados, o comportamento dos indicadores de prazo se apresentam falhos.
3. Os indicadores de prazo são obtidos através de valores monetários, custos, e não pelo tempo, o que seria mais intuitivo.

Durante muitos anos essa deficiência na análise de prazo pelo GVA perdurou sem o desenvolvimento de uma nova ferramenta que pudesse minimizar as falhas nos indicadores de prazo. Em 2003, o norte-americano Walter H. Lipke introduziu uma extensão ao GVA, a técnica de Prazo Agregado (PA), apresentando uma forma muito mais eficiente e confiável do que a análise de prazo pelo GVA.

Não sendo necessária a coleta de nenhum novo dado, o PA é uma nova maneira de se analisar os dados obtidos pelo GVA, proporcionando avanços na análise de cronograma e previsão.

4.2.1 Conceito de Prazo Agregado

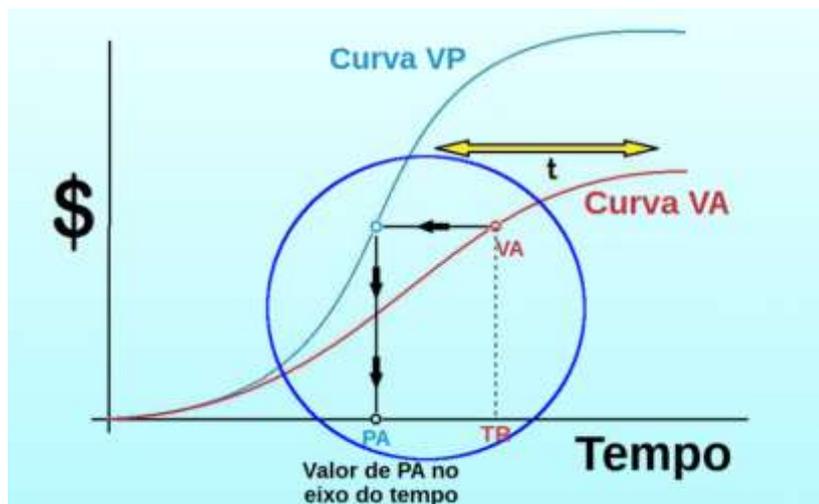
Graficamente, o Prazo Agregado (PA) é o ponto projetado na curva VP que o VA deveria estar conforme o planejado. Isto é, procura-se determinar o instante (tempo) que o valor de VA deveria ter ocorrido (curva VP), o qual deve ser utilizado para a correta análise de desempenho de prazo.

O valor projetado encontrado na curva VP pode ocorrer em qualquer instante de tempo, portanto na maioria das vezes não será encontrado valores inteiros e sim fracionados. Através do gráfico, encontra-se o ponto PA que seria a soma do tempo inteiro e da fração de tempo (diferença entre o ponto PA e seu valor de tempo inteiro imediatamente inferior).

As Figuras 5 e 6 abaixo ilustram as curvas VA, VP e a projeção do ponto PA. Através de semelhança de triângulos e trigonometria básica, é possível encontrar o valor fracionado, e

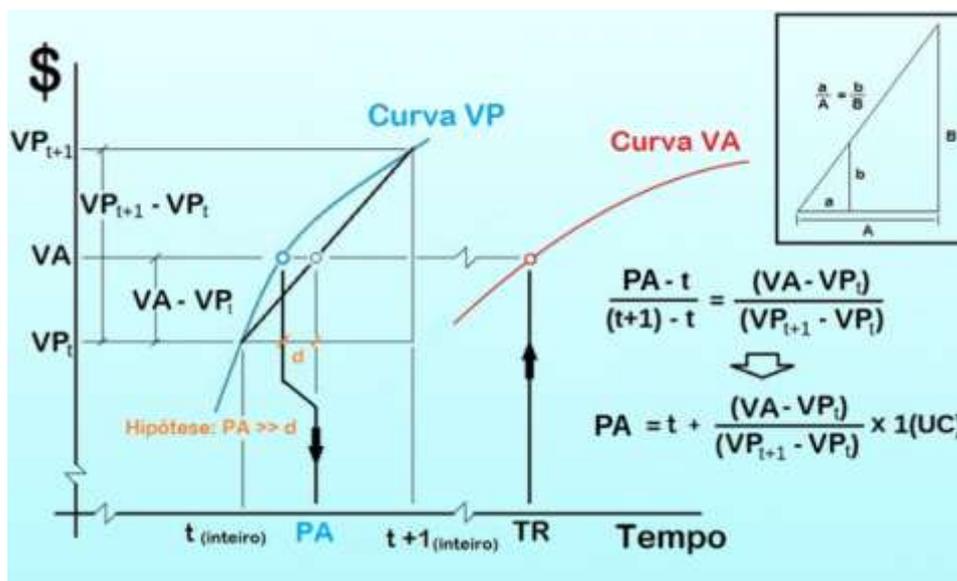
consequentemente o valor de PA. TR é o tempo real que o projeto está, projetado através da curva VA.

Figura 5: Prazo Agregado



Fonte: (Vanhoucke, 2016).

Figura 6: Prazo Agregado - Equação



Fonte: (Vanhoucke, 2016).

Conforme demonstrado na Figura 6, encontra-se:

- Prazo Agregado (PA):

$$PA = t + \frac{VA - VP_t}{VP_{t+1(UC)} - VP_t} \times 1(UC) \quad (16)$$

No qual, t é o maior valor inteiro de período de tempo menor que PA. Os subscritos t são os valores inteiros dos períodos de tempo, já UC (unidades de calendário) é a conversão da fração de tempo para que esta seja dimensionalmente correta.

Através de PA, é possível estabelecer os indicadores de prazo que se comportam de maneira adequada, de forma análoga aos de custos.

- Variação de Prazo (VPR(t)):

$$VPR(t) = PA - TR \quad (17)$$

Sendo,

VPR(t) = 0 : prazo conforme planejado

VPR(t) > 0 : prazo agregado acima do planejado - adiantado

VPR(t) < 0 : prazo agregado abaixo do planejado - atrasado

- Índice de Desempenho de Prazo (IDP(t)):

$$IDP(t) = \frac{PA}{TR} \quad (18)$$

Sendo,

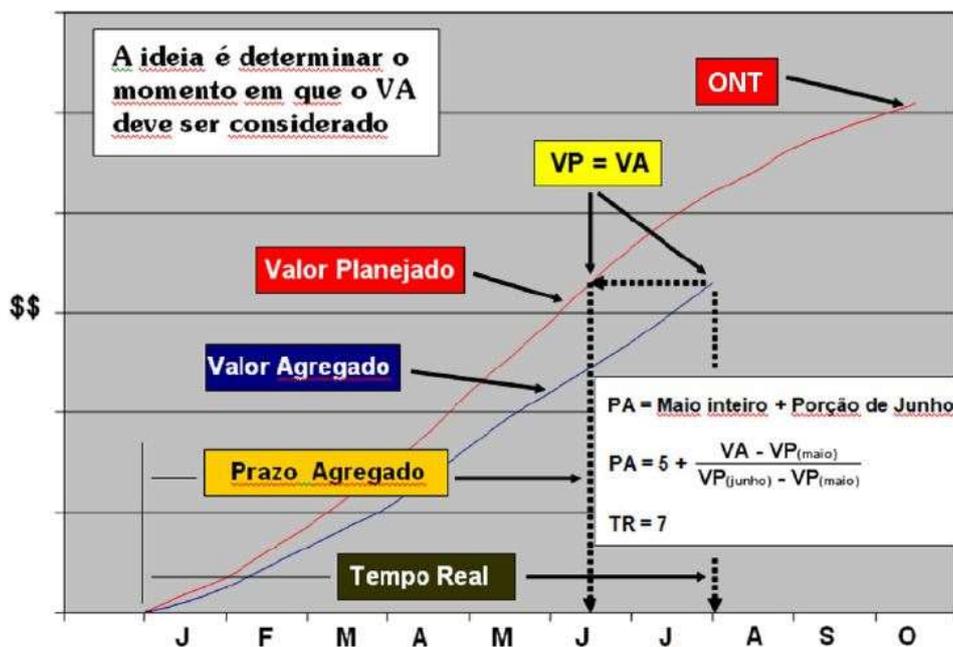
IDP(t) = 1,0: desempenho de prazo conforme planejado

IDP(t) > 1,0: desempenho de prazo acima do planejado - adiantado

IDP(t) < 1,0: desempenho de prazo abaixo do planejado – atrasado

Para exemplificar, a Figura 7 mostra as curvas, as projeções e o período de tempo, em meses, de um empreendimento que está atrasado em relação ao planejado.

Figura 7: Prazo Agregado - Exemplo



Fonte: (Vanhoucke, 2016).

Como pode ser observado no gráfico, o projeto está no término do sétimo mês (julho), isto é, tempo real TR=7. O desempenho, até o momento, não está conforme o planejado, projetando-se na curva de VP, o valor agregado até o momento (final de julho) seria o esperado para ocorrer em algum dia de junho (valor de VA é maior que o VP de maio e menor que o VP de junho).

O maior valor inteiro t de período de tempo menor que PA que é 5 (mês de maio completo), portanto $t+1 = 6$. Assim, através da equação demonstrada na Figura 7, determina-se facilmente o valor de PA e também os valores de VPR(t) e do IDP(t).

4.2.2 Comparação entre a Variação de Prazo e Índice de Desempenho de Prazo utilizando o GVA e a sua extensão PA

Para mostrar a eficiência da utilização do Prazo Agregado e suas vantagens em relação ao método tradicional através do GVA, seguem dois exemplos fictícios de projetos, um adiantado e outro atrasado.

- Projeto Adiantado

Tabela 1: Exemplo de Projeto adiantado

| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maior | Junho |
|-------------|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| VP (\$1000) | 100 | 250 | 400 | 650 | 750 | 1.000 |
| VA (\$1000) | 100 | 280 | 480 | 740 | 1.000 | |
| VPr(\$) | 0 | 30 | 80 | 90 | 250 | |
| IDP(\$) | 1,00 | 1,12 | 1,20 | 1,14 | 1,33 | |
| TR | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| PA | 1,00 | 2,20 | 3,32 | 4,90 | 6,00 | |
| VPR(t) | 0,00 | 0,20 | 0,32 | 0,90 | 1,00 | |
| IDP(t) | 1,00 | 1,10 | 1,11 | 1,23 | 1,20 | |

Fonte: (Autor, 2016).

Através dos valores de VP e VA conhecidos, encontram-se os demais parâmetros para o cálculo dos índices de desempenho.

Para março (mês 3), por exemplo, pelas equações demonstradas anteriormente, tem-se:

$$VPr = 480.000 - 400.000 = 80.000$$

$$IDP = 480.000/400.000 = 1,20$$

Sendo VA(março) = 480.000 e VP(março) = 400.000, PA está entre os meses de março e abril, portanto t=3.

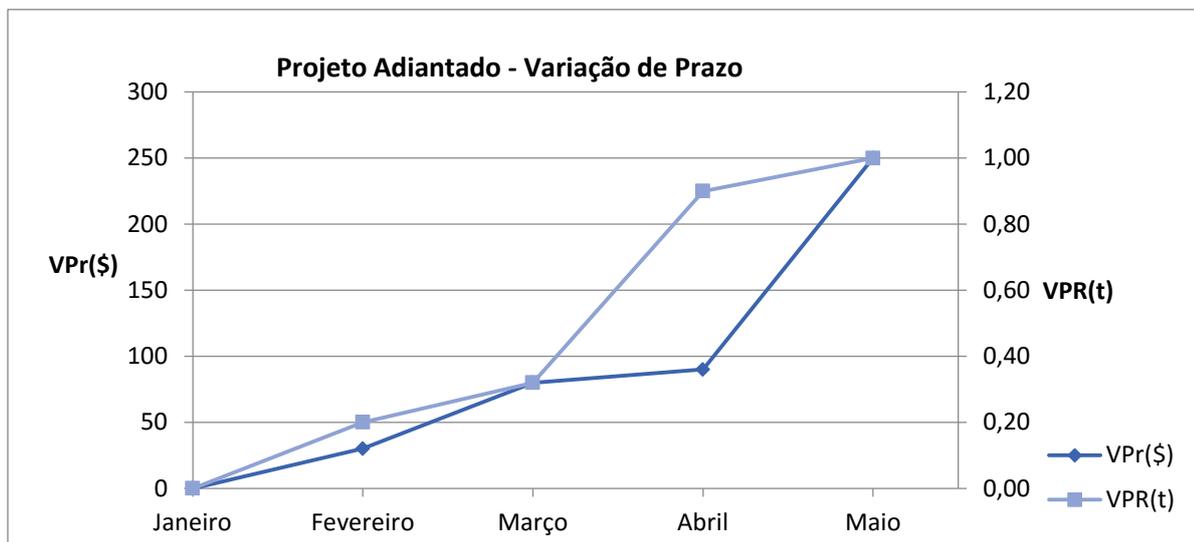
$$PA = 3 + (480.000 - 400.000) / (650.000 - 400.000) = 3,32$$

$$VPR(t) = 3,32 - 3,00 = 0,32$$

$$IDP(t) = 3,32 / 3,00 = 1,1$$

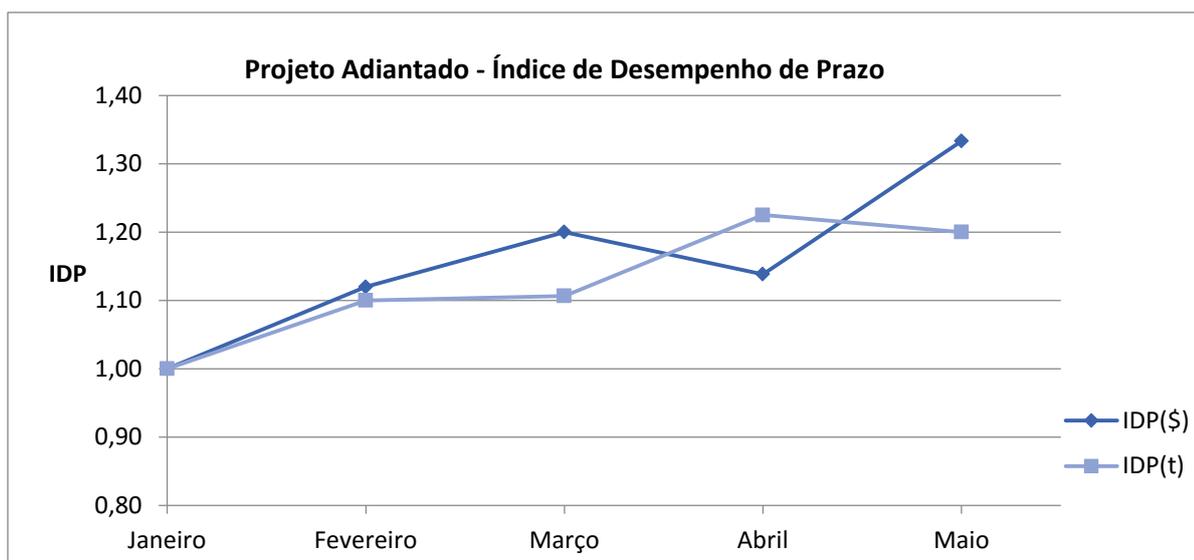
As Figuras 8 e 9 a seguir mostram os gráficos de VPr e IDP para o projeto adiantado em questão.

Figura 8: Projeto adiantado, VPr(\$ e VPR(t)



Fonte: (Autor, 2016).

Figura 9: Projeto adiantado, IDP(\$ e IDP(t)



Fonte: (Autor, 2016).

Para Variação de Prazo, as duas curvas seguem a mesma tendência de crescimento, porém há uma diferença brusca no crescimento das curvas entre o período de março/abril e abril/maio, Isto se deve ao fato que o método de cálculo do PA leva em conta o aumento dos recursos planejados para o mês seguinte. Assim, o valor de VPR(t) de março já considera os esforços a serem empenhados para seguir o planejado do mês de abril, o que é uma grande vantagem.

Da mesma forma que para a Variação de Prazo, pelo fato do PA levar em conta o planejado para o próximo mês, o comportamento das curvas do gráfico do IDP diferem nos meses de abril e maio.

- Projeto Atrasado

Tabela 2: Exemplo de Projeto atrasado

| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maio | Junho | Julho | Agosto |
|-------------|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| VP (\$1000) | 100 | 250 | 400 | 650 | 750 | 1.000 | | |
| VA (\$1000) | 80 | 200 | 300 | 470 | 600 | 780 | 900 | 1.000 |
| VPr(\$) | -20 | -50 | -100 | -180 | -150 | -220 | -100 | 0 |
| IDP(\$) | 0,80 | 0,80 | 0,75 | 0,72 | 0,80 | 0,78 | 0,90 | 1,00 |
| TR | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| PA | 0,80 | 1,67 | 2,33 | 3,28 | 3,50 | 5,12 | 5,60 | 6,00 |
| VPR(t) | -0,20 | -0,33 | -0,67 | -0,72 | -1,50 | -0,88 | -1,40 | -2,00 |
| IDP(t) | 0,80 | 0,83 | 0,78 | 0,82 | 0,70 | 0,85 | 0,80 | 0,75 |

Fonte: (Autor, 2016).

Novamente para março (mês 3) como exemplo, tem-se:

$$VPr = 300.000 - 400.000 = -100.000$$

$$IDP = 300.000/400.000 = 0,75$$

Sendo $VA(\text{março}) = 300.000$ e $VP(\text{março}) = 400.000$, PA está entre os meses de fevereiro e março, portanto $t=2$.

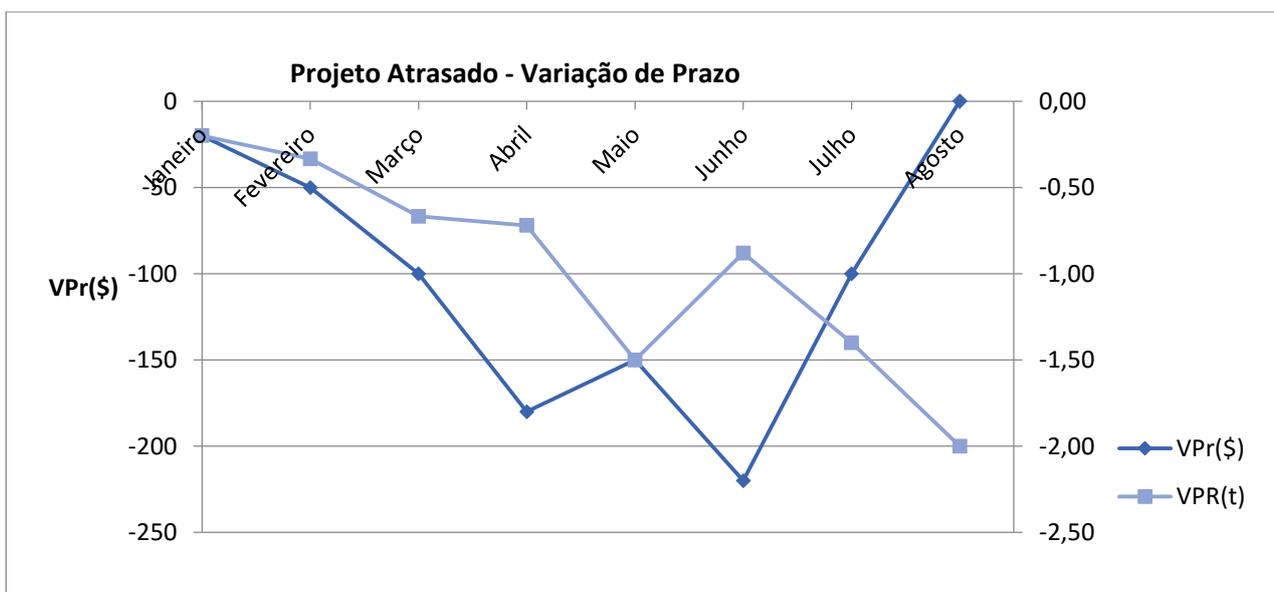
$$PA = 2 + (300.000 - 250.000) / (400.000 - 250.000) = 2,33$$

$$VPR(t) = 2,33 - 3,00 = -0,67$$

$$IDP(t) = 2,33 / 3,00 = 0,78$$

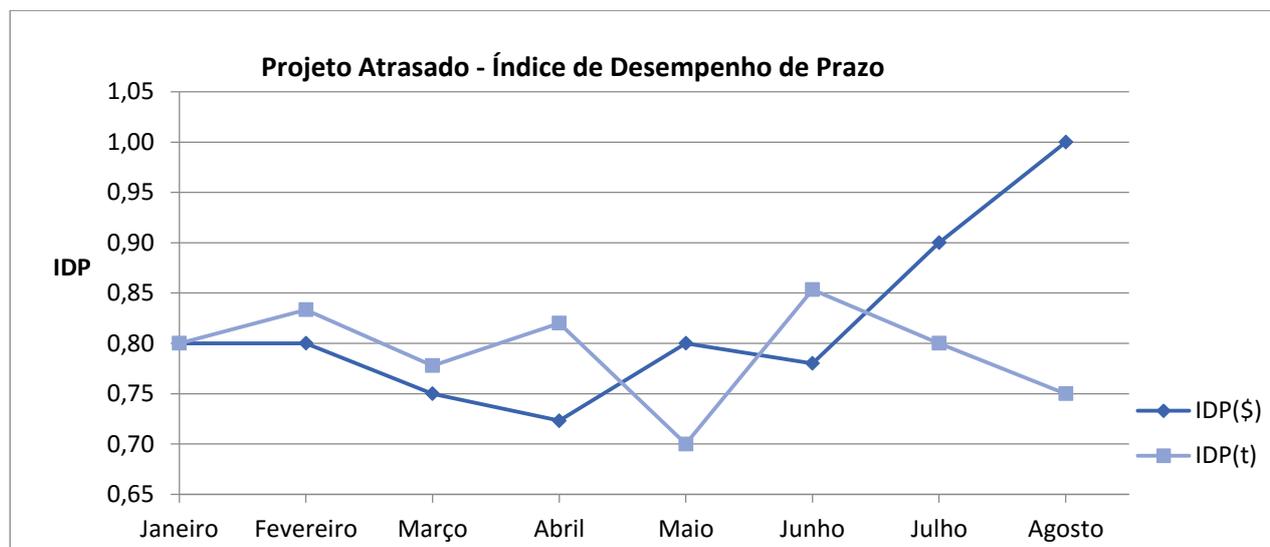
As figuras 10 e 11 a seguir mostram os gráficos de VPr e IDP para o projeto atrasado em questão.

Figura 10: Projeto atrasado, VPr(\$) e VPR(t)



Fonte: (Autor, 2016).

Figura 11: Projeto atrasado, IDP(\$) e IDP(t)



Fonte: (Autor, 2016).

Ambos os gráficos apresentam características semelhantes ao exemplo de projeto adiantado e muito se deve a forma de cálculo, principalmente pelo fato do PA considerar o planejado para o mês seguinte em seus cálculos e trabalhar com unidades em tempo ao invés de monetária.

Porém, o mais crítico que se nota para os projetos atrasados é que, independentemente de quão atrasados eles estão, no final eles sempre apresentarão o $VPr=0,0$ e $IDP=1,0$ como se não tivesse ocorrido nenhum atrasado.

Como pode ser visto no exemplo, mesmo atrasado, ao final do último mês (agosto) o $VPr(\$) = 0,00$ e $IDP(\$)=1,00$. Por esses dados, admite-se que o projeto foi entregue no prazo, o que não é verdade. Houve dois meses de atrasado, o que é mostrado pelo $VPr(t)=-2,00$.

Os indicadores de prazo utilizados pelo GVA apresentam valores anômalos no terço final dos projetos, somando-se a isso o fato de se utilizar valores monetários para se medir prazo fazem com que muitos gerenciadores deixem de lado a utilizam do GVA na análise de prazo.

O Prazo Agregado mostra-se uma ferramenta complementar muito eficiente ao superar as falhas mais críticas apresentadas na análise de prazo pelo GVA, fornecendo indicadores úteis (utilizando o tempo), do início ao fim do projeto.

4.2.2 Dificuldades do Prazo Agregado

A utilização do Prazo Agregado conforme mostrado é muito eficiente e superou diversas falhas apresentadas na análise de desempenho de prazo pelo GVA. Porém perduram algumas críticas ao método do PA que dificultam sua disseminação entre os gerenciadores de projetos.

A principal crítica, assim como no GVA, é a utilização de valores monetários no acompanhamento de desempenho de prazo. Apesar de não serem diretamente utilizados como no GVA, é a partir dos valores de custos (VA e VP) que são obtidos os valores de tempo do PA. Isto significa que há uma total dependência entre os resultados obtidos pelo PA e os custos planejados para o projeto.

Alguns projetos, por exemplo, podem apresentar pausas programadas como férias, tempo de cura do concreto, espera programada entre atividades, entre outros. Frequentemente nestes casos, segundo Vanhoucke (2015), os valores de PA apresentam indicadores claramente fora do contexto. Soma-se a isso, o problema do PA mascarar no cronograma a relação de interdependência entre as atividades e os caminhos críticos do projeto.

4.3 GERENCIAMENTO DA DURAÇÃO AGREGADA

Para solucionar as críticas da utilização de valores monetários para análise de desempenho de prazo em projetos, em 2013, foi criada a técnica do Gerenciamento da Duração Agregada.

O Prof. Dr. Homayoun Khamooshi, da Universidade George Washington e Hamed Golafshani da Federal Aviation Administration dos Estados Unidos publicaram um artigo que trazia uma nova abordagem no acompanhamento de prazos. A base da coleta de dados utiliza exclusivamente valores de tempo na avaliação de desempenho físico do projeto, não havendo interferência de custos.

4.3.1 Conceito da Duração Agregada

As análises de desempenho de prazo utilizando a Duração Agregada se baseiam na duração de cada atividade, duração do projeto e duração total real. Para isso, cada atividade tem sua duração planejada que é comparada com o tempo realmente gasto para concluí-las, obtendo-se a duração agregada da atividade.

Pelo conceito, para cada unidade de tempo planejada é atribuído o valor peso 1 (uma unidade de tempo é um dia, normalmente), independente dos custos ou esforços para realização da atividade. Para se calcular a duração agregada de cada atividade, compara-se a duração planejada e a duração real gasta para completar a atividade em análise.

Para exemplificar, a Tabela 3 mostra as atividades de pintura de uma área, composta por lixar, 1ª demão de pintura e 2ª demão de pintura e retoques finais. O planejado era para que a pintura se concluísse em 8 dias, sendo dedicados 2 dias a lixar as paredes, 3 dias para primeira demão e mais 4 dias para a segunda demão e retoques. Esta última atividade iniciaria juntamente com o último dia da primeira demão.

Como pode ser visto, a atividade "Lixar" teve uma duração real de 3 dias quando era previsto apenas 2, isto é, a atividade contribuiu com $2/3 = 0,67$ dia a cada dia de duração de sua execução real. A segunda atividade "Pintura primeira demão" agregou com 0,60 dia por dia real de duração (60% do planejado). Já a última atividade contribuiu com 1,33 dia por dia de duração real, isto é, a atividade terminou antes do planejado.

Era esperado de se acumular 9 "pesos" de atividades na duração planejada acumulada no dia 8, porém só foi possível esse acúmulo no dia 10, havendo 2 dias de atrasado. Em uma obra, dezenas de atividades ocorrem ao mesmo tempo, assim haverá mais de 1 peso a cada dia, pois cada atividade recebe peso 1. No exemplo, no dia 8 a duração agregada recebeu os pesos da segunda e terceira atividade que ocorreram no mesmo dia.

Tabela 3: Exemplo Duração Agregada

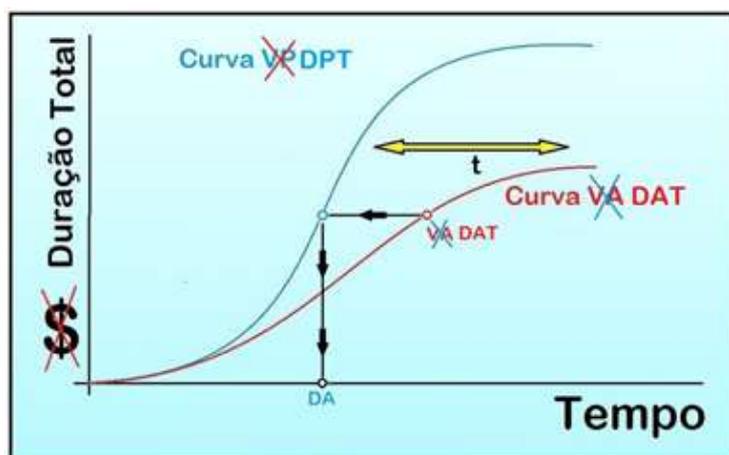
| Atividade | Duração | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 | Dia 7 | Dia 8 | Dia 9 | Dia 10 | Duração |
|-------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| Lixar | Duração Planejada | 1 | 1 | | | | | | | | | 2 |
| | Duração Real | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | 3 |
| | Duração Agregada | 0,67 | 0,67 | 0,67 | | | | | | | | 0,67 |
| Pintura - 1a demão | Duração Planejada | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | 3 |
| | Duração Real | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 5 |
| | Duração Agregada | | | | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | | | 0,60 |
| Pintura - 2a demão e retoques | Duração Planejada | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 4 |
| | Duração Real | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 3 |
| | Duração Agregada | | | | | | | | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,33 |
| Duração Total | Planejada diário | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| | Planejada acumulado | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | |
| | Agregada diário | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 1,93 | 1,33 | 1,33 | |
| | Agregada acumulado | 0,67 | 1,33 | 2,00 | 2,60 | 3,20 | 3,80 | 4,40 | 6,33 | 7,67 | 9,00 | |

Fonte: (Autor, 2016).

Graficamente, a análise da DA (Duração Agregada) é feita de forma muito parecida com a do prazo Agregado. A diferença agora é que ao invés de se utilizar os custos, valor monetário, em relação ao tempo se utiliza a duração agregada.

As curvas de VA e VP são substituídas, respectivamente, por DAT (Duração Agregada Total) e DPT (Duração Planejada Total). A Figura 12 abaixo ilustra essas diferenças.

Figura 12: Duração Agregada

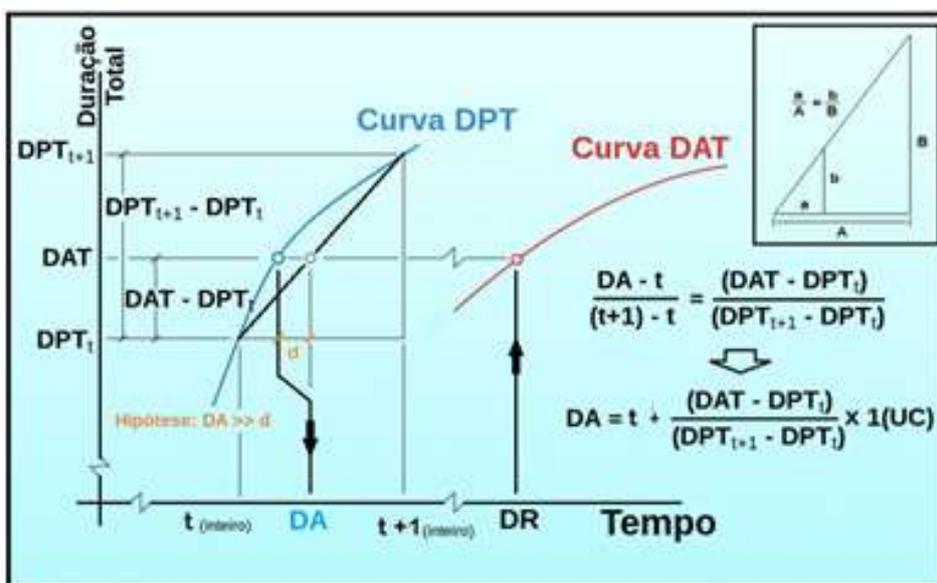


Fonte: (Vanhoucke, 2016)

O cálculo da DA é de realizado de maneira semelhante ao PA, só que ao invés de se obter o que é chamado de Tempo Real (TR) no PA, obtém-se a Duração Real (DR). Porém, apesar de toda a semelhança, a DR devido a maior análise e detalhamento dos dados coletados para a duração agregada se mostra mais precisa.

A Figura 13 demonstra como o cálculo de DA é realizado, onde t tem o mesmo significado que em PA, maior valor inteiro de período de tempo menor que DA, no caso.

Figura 13: Equação Duração Agregada - Equação



Fonte: (Vanhoucke, 2016)

Conforme demonstrado na Figura 13, encontra-se:

- Duração Agregada

$$DA = t + \frac{DAT - DPT_t}{DPT_{t+1(UC)} - DPT_t} \times 1(UC) \tag{19}$$

De forma análoga ao GVA e PA, os índices de desempenho do GDA são gerados para as análises de desempenho.

- Variação na Duração Total:

$$VDT = DAT - DPT \quad (20)$$

Sendo,

VDT = 0 : duração conforme planejado

VDT > 0 : duração agregada acima do planejado - adiantado

VDT < 0 : duração agregada abaixo do planejado - atrasado

- Índice de Duração Agregada (IDA):

$$IDA = \frac{DAT}{DPT} \quad (21)$$

Sendo,

IDA = 1,0: duração agregada conforme planejado

IDA > 1,0: duração agregada acima do planejado - adiantado

IDA < 1,0: duração agregada abaixo do planejado – atrasado

- Índice de Desempenho em Duração (IDD):

$$IDD = \frac{DA(t)}{DR} \quad (22)$$

Sendo,

IDD = 1,0: desempenho de duração agregada conforme planejado

IDD > 1,0: desempenho de duração agregada acima do planejado - adiantado

IDD < 1,0 desempenho de duração agregada abaixo do planejado – atrasado

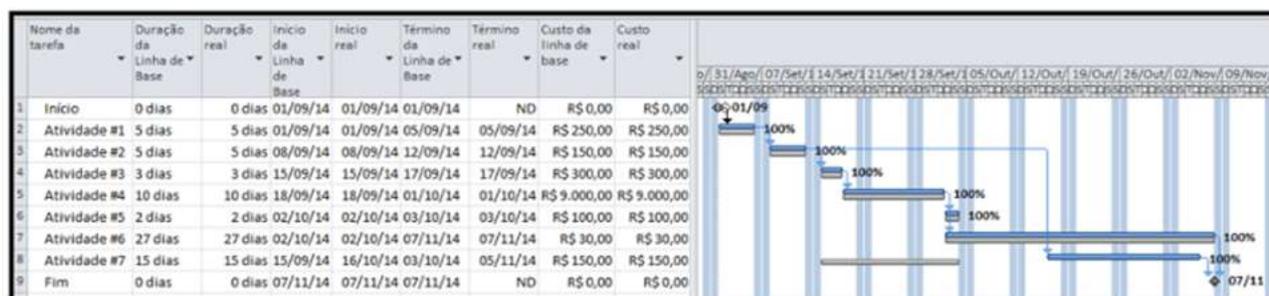
4.3.2 Comparação entre GVA, PA e GDA

O acompanhamento diário de cada atividade que estão sendo executadas traz vantagens ao GDA quanto à análise dos índices de desempenho, sendo mais precisos e acusando mudanças de comportamento do projeto mais rapidamente que no método do GVA e PA.

No artigo publicado por Vanhoucke, Andrade e Salvaterra na Revista Mundo PM (2015), com um exemplo fictício, são feitas algumas comparações em relação comportamento dos índices pelos diferentes métodos.

O projeto é composto em seu total por sete atividades. O cronograma é apresentado através do gráfico de Gantt na figura 14, com início, fim e custos de cada atividade. No caso do exemplo, o projeto foi entregue dentro do prazo e do orçamento, porém nem todas as atividades foram executadas dentro do prazo. E é esse atraso em atividades que será utilizado para descrever alguns dos comportamentos dos diferentes indicadores de prazo.

Figura 14: Gráfico de Gantt



Fonte: (Vanhoucke, 2016)

Através dos dados de prazo e custos apresentados, tanto o planejado como o real, foram realizados os cálculos de seus indicadores através das equações demonstradas anteriormente.

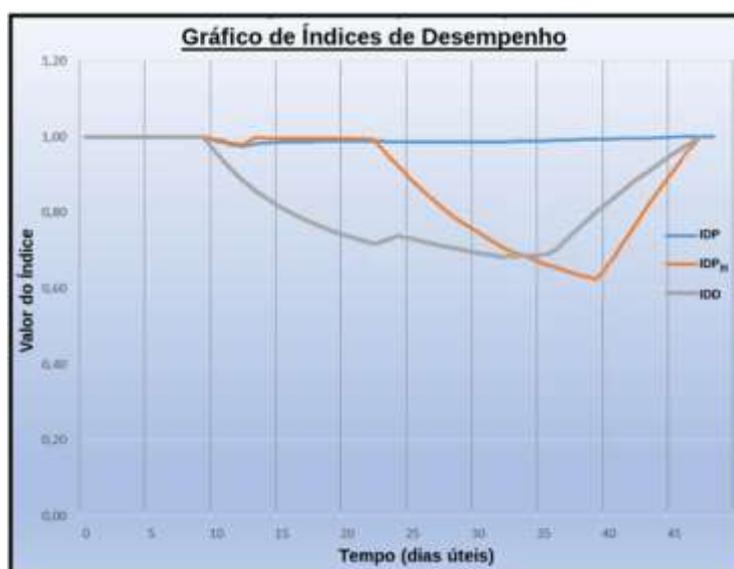
Tabela 4: Indicadores Duração Agregada

| Tempo (Dias) | VP | CR | VA | IDP | PA | IDP(t) | DPT | DAT | DA | IDD |
|--------------|--------|--------|--------|------|-------|--------|-------|-------|-------|------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 120 | 120 | 120 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 10 | 800 | 800 | 800 | 1,00 | 10,00 | 1,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 1,00 |
| 11 | 910 | 900 | 900 | 0,99 | 10,91 | 0,99 | 12,00 | 11,00 | 10,50 | 0,95 |
| 12 | 1.020 | 1.010 | 1.000 | 0,98 | 11,82 | 0,98 | 14,00 | 12,00 | 11,00 | 0,92 |
| 13 | 1.130 | 1.120 | 1.100 | 0,97 | 12,73 | 0,98 | 16,00 | 13,00 | 11,50 | 0,88 |
| 14 | 2.140 | 2.130 | 2.100 | 0,98 | 13,96 | 1,00 | 18,00 | 14,00 | 12,00 | 0,86 |
| 23 | 11.230 | 11.220 | 11.100 | 0,99 | 22,87 | 0,99 | 36,00 | 23,00 | 16,50 | 0,72 |
| 24 | 11.295 | 11.285 | 11.155 | 0,99 | 22,93 | 0,96 | 39,00 | 25,00 | 17,50 | 0,73 |
| 25 | 11.360 | 11.350 | 11.210 | 0,99 | 22,98 | 0,92 | 42,00 | 27,00 | 18,50 | 0,74 |
| 26 | 11.365 | 11.365 | 11.215 | 0,99 | 22,99 | 0,88 | 43,00 | 28,00 | 19,00 | 0,73 |
| 27 | 11.370 | 11.370 | 11.220 | 0,99 | 22,99 | 0,85 | 44,00 | 29,00 | 19,50 | 0,72 |
| 36 | 11.415 | 11.425 | 11.295 | 0,99 | 24,00 | 0,67 | 53,00 | 41,00 | 24,67 | 0,69 |
| 37 | 11.420 | 11.430 | 11.310 | 0,99 | 24,23 | 0,65 | 54,00 | 43,00 | 26,00 | 0,70 |
| 38 | 11.425 | 11.435 | 11.325 | 0,99 | 24,46 | 0,64 | 55,00 | 45,00 | 28,00 | 0,74 |
| 39 | 11.430 | 11.440 | 11.340 | 0,99 | 24,69 | 0,63 | 56,00 | 47,00 | 30,00 | 0,77 |
| 40 | 11.435 | 11.445 | 11.355 | 0,99 | 24,92 | 0,62 | 57,00 | 49,00 | 32,00 | 0,80 |
| 41 | 11.440 | 11.450 | 11.370 | 0,99 | 27,00 | 0,66 | 58,00 | 51,00 | 34,00 | 0,83 |
| 47 | 11.470 | 11.480 | 11.460 | 1,00 | 45,00 | 0,96 | 64,00 | 63,00 | 46,00 | 0,98 |
| 48 | 11.475 | 11.485 | 11.475 | 1,00 | 48,00 | 1,00 | 65,00 | 65,00 | 48,00 | 1,00 |
| 49 | 11.480 | 11.480 | 11.480 | 1,00 | 49,00 | 1,00 | 66,00 | 66,00 | 49,00 | 1,00 |
| 50 | 11.485 | 11.485 | 11.485 | 1,00 | 50,00 | 1,00 | 67,00 | 67,00 | 50,00 | 1,00 |

Fonte: (Vanhoucke, 2016)

Para fins de comparações, serão utilizados os indicadores IDP do GVA, IDP(t) do PA e o IDD do GDA. Os valores apresentados estão plotados no gráfico da figura 15.

Figura 15: Duração Agregada – Índices de Desempenho



Fonte: (Vanhoucke, 2016)

De primeira, nota-se que o IDP se manteve constante durante todo o período do projeto não apresentando nenhum tipo de atraso das atividades, apesar da atividade 7 iniciar sua execução um mês após o planejado. Essa falha no comportamento do índice é pelo fato da atividade ter um custo muito baixo em relação ao total, isto é, o VA a ser agregado para atividade é quase nulo para o projeto como um todo, e como o IDP se baseia nos custos para análise de prazo, o atraso da atividade foi imperceptível através do indicador.

Se o gerenciador do projeto seguisse apenas o IDP, acharia que o projeto estaria conforme o planejado e que seria entregue no prazo. O índice variou entre 0,97 e 1,00. Apesar de ser uma atividade de baixo custo e provavelmente simples, seu atraso poderia comprometer a entrega do projeto como um todo, principalmente se tivesse atividades interdependentes.

Através do índice IDP(t) consegue-se notar que o prazo das atividades não foi conforme o planejado durante todo o projeto. Porém, este atraso só pode ser notado no 23^o dia, sendo que na realidade o início da atividade 7, atrasada, estava prevista para o 10^o dia. Apenas 13 dias após o início real do atraso, o IDP(t) começa a mostrar o risco ao cronograma.

Da mesma forma que o IDP, o principal motivo do indicador IDP(t) demorar em espelhar o atraso real é pelo fato de também ser dependente dos custos em sua análise. O atraso começa aparecer no dia 23, pois nesse dia o valor da atividade 4, relativamente muito maior que a atividade 7, é finalizada e para de influenciar no cálculo do IDP(t). Da mesma forma, a recuperação da tendência de prazo só começa a ser notada 6 dias após a atividade 7, atrasada, ser iniciada.

Já pelo fato do IDD não ponderar pelos custos, todas as atividades tem peso igual nas considerações de prazo. Por isso, atraso da atividade 7 é prontamente identificado apesar de ser uma atividade de baixo custo em relação as demais. A atividade estava planejada para ser iniciada no dia 10, o que não ocorreu. Já no dia 11 o gerenciador do projeto nota que existem problemas no cronograma.

E quando a atividade 7, que era a única atividade em atraso no exemplo, se inicia, o IDD imediatamente apresenta tendência de crescimento, representado fielmente o ocorrido real até o fim do projeto.

4.3.2.1 A difusão do GDA

O cálculo da Duração Agregada é simples, semelhante ao de Prazo Agregado. A coleta de informações de prazo, de cada atividade, pode ser parecer mais trabalhosa e tediosa, porém é uma maneira muito precisa de se acompanhar o desenvolvimento do projeto quanto a prazo.

A extensão do GVA, a ferramenta Prazo Agregado tem sido considerada a melhor forma de se acompanhar o cronograma de um projeto, entretanto a dependência dos dados de custo do GVA podem mascarar problemas no cronograma, como foi mostrado no exemplo anterior. O Prazo Agregado já tem sido testado e se mostra, de uma maneira geral, eficiente para a maioria dos projetos.

A difusão e aceitação da eficiência da técnica de Gerenciamento da Duração Agregada ainda tem que ser colocada à prova. É uma técnica recente e a absorção e compreensão da técnica pelos gerenciadores de projetos é um dos desafios.

Para Vanhoucke (2015), a criação do GDA por Khamooshi e Golafshani é garantia de replicar para o controle de cronograma, o mesmo sucesso do GVA no controle de custos de um projeto.

5 ESTUDO DE CASO

A utilização do Gerenciamento de Valor Agregado para o controle de prazo e, principalmente, custos em obras vem sendo adotada com êxito por muitos gerenciadores da construção civil nos últimos anos.

A obra representada a seguir, é de execução da fundação de um edifício na região central de São Paulo. Seu planejamento é de 12 meses com orçamento total de R\$ 15.0008.810,00.

- Cronograma Físico Financeiro

A Figura 16 é o Cronograma Físico Financeiro desta obra, mostrando o planejamento da utilização dos R\$ 15mi durante o período de 12 meses. O orçamento também é separado para cada item de EAP dispersos percentualmente mês a mês.

Nota-se que a execução da fundação em si, representa menos de 50% do orçamento. Grande parte é destinada às contenções de terreno, trabalhos em solo e despesas administrativas.

Esses itens da EAP são divididos em subitens para maior controle das atividades durante a obra. A subdivisão depende de cada gerenciador, quanto mais subdivisões, maior é o detalhamento, porém é necessária uma maior análise que demanda mais tempo.

- Curva S

Ao final de cada mês é feita a análise do andamento da obra, comparando-se o planejado com o que foi realmente executado. Em termos de custos e prazo, obtendo-se as curvas VP, CR e VA.

A curva S da obra em questão é detalhada na figura 17. Os dados obtidos na tabela são referentes ao fechamento de cada mês. A curva VP é a linha de base para VA e CR.

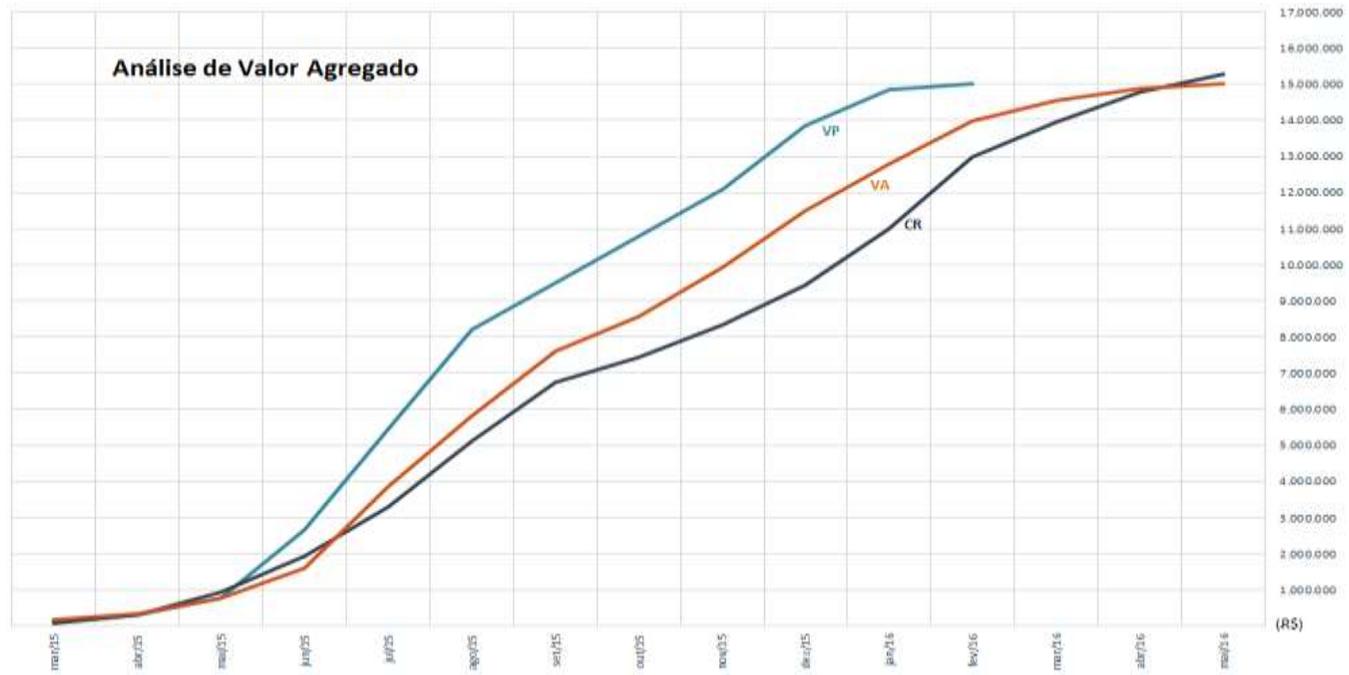
Figura 16: Cronograma Físico Financeiro

| CRONOGRAMA FÍSICO FINANCEIRO | | 15.008.810 | mar-15 | abr-15 | mai-15 | jun-15 | jul-15 | ago-15 | set-15 | out-15 | nov-15 | dez-15 | jan-16 | fev-16 | Acum. |
|------------------------------|---|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| EAP 01 | ENSAIOS E CONTROLE TECNOLÓGICO | 118.316 | 0,00% | 5,00% | 5,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 100,00% |
| EAP 02 | INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS - CANTEIRO | 137.895 | 25,00% | 25,00% | 25,00% | 25,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |
| EAP 03 | MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS | 105.920 | 0,00% | 5,00% | 5,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 100,00% |
| EAP 04 | ADMINISTRAÇÃO E OPERAÇÃO DE CANTEIRO | 1.285.644 | 4,75% | 8,25% | 8,25% | 8,25% | 8,25% | 8,25% | 9,00% | 9,00% | 9,00% | 9,00% | 9,00% | 9,00% | 100,00% |
| EAP 05 | TAXAS ADMINISTRATIVAS E OUTROS ENCARGOS | 1.308.540 | 0,62% | 1,48% | 4,37% | 11,83% | 18,17% | 19,12% | 5,86% | 5,86% | 5,86% | 11,02% | 8,82% | 7,00% | 100,00% |
| EAP 06 | DEMOLIÇÕES E LIMPEZA | 35.400 | 9,00% | 9,00% | 9,00% | 9,00% | 8,00% | 8,00% | 8,00% | 8,00% | 8,00% | 8,00% | 8,00% | 8,00% | 100,00% |
| EAP 07 | LOCAÇÃO DA OBRA | 46.744 | 0,00% | 20,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 10,00% | 5,00% | 5,00% | 5,00% | 5,00% | 100,00% |
| EAP 08 | TRABALHOS EM SOLO | 1.473.502 | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 50,00% | 50,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |
| EAP 09 | CONTENÇÕES DE TERRENO | 4.165.181 | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 20,00% | 20,00% | 20,00% | 20,00% | 20,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |
| EAP 10 | FUNDAÇÕES | 6.331.669 | 0,00% | 0,00% | 4,00% | 14,00% | 25,00% | 20,00% | 3,00% | 3,00% | 3,00% | 10,00% | 10,00% | 8,00% | 100,00% |

Fonte: (Autor, 2016)

Figura 17 : Curva S

| ANÁLISE DE VALOR AGREGADO | Mês 1 | Mês 2 | Mês 3 | Mês 4 | Mês 5 | Mês 6 | Mês 7 | Mês 8 | Mês 9 | Mês 10 | Mês 11 | Mês 12 | Mês 13 | Mês 14 | Mês 15 |
|---------------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | mar-15 | abr-15 | mai-15 | jun-15 | jul-15 | ago-15 | set-15 | out-15 | nov-15 | dez-15 | jan-16 | fev-16 | mar-16 | abr-16 | mai-16 |
| VÁLOR PLANEJADO (VP) | 103.175 | 302.919 | 757.729 | 2.657.008 | 5.463.104 | 8.218.822 | 9.498.637 | 10.765.389 | 12.097.371 | 13.851.201 | 14.051.342 | 15.000.810 | | | |
| CUSTO REALIZADO (CR) | 80.367 | 298.691 | 826.652 | 1.941.192 | 3.290.210 | 5.126.089 | 6.744.527 | 7.437.000 | 8.330.599 | 9.458.571 | 11.000.776 | 12.984.336 | 13.968.027 | 14.780.807 | 15.267.862 |
| VALOR AGREGADO (VA) | 178.132 | 338.461 | 778.722 | 1.608.812 | 3.885.873 | 5.807.200 | 7.598.553 | 8.567.190 | 9.930.751 | 11.483.146 | 12.790.482 | 13.674.609 | 14.540.572 | 14.860.088 | 15.008.810 |



Fonte: (Autor, 2016)

- Custo Realizado (CR)

Ao olhar apenas o resultado final, o custo realizado foi bem executado, ficando próximo ao planejado inicialmente. A curva CR ficou abaixo da curva VP por quase todo o período, apenas no último mês que o valor de CR acabou superando VP. Isto é, a obra teve um custo um pouco maior que o planejado (de R\$15,01mi para R\$15,27mi).

Do mês de maio/15 até janeiro/16 os custos reais ficaram muito abaixo do planejado, havendo uma aderência entre as curvas muito baixa. Isto se deve a dois principais pontos.

Primeiro é o fato da execução das atividades (VA) da obra ficarem muito abaixo do planejado no decorrer de todo o período o que, conseqüentemente, com menos atividades sendo executadas, menores foram às necessidades de desembolso ao final de cada mês.

Já o outro ponto, com maior influência do CR ficar abaixo do planejado por quase todo o período, foi a má execução do orçamento desta obra. Os custos ficaram bem distantes do planejado e do executado, apenas no final da obra que os custos se aproximaram do executado. Isto devido a encargos extras, como taxas administrativas, aluguéis e salários, que foram adicionados devido ao atraso da obra.

Em resumo, apesar do custo da obra ter ficado próximo ao orçamento, ao fazer uma análise mês a mês, nota-se que os custos planejados para a obra foram superestimados. Custos a mais que poderiam ter sido utilizados de maneira mais eficiente para a execução da obra, caso o orçamento fosse melhor executado.

- Valor Agregado (VA)

Houve um atraso de 3 meses da obra, ¼ mais do planejado. E é o que infelizmente acontece com a maioria das obras.

A partir do mês de maio, segundo mês, a execução da obra começou a atrasar e não conseguiu se recuperar. O período mais crítico foi o mês de junho, no qual foi executado menos de 50% do que o planejado para o mês (VP=R\$1,9mi/ VA=R\$0,8mi, vide Tabela 5).

Neste mês houve atraso devido a problemas com a vizinhança, o que fez com que muitas atividades fossem paralisadas por alguns dias. Os trabalhos de preparação do solo estavam gerando trepidações e algumas fissuras em algumas edificações aos arredores.

Durante os demais meses houve atrasos devido a eventos corriqueiros, como chuvas, pequenas mudanças em projeto, absenteísmo, atraso de materiais e equipamentos.

- Índice de Desempenho de Prazo e Custo

Durante todo o período da obra houve o acompanhamento dos indicadores de desempenho, tomando-se medidas para mitigar os atrasos e os custos. Como pode ser visto, apesar de todo o acompanhamento houve atraso de 3 meses da obra e, com certeza, se não fosse feita essa análise de desempenho a obra atrasaria ainda mais.

Tanto para o cliente quanto para a construtora, esse acompanhamento é de fundamental importância para a evolução da obra. Sabendo das atividades que estão atrasadas e com o cronograma em mãos é possível ter plano de ações para mitigar os atrasos e custos, dando prioridade, por exemplo, às atividades que são interdependentes ou às que dependem de aluguel de equipamentos.

As Tabelas 5, 6 e 7 mostram de forma sintetizada, o acompanhamento realizado desta obra mês a mês, através dos indicadores mostrados na Revisão Bibliográfica. Nota-se também a importância dos indicadores de previsão para o término, que podem funcionar como um sinal de alerta para a construtora e cliente.

Tabela 5: Variações de Prazo e Custos

| PERÍODO | | VP | CR | VA | VP ACUMULADO | CR ACUMULADO | VA ACUMULADO | VARIAÇÃO DE CUSTO (VC) | VARIAÇÃO DE PRAZO (VPR) |
|---------|--------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------------|-------------------------|
| 1 | mar-15 | 103.178 | 80.367 | 178.132 | 103.178 | 80.367 | 178.132 | 97.765 | 74.954 |
| 2 | abr-15 | 199.741 | 218.324 | 152.329 | 302.919 | 298.691 | 330.461 | 31.770 | 27.542 |
| 3 | mai-15 | 454.810 | 627.961 | 448.260 | 757.729 | 926.652 | 778.722 | - 147.930 | 20.993 |
| 4 | jun-15 | 1.899.279 | 1.014.540 | 828.090,61 | 2.657.008 | 1.941.192 | 1.606.812 | - 334.380 | - 1.050.196 |
| 5 | jul-15 | 2.806.096 | 1.349.018 | 2.259.161,22 | 5.463.104 | 3.290.210 | 3.865.973 | 575.764 | - 1.597.130 |
| 6 | ago-15 | 2.755.719 | 1.830.689 | 1.941.226,83 | 8.218.822 | 5.120.899 | 5.807.200 | 686.301 | - 2.411.622 |
| 7 | set-15 | 1.277.815 | 1.623.428 | 1.791.352,97 | 9.496.637 | 6.744.327 | 7.598.553 | 854.227 | - 1.898.084 |
| 8 | out-15 | 1.288.752 | 692.673 | 968.645,03 | 10.785.389 | 7.437.000 | 8.567.198 | 1.130.198 | - 2.218.191 |
| 9 | nov-15 | 1.311.982 | 893.599 | 1.363.552,62 | 12.097.371 | 8.330.599 | 9.930.751 | 1.600.152 | - 2.166.620 |
| 10 | dez-15 | 1.753.830 | 1.119.973 | 1.552.394,94 | 13.851.201 | 9.450.571 | 11.483.146 | 2.032.575 | - 2.368.055 |
| 11 | jan-16 | 1.000.142 | 1.558.205 | 1.307.346,26 | 14.851.342 | 11.008.776 | 12.790.492 | 1.781.716 | - 2.060.850 |
| 12 | fev-16 | 157.468 | 1.975.561 | 1.184.117 | 15.008.810 | 12.984.336 | 13.974.609 | 990.273 | - 1.034.201 |
| 13 | mar-16 | | 976.270 | 565.963 | 15.008.810 | 13.960.607 | 14.540.572 | 579.965 | - 468.238 |
| 14 | abr-16 | | 800.000 | 319.526 | 15.008.810 | 14.760.607 | 14.860.098 | 99.491 | - 148.712 |
| 15 | mai-16 | | 507.256 | 148.712 | 15.008.810 | 15.267.862 | 15.008.810 | - 259.052 | - |

Fonte: (Autor, 2016)

Tabela 6:: Índices de desempenho de Prazo e Custo

| PERÍODO | | VP | CR | VA | TR | C | VPc ACUM. | VPc+1 ACUM. | VA ACUM. | INDICE DESEMPENHO CUSTO (IDC) | INDICE DESEMPENHO PRAZO (IDP) | INDICE DESEMPENHO PRAZO (IDPt) |
|---------|--------|-----------|-----------|--------------|----|----|------------|-------------|------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 | mar-15 | 103.178 | 80.367 | 178.132 | 1 | 1 | 103.178 | 302.919 | 178.132 | 2,22 | 1,73 | 1,38 |
| 2 | abr-15 | 199.741 | 218.324 | 152.329 | 2 | 2 | 302.919 | 757.729 | 330.461 | 1,11 | 1,09 | 1,03 |
| 3 | mai-15 | 454.810 | 627.961 | 448.260 | 3 | 3 | 757.729 | 2.657.008 | 778.722 | 0,84 | 1,03 | 1,00 |
| 4 | jun-15 | 1.899.279 | 1.014.540 | 828.090,61 | 4 | 3 | 757.729 | 2.657.008 | 1.606.812 | 0,83 | 0,60 | 0,86 |
| 5 | jul-15 | 2.806.096 | 1.349.018 | 2.259.161,22 | 5 | 4 | 2.657.008 | 5.463.104 | 3.865.973 | 1,17 | 0,71 | 0,89 |
| 6 | ago-15 | 2.755.719 | 1.830.689 | 1.941.226,83 | 6 | 5 | 5.463.104 | 8.218.822 | 5.807.200 | 1,13 | 0,71 | 0,85 |
| 7 | set-15 | 1.277.815 | 1.623.428 | 1.791.352,97 | 7 | 5 | 5.463.104 | 8.218.822 | 7.598.553 | 1,13 | 0,80 | 0,82 |
| 8 | out-15 | 1.288.752 | 692.673 | 968.645,03 | 8 | 6 | 8.218.822 | 9.496.637 | 8.567.198 | 1,15 | 0,79 | 0,78 |
| 9 | nov-15 | 1.311.982 | 893.599 | 1.363.552,62 | 9 | 7 | 9.496.637 | 10.785.389 | 9.930.751 | 1,19 | 0,82 | 0,82 |
| 10 | dez-15 | 1.753.830 | 1.119.973 | 1.552.394,94 | 10 | 8 | 10.785.389 | 12.097.371 | 11.483.146 | 1,22 | 0,83 | 0,85 |
| 11 | jan-16 | 1.000.142 | 1.558.205 | 1.307.346,26 | 11 | 9 | 12.097.371 | 13.851.201 | 12.790.492 | 1,16 | 0,86 | 0,85 |
| 12 | fev-16 | 157.468 | 1.975.561 | 1.184.117 | 12 | 10 | 13.851.201 | 14.851.342 | 13.974.609 | 1,08 | 0,93 | 0,84 |
| 13 | mar-16 | | 976.270 | 565.963 | 13 | 10 | 13.851.201 | 14.851.342 | 14.540.572 | 1,04 | 0,97 | 0,82 |
| 14 | abr-16 | | 800.000 | 319.526 | 14 | 11 | 14.851.342 | 15.008.810 | 14.860.098 | 1,01 | 0,99 | 0,79 |
| 15 | mai-16 | | 507.256 | 148.712 | 15 | 15 | 15.008.810 | 15.008.810 | 15.008.810 | 0,98 | 1,00 | 0,80 |

Fonte: (Autor, 2016)

Tabela 7: Previsões para Término

| PERÍODO | | VP | CR | VA | ESTIMATIVA NO TÉRMINO (ENT) | ESTIMATIVA OTIMISTA PARA TERMINAR (EPT _o) | ESTIMATIVA REALISTA PARA TERMINAR (EPT _r) | ESTIMATIVA PESSIMISTA PARA TERMINAR (EPT _p) |
|---------|--------|-----------|-----------|--------------|--------------------------------|---|---|---|
| 1 | mar-15 | 103.178 | 80.367 | 178.132 | 13.831.120 | 13.750.752 | 6.203.896 | 3.562.312 |
| 2 | abr-15 | 199.741 | 218.324 | 152.329 | 13.987.631 | 13.688.940 | 12.372.889 | 11.168.036 |
| 3 | mai-15 | 454.810 | 627.961 | 448.260 | 14.230.030 | 13.303.378 | 15.830.562 | 15.088.539 |
| 4 | jun-15 | 1.899.279 | 1.014.540 | 828.090,61 | 14.680.490 | 12.739.298 | 15.390.364 | 24.378.003 |
| 5 | jul-15 | 2.806.096 | 1.349.018 | 2.259.161,22 | 13.865.450 | 10.575.240 | 9.000.258 | 11.959.137 |
| 6 | ago-15 | 2.755.719 | 1.830.689 | 1.941.226,83 | 13.870.363 | 8.749.464 | 7.715.443 | 9.987.448 |
| 7 | set-15 | 1.277.815 | 1.623.428 | 1.791.352,97 | 13.733.957 | 6.989.631 | 6.203.859 | 6.890.124 |
| 8 | out-15 | 1.288.752 | 692.673 | 968.645,03 | 13.496.954 | 6.059.954 | 5.260.515 | 5.729.342 |
| 9 | nov-15 | 1.311.982 | 893.599 | 1.363.552,62 | 13.085.997 | 4.755.398 | 3.989.156 | 3.963.975 |
| 10 | dez-15 | 1.753.830 | 1.119.973 | 1.552.394,94 | 12.671.083 | 3.220.512 | 2.650.465 | 2.309.723 |
| 11 | jan-16 | 1.000.142 | 1.558.205 | 1.307.346,26 | 12.969.629 | 1.960.854 | 1.687.707 | 1.018.698 |
| 12 | fev-16 | 157.468 | 1.975.561 | 1.184.117 | 13.837.896 | 853.560 | 793.075 | - 164.440 |
| 13 | mar-16 | | 976.270 | 565.963 | 14.365.698 | 405.092 | 388.934 | - 724.195 |
| 14 | abr-16 | | 800.000 | 319.526 | 14.907.576 | 146.970 | 145.986 | - 1.053.683 |
| 15 | mai-16 | | 507.256 | 148.712 | 15.294.188 | | | |

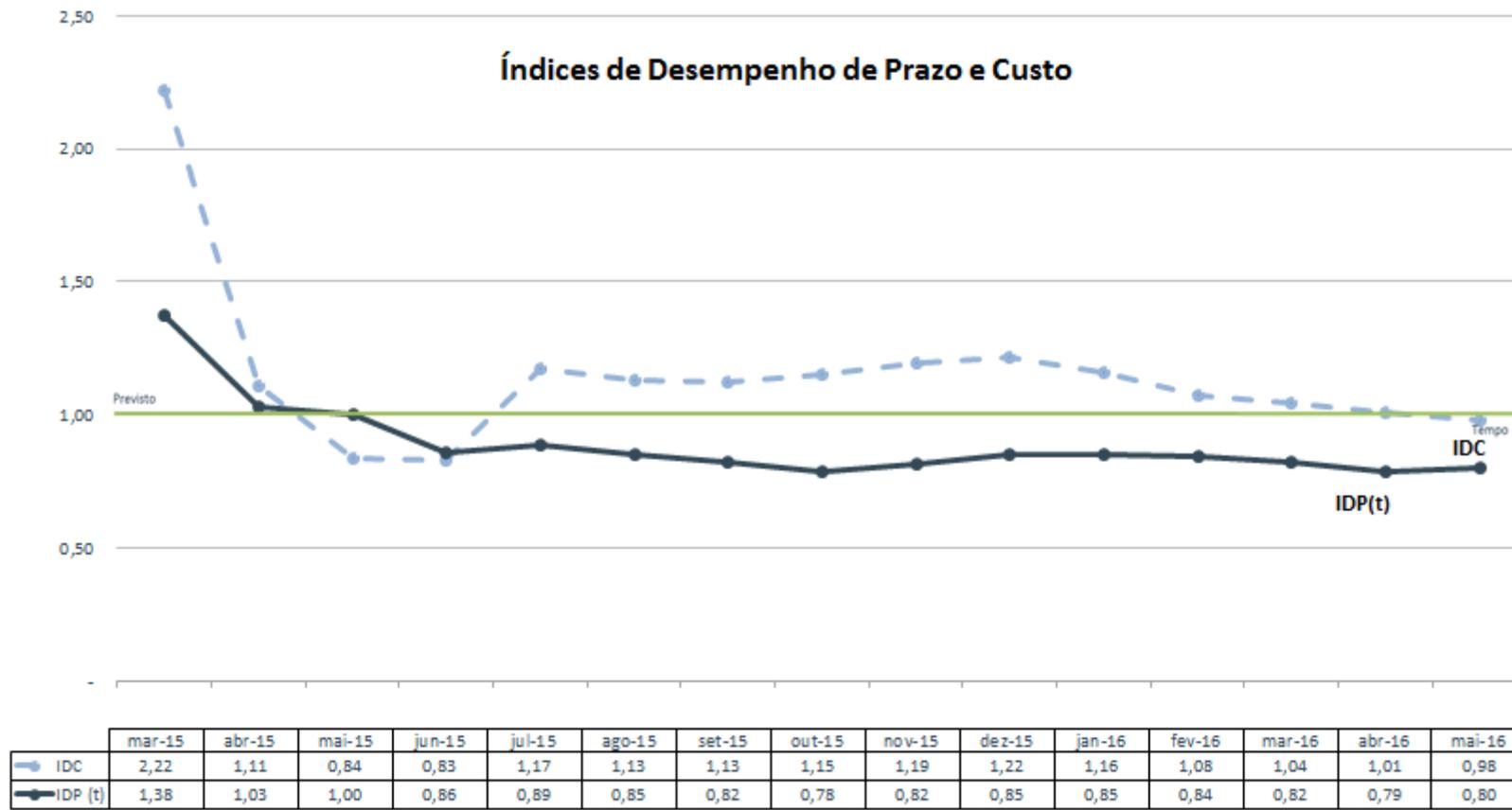
Fonte: (Autor, 2016)

O gráfico de Índices de Desempenho de Prazo e Custos resume como está o desempenho da obra em termos de custo e prazo. São os principais indicadores que resumem as análises mostradas nas tabelas anteriores em dois números, o IDC e o IDP(t).

Em resumo, IDC e IDP(t) mostram de forma clara e direta, para qualquer interessado, se a obra está sendo executada de acordo com o planejado ou não.

Pela figura 18, nota-se que nos dois primeiros meses de obra, os indicadores ficaram bem acima de 1.0, indicando que a obra estava com desempenho de prazo acima do esperado e abaixo dos custos. A partir de maio, o IDP(t) manteve-se abaixo do planejado durante todo o período, acarretando no atraso de 3 meses da obra e $IDP(t) = 0,80$. Já o IDC teve uma queda entre maio e junho e conseguiu se recuperar entre os meses de julho 15 e abril 16. Tendo uma queda no final da obra, nos últimos dois meses, terminando com $IDC = 0,98$, custos um pouco acima do planejado.

Figura 18: Índices de Desempenho de Prazo e Custos



Fonte: (Autor, 2016).

6 CONCLUSÃO

Obras atrasadas e acima do orçado, infelizmente, é o que acontece na maioria das vezes. A construção civil é um setor que tem muito a se desenvolver quanto à utilização de métodos auxiliares no controle de seus projetos.

Neste trabalho, foram apresentadas algumas das opções de métodos que podem ser utilizados no controle de projetos e, especificamente, na construção civil.

O gerenciamento de Valor Agregado se mostra eficiente e assertivo na gestão de custos de uma obra, porém apresenta falhas quanto ao controle de prazos. A utilização do Prazo Agregado se mostra uma eficiente ferramenta na gestão de prazos de projetos, porém com alguns conceitos que não são bem aceitos pelos gerenciadores de projetos. Para mitigar essas possíveis falhas do Prazo Agregado, pode-se utilizar a Duração Agregada, ferramenta que na teoria se mostra eficiente e assertiva no controle de prazos.

Sendo utilizadas na Construção Civil, o Valor Agregado e o Prazo Agregado, apesar de terem algumas limitações, já mostram resultados positivos para as construtoras e gerenciadoras de obra, com controle do projeto mais detalhado e com uma ferramenta eficiente, é possível o cumprimento de acordos de prazos e custos de uma obra.

A Duração Agregada está aos poucos sendo difundida no mercado e se mostra, na teoria, uma ferramenta promissora que pode mudar a forma de se controlar prazos de projetos. Com o passar dos anos e sua maior aplicação, a Duração Agregada poderá se consolidar como uma eficiente ferramenta para prazo em projetos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, P.; KHAMOOSHI, H., **Gerenciamento da Duração Agregada – Análise e Aplicações**, 2015. Disponível em: < LinkedIn (<https://goo.gl/98g4Cx>)>. Acesso em: 11 mai. 2016.
- ANDRADE, P.; SALVATERRA, F.; VANHOUCKE, M. **Introdução à Duração Agregada**, 2016. Disponível em: < LinkedIn (<https://goo.gl/wEzmZe>)>. Acesso em: 11 mai. 2016.
- ANDRADE, P.; VANHOUCKE, M., **Medição da Aderência ao Cronograma**, 2016. Disponível em: < LinkedIn (<https://goo.gl/I5kZNg>)>. Acesso em: 19 nov. 2016.
- ANDRADE, P.;;, **Governança de Projetos – Conformidade com o Cronograma**, 2016. Disponível em: < LinkedIn (<https://goo.gl/nVrQ17>)>. Acesso em: 19 nov. 2016.
- BHOSEKAR, K. A.; VYAS, G.; **Cost Controlling Using Earned Value Analysis in Construction Industries**. Artigo – International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). Volume 1, 2012
- Ferreira, Raisa Belchior. **A Utilização do Método do Valor Agregado Para Otimização de Prazos e Custos em Obras de Edificações**. Dissertação (Trabalho de Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- FLEMING, Q. W.; KOPPELMAN, J. M. **Earned Value Project Management**. 2. ed. Pensilvânia, EUA: Project Management Institute, 2000. 212p.
- GONÇALVES, C.M.M. **Método para Gestão do Custo da Construção no Processo de Projeto de Edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo – São Paulo, 2011.
- GONÇALVES, Cilene Marques; CEOTTO, Luiz Henrique. **Custo Sem Sustos – Projetando por Objetos**. 1.ed. São Paulo: O nome da Rosa, 2014. 160 p.
- KAMANE, A. C.; MAHADIK, LANDE A. C. **Introduction to Earn Value Management in Civil Engineering**. Artigo – Sanjay Bhokare Group of Institutes, Maharashtra – India, 2014
- LIPKE, Walter H. **Prazo Agregado**. 1.ed. São Paulo: Clube de Autores, 2014. 187 p.
- VARGAS, Ricardo. **Análise de Valor Agregado**. 6.ed. São Paulo: Brasport, 2013. 144 p.