

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização: Produção e Gestão do
Ambiente Construído

Hugo Lima Públio

PLANEJAMENTO FÍSICO/FINANCEIRO DE OBRAS
CIVIS

Belo Horizonte,
2015

HUGO LIMA PÚBLIO

PLANEJAMENTO FÍSICO/FINANCEIRO DE OBRAS CIVIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Prof. Roberto Rafael Guidugli Filho

**Belo Horizonte,
2015**

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo principal a revisão bibliográfica das principais técnicas utilizadas na indústria da construção civil, para elaboração de planejamento de obras. A metodologia utilizada foi a pesquisa de variadas técnicas, disponibilizadas por autores consagrados na área, e em seguida a descrição detalhada de alguns dos principais métodos adotados atualmente. O planejamento de obras deve antecipar a maior parte dos eventuais problemas que eventualmente podem ocorrer na indústria da construção civil, tais como incompatibilidade de projetos, qualificação da mão de obra, espaço reduzido nas grandes cidades, logística, etc. Portanto é necessário que o planejamento deva ser criteriosamente elaborado e envolva o máximo possível dos colaboradores incluídos no projeto, para que cada especialidade contribua com as suas peculiaridades da área (engenharia, arquitetura, orçamento, etc.) e de vivência (experiência profissional).

Palavras-chave: planejamento; indústria da construção civil; planejamento; empresa; custo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de uma EAP, para construção de uma casa. Fonte: MATTOS (2010).....	13
Figura 2: EAP da figura 1, descrita na forma analítica. Fonte: MATTOS (2010).	14
Figura 3: Sequência executiva. Fonte: Arquivo Pessoal	26
Figura 4: Rede múltipla de atividades. Fonte: Arquivo Pessoal	27
Figura 5: Ocorrência de circularidade. Fonte: Arquivo Pessoal	28
Figura 6: Exemplo de atividades mandatórias. Fonte: Arquivo Pessoal.....	29
Figura 7: Exemplo de atividades preferenciais. Fonte: Arquivo Pessoal.....	30
Figura 8: Exemplo do método ADM. Fonte: Arquivo Pessoal.	36
Figura 9: Atividades predecessoras e sucessoras em um evento “0”. Fonte: Arquivo Pessoal	37
Figura 10: (a) Rede incorreta; (b) Rede correta. Fonte: (MATTOS, 2010, p. 120 e 121).....	37
Figura 11: Evento inicial e atividades sem precedentes. Fonte: Arquivo Pessoal	39
Figura 12: Todas as atividades traçadas, respeitando suas predecessoras. Fonte: Arquivo Pessoal.	40
Figura 13: Rede ADM do projeto. Fonte: Arquivo Pessoal.....	41
Figura 14: Numeração da rede ADM. Fonte: Arquivo Pessoal.....	42
Figura 15: Duração das atividades. Fonte: Arquivo Pessoal.	43
Figura 16: divisão do evento. Fonte: Arquivo Pessoal.....	44
Figura 17: Cálculo das DMC's. Fonte: Arquivo Pessoal.	45
Figura 18: Cálculo das DMT's. Fonte: Arquivo Pessoal.....	46

Figura 19: Diagrama ADM com as DMC's e DMT's. Fonte: Arquivo Pessoal.....	47
Figura 20: Caminho crítico. Fonte: Arquivo Pessoal.	48
Figura 21: Diagrama PDM. Fonte: SILVA (2006)	50
Figura 22: Marco inicial (barra vertical) e atividades sem predecessoras. Fonte: Arquivo Pessoal.	51
Figura 23: Diagrama PDM do projeto. Fonte: Arquivo Pessoal.....	52
Figura 24: Divisão do bloco (atividade) para inserir as informações relevantes. Fonte: (MATTOS, 2010, p. 168).	53
Figura 25: Cálculo das PDI e PDT. Fonte: Arquivo Pessoal.	54
Figura 26: Cálculo das UDI e UDT. Fonte: Arquivo Pessoal.....	55
Figura 27: Cálculo de FT e FL. Fonte: Arquivo Pessoal.....	56
Figura 28: Caminho crítico. Fonte: Arquivo Pessoal.	57
Figura 29: Exemplo de curva S. Fonte: adaptado Mattos (2010).....	59
Figura 30: Curva S Financeira. Fonte: Arquivo Pessoal	61
Figura 31: Curva S Física. Fonte: Arquivo Pessoal.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Curva abc de insumos.....	21
Tabela 2: Exemplo de EAP - Construção de uma casa.....	22
Tabela 3: Relação de “dependências”. Fonte: Arquivo Pessoal.....	28
Tabela 4: Tabela de relação de atividades, dependências e duração.	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Exemplo de uma CPU. Fonte: VALENTINI (2009).	18
Quadro 2: Regras práticas para determinação da duração de uma atividade. Fonte: MATTOS (2010).....	23
Quadro 3: Fatores que afetam a duração. Fonte: MATTOS (2010).	24
Quadro 4: Exemplo de CPU, “Alvenaria de bloco de concreto”. Fonte: Arquivo Pessoal	25
Quadro 5: Dependência término-início (TI). Fonte: Arquivo Pessoal	31
Quadro 6: Dependência término-início (TI) com “interrupção”. Fonte: Arquivo Pessoal	32
Quadro 7: Dependência início-término (IT). Fonte: Arquivo Pessoal	32
Quadro 8: Dependência término-término (TT). Fonte: Arquivo Pessoal	33
Quadro 9: Dependência início-início (II). Fonte: Arquivo Pessoal	34
Quadro 10: Resumo de precedências. Fonte: adaptado MATTOS (2010)	35
Quadro 11: Diferença entre atividade e evento (MATTOS, 2010, P. 113).....	38
Quadro 12: Cálculo de Folgas livre e total e identificação do caminho crítico. Fonte: adaptado MATTOS (2010).....	49
Quadro 13: Método ADM x PDM. Fonte: (MATTOS, 2010, p. 143).	57
Quadro 14: Exemplo de Cronograma de Gantt. Fonte: Arquivo Pessoal.....	58
Quadro 15: Cronograma da obra (Financeiro). Fonte: Arquivo Pessoal	60
Quadro 16: Cronograma da obra (Físico). Fonte: Arquivo Pessoal.....	62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1. PLANEJAMENTO	11
2.1.1. ESTRUTURA ANALÍTICA DO PROJETO (EAP).....	12
2.1.2. ORÇAMENTO	16
2.1.2.1. ANÁLISE DE DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA.....	16
2.1.2.2. CUSTO DIRETO DA OBRA.....	16
2.1.2.3. COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS (CPU'S).....	17
2.1.2.4. CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTOS	19
2.1.2.5. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS INICIAIS	19
2.1.2.6. BONIFICAÇÃO E DESPESAS INDIRETAS (BDI).....	20
2.1.3. CURVA ABC.....	20
2.1.4. PRAZOS	21
2.1.5. RELAÇÃO DE DEPENDÊNCIAS	25
2.1.5.1. DEPENDÊNCIA TÉRMINO-INÍCIO (TI).....	31
2.1.5.2. DEPENDÊNCIA INÍCIO-TÉRMINO (IT)	32
2.1.5.3. DEPENDÊNCIA TÉRMINO-TÉRMINO (TT).....	33
2.1.5.4. DEPENDÊNCIA INÍCIO-INÍCIO (II)	34
2.1.6. DIAGRAMA PERT/CPM	35
2.1.6.1. MÉTODO ADM.....	36
2.1.6.2. MÉTODO PDM	50
2.1.7. CRONOGRAMA DE GANTT	58
2.1.8. CURVA S	59

2.1.8.1.	AVANÇO ACUMULADO FINANCEIRO (MONETÁRIO)	60
2.1.8.2.	AVANÇO ACUMULADO FÍSICO	61
3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
4.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

1. INTRODUÇÃO

A crise econômica vivida pelo Brasil atualmente está afetando diretamente a indústria da construção civil no país. Empresas, aparentemente, sólidas estão encerrando suas atividades e as estatísticas mostram que o desemprego está crescendo a cada dia.

Podemos destacar a falta de planejamento nas obras como um dos principais fatores que geram improdutividade, vício dos produtos ofertados, não cumprimento do cronograma, entre outros, que consequentemente diminuem o lucro da empresa. Essa falha só é visível, externamente, quando ocorre uma crise econômica como a atual. As empresas costumam minimizar suas imperfeições, repassando os prejuízos para os consumidores, que são “obrigados” a pagar um valor alto para adquirir a tão sonhada casa própria. Na crise, a demanda diminui consideravelmente, tornando perceptíveis as empresas que não primam pelo planejamento.

O presente trabalho pretende demonstrar, de maneira simples e objetiva, como realizar um planejamento eficaz de obras civis, através de revisão bibliográfica de importantes autoridades na área. O trabalho de planejar uma obra deve ser iniciado antes do início da mesma, para antecipar a maior parte dos eventuais problemas inerentes ao atual cenário dessa indústria, tais como incompatibilidade de projetos, qualificação da mão de obra, espaço reduzido nas grandes cidades, logística, etc.

Podemos considerar o planejamento como essencial para a longevidade das empresas e dos empreendimentos que serão produzidos no nosso país. O amadorismo e a produção exclusivamente artesanal não são mais permitidos na indústria da construção civil.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PLANEJAMENTO

O Objetivo do planejamento de uma obra é maximizar a utilização de todos os recursos envolvidos, tais como mão de obra, equipamentos, materiais, financeiros, etc. Assim é possível minimizar os custos, melhorando o rendimento.

A função do planejamento é a de planejar os trabalhos da obra antes do seu início, de tal forma que sejam escolhidos os métodos construtivos e os meios de produção mais adequados e estes sejam coordenados entre si, considerando-se todo o quadro de condicionantes internos e externos à empresa. (GEHBAUER *et al.*, 2002, p. 271).

A alocação de recursos na fase de planejamento, tais como mão de obra qualificada, tempo, ferramentas, etc., são fundamentais para diminuir as perdas na fase de produção da obra. Por mais oneroso que possa parecer à execução de um “bom” planejamento, ele é essencial para evitar perdas que podem a ser irreversíveis ao empreendimento.

O tempo empregado no planejamento é amplamente compensado, evitando perdas que podem chegar a proporções elevadas e assegura a participação nas soluções de todos os setores da empresa, reduzindo ao mínimo a possibilidade de erro. (CIMINO, 1987, p. 17)

A elaboração do planejamento de uma obra proporciona ao profissional, ou departamento, o conhecimento completo do projeto. Desta forma é possível detectar possíveis falhas e omissões para saná-las antes do início da obra. Nessa fase também é o momento de realização de estudos diversos, tais como:

- Em relação aos trabalhadores:
 - Disponibilidade de mão de obra local (especializada ou não);
 - Necessidade de alojamento para mão de obra;
 - Oferta de restaurantes para fornecer alimentação aos trabalhadores;

- Meios de transporte disponíveis;
- Elaboração do histograma de mão de obra;
- Em relação à execução da obra:
 - Elaboração do cronograma detalhado da obra, identificando o seu caminho crítico;
 - Análise do método construtivo;
 - Identificação de situações desfavoráveis e estudo detalhado;

Os principais métodos para a elaboração de um planejamento serão detalhados a seguir.

2.1.1. ESTRUTURA ANALÍTICA DO PROJETO (EAP)

A primeira tarefa que um planejador deve executar é o levantamento de todas as atividades que serão executadas na obra. Pode ser considerada uma das mais importantes etapas do processo, visto que a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) será o embrião do planejamento físico/financeiro da obra e as atividades que forem negligenciadas nessa etapa, não farão parte do cronograma da obra. Aconselha-se, também, devido à importância da referida etapa, a participação de diversos profissionais na detecção das atividades da obra. A omissão de alguma atividade poderá acarretar um desequilíbrio na obra, tanto de custo quanto de prazo de execução. (MATTOS, 2010).

A delimitação do escopo do projeto é imprescindível para a elaboração de um planejamento de qualidade. Assim é possível que o planejador tenha clareza do que se trata a obra e qual o seu objeto de trabalho. Os itens que não estiverem no escopo, inicial, da obra, não serão planejados.

A EAP é a subdivisão do projeto em “partes” menores e que apresenta maior facilidade de gerenciamento. É considerada uma estrutura hierárquica orientada do

escopo do projeto apresentando em cada nível descendente maior detalhamento do empreendimento. Apresenta o escopo total do projeto de forma mais detalhada. Os níveis mais baixos da EAP são caracterizados como pacotes de trabalho e é onde o planejamento atua efetivamente. (PMBOK, 2008).

Após o levantamento de todas as atividades que compõem o escopo do projeto, é necessária a decomposição dos itens, em unidades menores, facilitando o planejamento através da estipulação de recursos e tempo necessário para execução da respectiva atividade. O resultado dessa decomposição é a chamada Estrutura Analítica do Projeto (EAP), que deve ser em tantos níveis quanto o necessário para a simplificação e o entendimento do último nível.

Não há uma regra definida para construir a EAP. Dois planejadores podem perfeitamente chegar a duas EAP bastante diferentes para o mesmo projeto. O critério de decomposição é responsabilidade de quem planeja. É bom frisar que, qualquer que tenha sido a lógica de decomposição, todos os trabalhos constituintes do projeto precisam estar identificados ao final. O importante é que a EAP represente a totalidade do escopo (“regra dos 100%”). (MATTOS, 2010, p. 59).

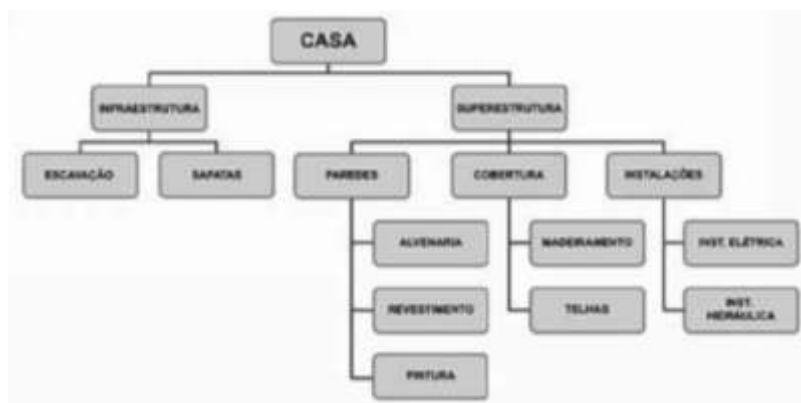


Figura 1: Exemplo de uma EAP, para construção de uma casa. Fonte: MATTOS (2010).

A EAP ilustrada na figura 1 apresenta quatro níveis de detalhamento. Para a elaboração do planejamento detalhado da obra, o planejador utiliza o último nível de

cada ramificação, que no exemplo apresentado corresponde a nove atividades, como por exemplo, escavação e telhas.

Não existe uma regra de quantos níveis uma EAP deve apresentar. O detalhamento através da decomposição das atividades depende do grau de precisão que será necessário no acompanhamento da obra. Quanto mais níveis possuir uma EAP, maior será o controle, mas também maior será o custo para atualização da mesma.

Um ponto a ponderar é o tempo médio das atividades do planejamento. Não é viável trabalhar com atividades muito genéricas e longas misturadas com atividades de duração reduzidas. É preciso haver um equilíbrio nas durações, o que já é um ponto de orientação para o planejador. Não é coerente haver em um cronograma atividades com duração em meses e outras em dias, ou algumas em semanas e outras em anos. (MATTOS, 2010, p. 62).

Segundo Mattos (2010), uma dica importante é sempre decompor um pacote em no mínimo dois “subpacotes”.

A EAP da figura 1 pode ser descrita, também, na forma analítica ou sintética. A principal característica desse formato é a fácil visualização do nível que cada atividade está inserido, pois a cada nível, um novo dígito é inserido.

Atividade	
0	Casa
1	1 Infraestrutura
2	1.1 Escavação
3	1.2 Sapatas
4	2 Superestrutura
5	2.1 Paredes
6	2.1.1 Alvenaria
7	2.1.2 Revestimento
8	2.1.3 Pintura
9	2.2 Cobertura
10	2.2.1 Madeiramento
11	2.2.2 Telhas
12	2.3 Instalações
13	2.3.1 Instalação elétrica
14	2.3.2 Instalação hidráulica

Figura 2: EAP da figura 1, descrita na forma analítica. Fonte: MATTOS (2010).

Mattos (2010) afirma que as principais propriedades de uma EAP são:

- ✓ Cada nível representa um refinamento do nível imediatamente superior;
- ✓ As subtarefas representam 100% do escopo da tarefa do nível imediatamente superior (regra dos 100%), ou seja, se um pacote de trabalho é desmembrado, a soma dos subpacotes representa 100% do pacote;
- ✓ O custo do elemento do 1º nível é igual à soma dos elementos do 2º nível e assim sucessivamente.
- ✓ Uma mesma atividade não pode estar em mais de um ramo;
- ✓ Na EAP estarão todas as atividades pertencentes ao escopo do objeto;
- ✓ As atividades devem ser decompostas até um nível que possam ser detalhadas de forma simples (tempo e custo, por exemplo).

Também para Mattos (2010), os principais benefícios de uma EAP são os seguintes:

- ✓ Individualizar as atividades de forma que serão pensadas separadamente uma da outra;
- ✓ Facilitar o entendimento das atividades, devido à simplificação da descrição no último nível;
- ✓ Facilitar a verificação de outras pessoas, mesmo não sendo as responsáveis pela elaboração da estrutura;
- ✓ Facilitar a identificação de atividades em um cronograma extenso;
- ✓ Facilitar o trabalho do orçamentista, devido ao detalhamento de “todas” as atividades;

2.1.2. ORÇAMENTO

O orçamento de uma obra pode ser elaborado em fases distintas da execução do projeto: antes (custo prévio) e depois da execução do empreendimento. (GEHBAUER *et al.*, 2002).

Como o tema do trabalho é planejamento, trataremos apenas do orçamento prévio, que é anterior à execução da obra.

Após a elaboração da Estrutura Analítica de Projeto (EAP), passamos a fase de elaboração do orçamento do projeto. Segundo Valentini (2009) as principais etapas na elaboração são as seguintes:

2.1.2.1. ANÁLISE DE DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

Essa etapa consiste em analisar os projetos da obra, caderno de encargos, memorial descritivo e realização de visita técnica ao local da obra, a fim de esclarecer possíveis dúvidas em relação ao escopo contratual. Nessa fase é identificada a metodologia construtiva das atividades, o critério de medição dos serviços executados e demais informações relevantes.

2.1.2.2. CUSTO DIRETO DA OBRA

Os principais custos diretos da obra são os relacionados aos materiais, mão de obra e equipamentos. Esses custos são encontrados através das composições de preços unitários.

2.1.2.3. COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS (CPU'S)

As Composições de Preços Unitários (CPU's) consistem na apropriação dos materiais e equipamentos aos seus consumos e mão de obra a suas produtividades, associando seus respectivos preços para uma unidade de serviço. (VALENTINI, 2009, p.17).

O total de insumos necessários para a execução da obra é encontrado através da combinação entre o índice de produtividade (mão de obra e equipamentos) / consumo (materiais) e o valor unitário dos insumos necessários para a execução de uma unidade de cada atividade descrita na EAP.

No custo unitário da mão de obra devem ser considerados todos os custos do empregador, tais como salário, encargos sociais, e demais custos presente na legislação vigente.

A principal forma de determinar os índices de produtividade e consumo é através do histórico de atividades similares executadas anteriormente, em obras da empresa ou em índices públicos, atualizados, da construção civil. Caso não seja possível, devem ser estimados através da experiência do orçamentista.

No quadro 1 é ilustrado um exemplo de CPU para a execução de armação CA-50. Na tabela a coluna "Código" representa o número identificador da atividade e dos insumos, presentes no sistema de elaboração de orçamento. Em um projeto deve existir apenas um código para cada insumo ("Armador", por exemplo).

A coluna "Descrição" representa o detalhamento sucinto da atividade e dos insumos.

A coluna "Unid." apresenta a unidade da atividade e dos insumos. Geralmente a unidade adotada para os insumos relacionados à mão de obra e equipamentos é horas (h).

A coluna "Índice" apresenta os índices de produtividade e consumo de cada insumo para a execução de cada unidade da atividade.

A coluna “R\$ Unit.” (em branco) deve ser preenchida com o preço unitário de cada unidade do insumo. Por exemplo, se o custo de um armador (já com encargos) é de R\$ 3.000,00 por mês e considerando que o mesmo trabalha 200 horas no mês, podemos concluir que o R\$ Unit. deste insumo é de R\$15,00 (R\$ 3.000,00 dividido por 200 horas).

A coluna “R\$ Total” (em branco) será preenchida através da multiplicação das colunas “Índices” e “R\$ Unit.”.

A linha “Preço de Custo” (em branco) será preenchida através da soma de todos os R\$ Total.

A linha “BDI %” (em branco) será preenchida com um percentual que será explicado em seguida.

Por fim, a linha “Preço de Venda” (em branco) será preenchida como a soma do Preço de Custo com valor em reais do BDI respectivo.

Quadro 1: Exemplo de uma CPU. Fonte: VALENTINI (2009).

Código	Descrição			Unid.	
100001	Armação CA-50			kg	
Código	Insumos	Unid.	Índice	R\$ Unit	R\$ Total
F00001	Armador	h	0,10		
F00002	Servente	h	0,10		
M00001	Aço CA-50 D < 12,5 mm	kg	1,10		
M00002	Arame Galv. N°18	kg	0,04		
			Preço de Custo		R\$
			BDI	%	
			Preço de Venda		R\$

2.1.2.4. CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTOS

Na determinação do custo horário de equipamentos devem ser consideradas as horas produtivas e as horas improdutivas do insumo. Para definir o preço unitário de um equipamento, geralmente o custo mensal é dividido por 200 horas (total de horas considerado na utilização mensal).

Por exemplo, uma empresa aluga uma escavadeira, por um custo mensal, para a execução de determinada atividade, com duração estimada de 150 horas. Portanto, caso não exista outra atividade para empregar às 50 horas restantes de escavadeira (no mês), estas devem ser consideradas como horas improdutivas e o custo deve ser considerado, como custo improdutivo.

2.1.2.5. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS INICIAIS

As CPU's são vinculadas às respectivas atividades levantadas na EAP para determinar os insumos necessários e em qual quantidade para a execução do empreendimento. Como já foi dito, as CPU's representam o custo para a execução de uma unidade de determinada atividade; assim, somando os produtos do "Preço de Venda" pela respectiva quantidade total da atividade, encontramos o valor total da obra.

A próxima etapa a ser realizada é o levantamento dos quantitativos de cada atividade. Para isso deve ser criada uma metodologia sistemática a fim de minimizar as possíveis falhas.

A "perda de material" não deve ser considerada no levantamento de quantidades e sim na composição do custo unitário. (VALENTINI, 2009, p. 33).

As atividades apresentam quantidades em unidades diversas, tais como lineares (rodapé, por exemplo), áreas (pisos), volumes (concretagem de laje), peso (armação), unidades (placas de obras), entre outras.

O objetivo do levantamento de quantidades é “traduzir” as medidas dos projetos. (BRADA, 2012, p. 13).

Após a finalização do levantamento dos quantitativos da obra é gerado o resumo de quantitativo de todos os insumos. Estes quantitativos totais serão utilizados na cotação dos insumos da obra.

2.1.2.6. BONIFICAÇÃO E DESPESAS INDIRETAS (BDI)

Em resumo, a Bonificação e Despesas Indiretas (BDI) é um percentual que apropria os custos indiretos, tributos administração central, encargos financeiros, riscos e a margem do lucro planejado, e que acrescido aos custos diretos, formam o preço de venda de um empreendimento. (VALENTINI, 2009, p. 48).

No BDI são considerados todos os custos que não podem ser inseridos, diretamente, nas CPU's, tais como custos indiretos, administração central, encargos sociais, tributos e também o lucro almejado pela empresa.

2.1.3. CURVA ABC

A curva abc apresenta a lista de insumos (curva abc de insumos) ou de atividades (curva abc de serviço) em ordem decrescente de valor financeiro. Representa uma importante ferramenta de identificação e análise dos custos da obra, pois apresenta de forma legível e agrupada os insumos / serviços com maior “peso” financeiro no empreendimento.

A tabela 1 apresenta um exemplo de curva abc de insumos.

Tabela 1: Curva abc de insumos.

DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	P. UNIT. (R\$)	P. TOTAL (R\$)	%	% ACUMULADO
Insumo 15	h	40000	9,00	360.000,00	14,87%	14,87%
Insumo 9	kg	1000	300,00	300.000,00	12,39%	27,26%
Insumo 10	m³	1500	200,00	300.000,00	12,39%	39,65%
Insumo 17	und.	300	1.000,00	300.000,00	12,39%	52,04%
Insumo 13	h	10000	15,00	150.000,00	6,19%	58,23%
Insumo 14	h	10000	15,00	150.000,00	6,19%	64,43%
Insumo 20	kg	500	250,00	125.000,00	5,16%	69,59%
Insumo 18	und.	70	1.500,00	105.000,00	4,34%	73,92%
Insumo 19	kg	350	300,00	105.000,00	4,34%	78,26%
Insumo 8	h	6000	15,00	90.000,00	3,72%	81,98%
Insumo 11	h	6000	15,00	90.000,00	3,72%	85,69%
Insumo 22	m	350	200,00	70.000,00	2,89%	88,59%
Insumo 25	kg	300	200,00	60.000,00	2,48%	91,06%
Insumo 24	m³	600	70,00	42.000,00	1,73%	92,80%
Insumo 21	m	400	100,00	40.000,00	1,65%	94,45%
Insumo 6	kg	250	150,00	37.500,00	1,55%	96,00%
Insumo 5	m³	200	150,00	30.000,00	1,24%	97,24%
Insumo 7	m³	70	300,00	21.000,00	0,87%	98,10%
Insumo 23	m²	700	15,00	10.500,00	0,43%	98,54%
Insumo 4	m²	100	100,00	10.000,00	0,41%	98,95%
Insumo 16	m³	300	30,00	9.000,00	0,37%	99,32%
Insumo 3	m²	500	15,00	7.500,00	0,31%	99,63%
Insumo 12	m³	600	10,00	6.000,00	0,25%	99,88%
Insumo 2	m²	110	20,00	2.200,00	0,09%	99,97%
Insumo 1	m²	100	7,00	700,00	0,03%	100,00%

As principais características de uma curva abc é a ordenação em ordem decrescente dos itens analisados (na tabela 1, os itens são insumos). Esse aspecto possibilita aos responsáveis identificar com clareza os itens que necessitam de maior controle financeiro, pois representarão o “lucro” ou o “prejuízo” do empreendimento.

2.1.4. PRAZOS

O cálculo do prazo ou duração de cada atividade, levantada na EAP anteriormente, é o ato de estabelecer uma quantidade de tempo (normalmente dias) para a

execução de determinada tarefa. A estimativa deve se basear, sempre, em dias úteis de trabalho, pois é o período que efetivamente ocorrerá execução de atividades.

A etapa do planejamento de estimar a duração de cada atividade deve ser realizada, sempre, depois da execução da EAP. Esse princípio se mostra necessário e importante na medida em que analisamos qual a atividade é mais viável de se atribuir uma duração:

Tabela 2: Exemplo de EAP - Construção de uma casa.

<i>1</i>	<i>Casa</i>
<i>1.1</i>	<i>Infraestrutura da casa</i>
<i>1.1.1</i>	<i>Sapatas da infraestrutura da casa</i>

Na tabela 2, devido à complexidade de informações que devem ser estudadas para a conclusão de uma casa e também de sua infraestrutura é praticamente impossível à estimativa de duração para execução de tais atividades. No caso das “Sapatas” é possível atribuir uma duração, com mais exatidão devido à “simplicidade” de execução frente às outras atividades, anteriormente citadas.

Assim, podemos concluir que o planejador deve estimar o tempo, apenas, das tarefas presentes no último nível de cada ramo de uma EAP. No nosso exemplo, o profissional deveria fazê-lo apenas da atividade “Sapatas da infraestrutura da casa”.

Mattos (2010) apresenta algumas regras práticas para determinar duração de uma atividade, conforme quadro 2 e fatores que afetam o prazo, conforme quadro 3.

Quadro 2: Regras práticas para determinação da duração de uma atividade. Fonte: MATTOS (2010).

Regra	Significado
<i>Avaliar as durações uma a uma</i>	<i>Deve-se estimar a duração de cada atividade analisando-a separadamente das demais. Para cada uma delas, deve-se assumir que há oferta suficiente de mão de obra, material e equipamento (a menos que se saiba de antemão que isso não é possível).</i>
<i>Adotar o dia normal</i>	<i>A duração da atividade deve ser calculada tomando por base a jornada normal do dia. Admitir logo de saída a adoção de horas extras e turnos mais longos não é a melhor prática, porque induz tendenciosidade. Exceção é feita para obras que já são naturalmente executadas em turnos diurno e noturno, como barragens, estradas, obras industriais, etc. Não seria o caso, por exemplo, de obras prediais.</i>
<i>Não pensar no prazo total da obra</i>	<i>A atribuição das durações deve ser um processo imparcial. O planejador não deve ficar balizado pelo prazo total do projeto logo no início do planejamento. O correto é montar a rede com as durações calculadas de forma isenta e só então avaliar se a duração total está coerente ou se precisa de ajustes. O ideal é que cada atividade seja tratada individualmente.</i>
<i>Dias úteis ≠ dias corridos</i>	<i>Duração é a quantidade de períodos de trabalho, e não deve ser confundida com dias de calendário – por exemplo, em uma obra na qual se trabalha de segunda a sexta, 15 dias úteis representam uma diferença de 4 dias com relação a 15 dias do calendário!</i>

Quadro 3: Fatores que afetam a duração. Fonte: MATTOS (2010).

Fator	Efeito
<i>Experiência da equipe</i>	<i>Quanto mais experiência tiver a equipe de trabalho, maior a facilidade em realizar a atividade e, conseqüentemente, menor o tempo necessário para executá-la.</i>
<i>Grau de conhecimento do serviço</i>	<i>Atividades novas, especiais ou pouco frequentes geralmente requerem um período de familiarização da equipe (metodologia construtiva, posicionamento dos operários e equipamentos, identificação de interferências, análise de fontes de carro etc). Existe uma tendência natural a que a produtividade cresça com o tempo (curva de aprendizagem).</i>
<i>Apoio logístico</i>	<i>A duração de uma atividade pode ser otimizada com um suporte preciso, que garanta que os operários não percam tempo esperando a chegada de material, ou com longos deslocamentos etc.</i>

Gehbauer *et al.* (2002) apresentou uma equação para determinar a duração de uma atividade, conforme índices de produtividade de mão de obra.

$$DA(h) = \frac{I_p \times Q}{MO}$$

DA (h) = Duração da atividade em horas;

I_p = Índice de produtividade da mão de obra, presente na CPU respectiva;

Q = Quantidade do serviço, presente na planilha;

MO = Quantidade de mão de obra disponível para a atividade.

Obs.: o Índice de produtividade considerado é sempre o do insumo principal de mão de obra dentro da CPU.

Quadro 4: Exemplo de CPU, “Alvenaria de bloco de concreto”. Fonte: Arquivo Pessoal

DESCRIÇÃO	UNID.
Alvenaria de bloco de concreto estrutural, fck 4,5 MPa, espessura 19cm	m2

INSUMO	UNID.	ÍNDICE
Bloco de concreto estrutural, fbk 4,0 MPa, 39x19x19cm	un	12
Meio bloco de concreto estrutural, fbk 4,0 MPa, 19x19x19cm	un	2
Pedreiro de massa	h	1,35
Servente	h	1,45
Argamassa de cimento, cal e areia, preparo mecanico, para assentamento de alvenaria	m3	0,0142

Na CPU do quadro 4, existem dois insumos de mão de obra, Pedreiro e Servente. Conforme descrito acima, o índice de produtividade a ser considerado será o do “principal” insumo, que será o responsável pelo ritmo de produção da atividade. Nesse exemplo, será o Pedreiro, que apresenta índice de produtividade igual a 1,35 h/m² de alvenaria.

Se na CPU existir insumo de equipamento e o mesmo representar o principal insumo da CPU (exemplo de escavação mecanizada), esse índice que deve ser o considerado na equação.

2.1.5. RELAÇÃO DE DEPENDÊNCIAS

Após a identificação de todas as atividades que comporão o projeto é possível e necessário estabelecer uma sequência executiva coerente com a realidade. Por exemplo, para executar a atividade “pintura de parede” é imprescindível que a atividade “parede” esteja concluída anteriormente.

A tarefa de estabelecer precedência entre as atividades é fundamental para o planejamento e deve ser executada pelo (s) profissional (ais) “manualmente”. Nenhum software é capaz de estabelecer com exatidão as dependências entre as tarefas.

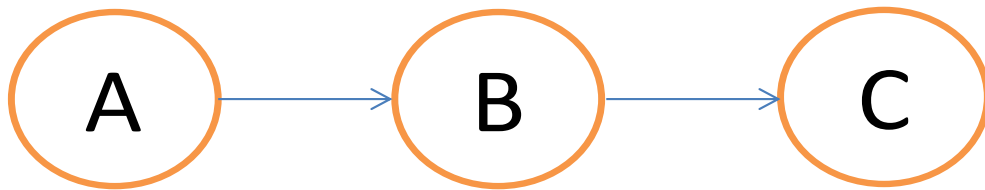


Figura 3: Sequência executiva. Fonte: Arquivo Pessoal

A figura 3 ilustra a sequência executiva de 3 atividades (A, B e C). A atividade “B” depende de “A”, enquanto “C” depende de “B”. Consequentemente a atividade “C” depende de “A”, contudo não há necessidade de enfatizar tal dependência, pois ela é implícita.

Em um projeto existirá dezenas, centenas ou até milhares de atividades. Portanto o fluxo não será necessariamente linear. Existiram diversas atividades que ocorrerão de forma paralela e outras que não apresentarão precedência alguma. Inúmeras tarefas apresentarão mais do que uma atividade precedente e uma tarefa será dependente de múltiplas atividades sequentes.

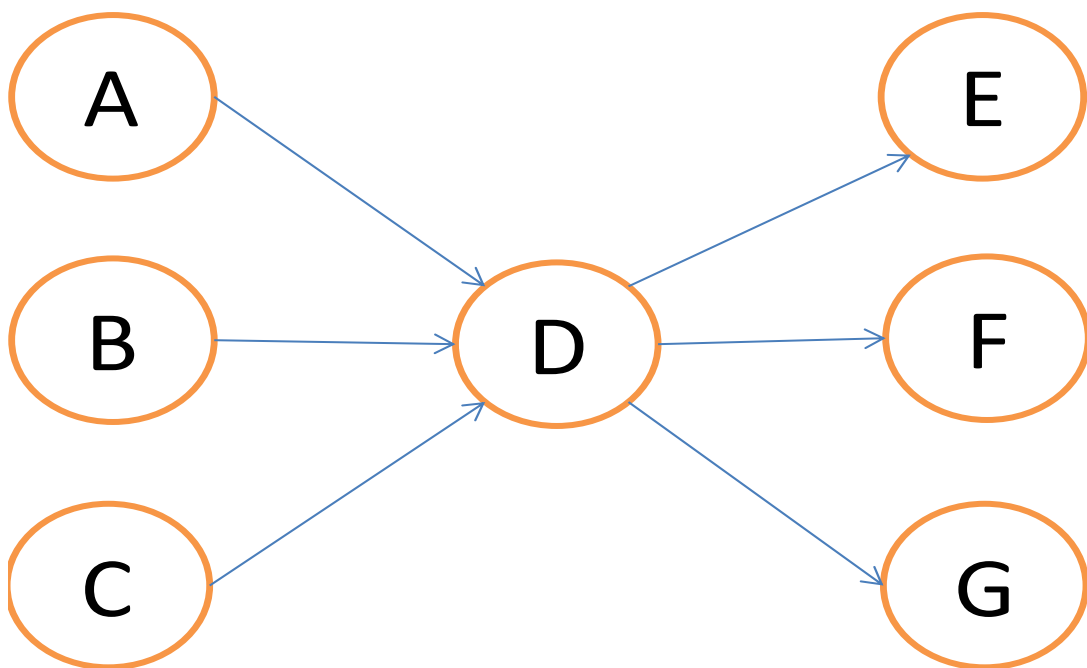


Figura 4: Rede múltipla de atividades. Fonte: Arquivo Pessoal

Na figura 4 as atividades “A”, “B” e “C” são paralelas entre si. Portanto podem ocorrer concomitantemente. As atividades “E”, “F” e “G” também possuem a mesma característica.

Outro aspecto que pode ser constatado é que a atividade “D” é dependente das atividades “A”, “B” e “C”, enquanto as atividades “E”, “F” e “G” são dependentes da atividade “D”.

A melhor forma de identificar as dependências dentro do escopo da obra é através de uma tabela (tabela 3).

Tabela 3: Relação de “dependências”. Fonte: Arquivo Pessoal

ATIVIDADE	DEPENDÊNCIA
A	-
B	-
C	-
D	A,B
E	C
F	E
G	E
H	F,G
I	D,H

No capítulo 2.1.6 - DIAGRAMA PERT/CPM será montada a rede da tabela 3.

Mattos (2010) alerta para a falha ao montar a rede de dependências, chamada de circularidade.

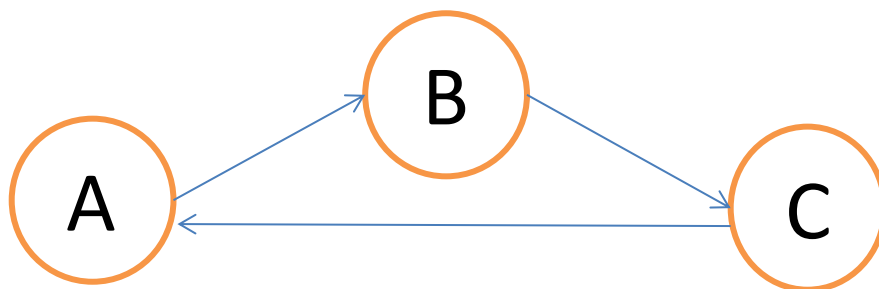


Figura 5: Ocorrência de circularidade. Fonte: Arquivo Pessoal

A rede da figura 5 apresenta circularidade e por isso está incorreta. Não existe nenhuma atividade sem predecessora para ser a atividade inicial do projeto.

A sequência executiva de tarefas apresenta dois tipos de dependências principais: Mandatória e preferencial. (MATTOS, 2010).

As mandatórias recebem esse nome por apresentarem um fluxo lógico fisicamente.

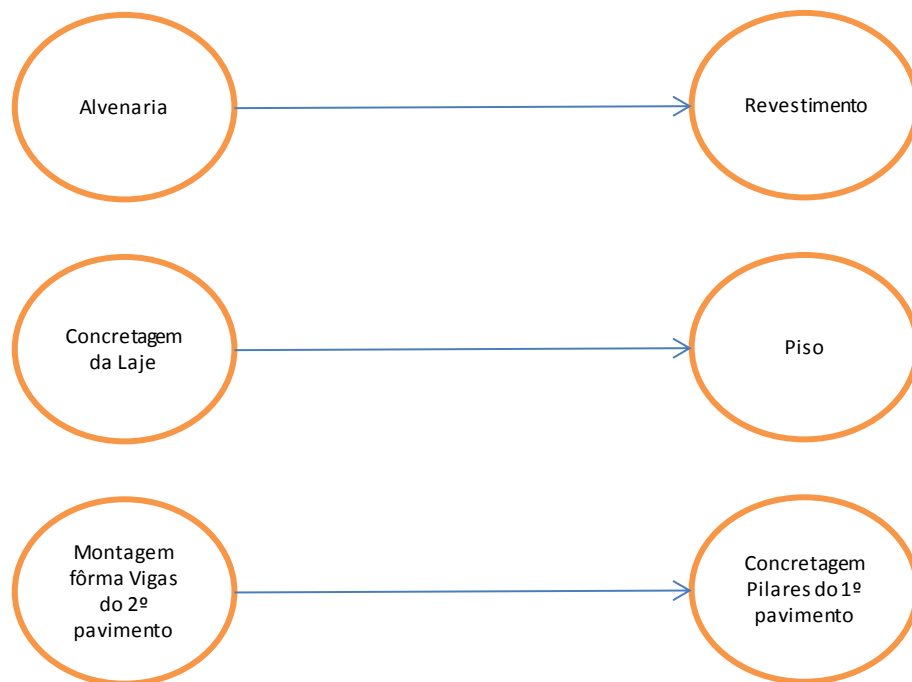


Figura 6: Exemplo de atividades mandatórias. Fonte: Arquivo Pessoal

Não é possível iniciar o revestimento de uma alvenaria sem antes ter finalizado esta atividade. Tampouco é possível executar um piso antes da concretagem da laje. Muito menos é factível montar as fôrmas de vigas do 2º pavimento antes de concretar os pilares do 1º pavimento.

As preferenciais são estabelecidas de forma distinta para cada empreendimento. Não existe uma metodologia única. Portanto serão formadas a partir da experiência da equipe de planejamento ou de marcos estabelecidos pelo contratante.

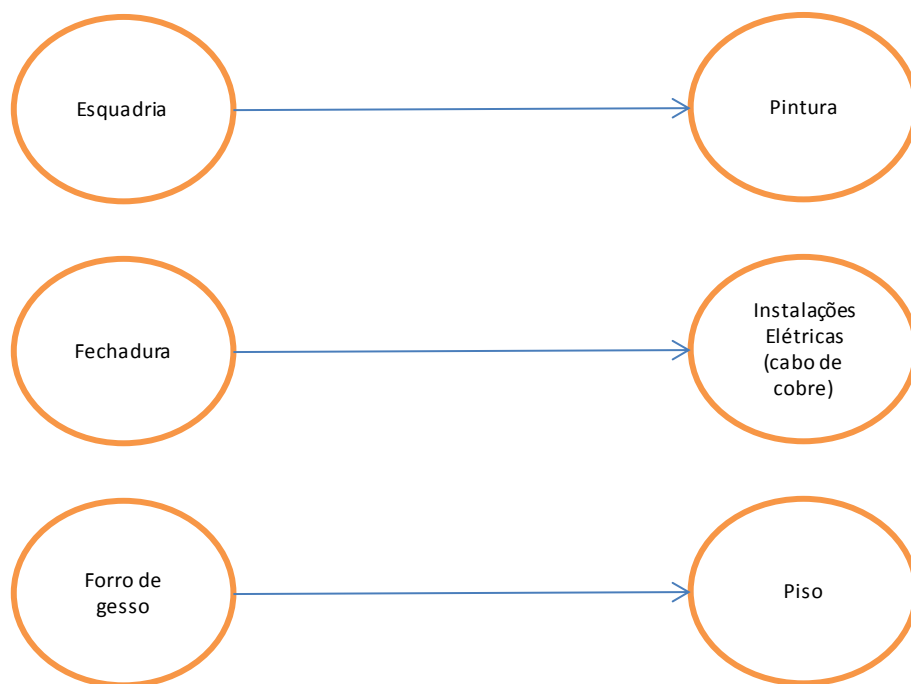


Figura 7: Exemplo de atividades preferenciais. Fonte: Arquivo Pessoal

A figura 7 não apresenta dependência física em nenhum dos três exemplos. Os vínculos seguem uma lógica específica para cada situação.

No primeiro exemplo a esquadria é predecessora da pintura devido à precaução com possíveis intempéries que podem danificar a pintura. Por isso foi estabelecido que essa tarefa somente pudesse iniciar, após a vedação do ambiente.

No segundo exemplo a cautela da equipe de planejamento é em relação a furto dos cabos de cobre que apresentam um valor unitário alto. Portanto a execução de tal tarefa foi condicionada à instalação de fechaduras na (s) porta (s) do ambiente.

No terceiro, e último, exemplo a aplicação do piso está condicionada à finalização do forro de gesso do local. Para executar o forro será necessário o uso de andaime e caso o piso esteja finalizado, pode ser danificado pelo equipamento. Por isso a sequência estabelecida pela equipe.

A seguir são detalhadas as principais relações de dependências em um projeto.

2.1.5.1. DENPENDÊNCIA TÉRMINO-INÍCIO (TI)

A dependência TI é a mais comum em uma rede de planejamento para obras da construção civil. Sua característica é que uma atividade só pode iniciar após finalização da tarefa predecessora.

Quadro 5: Dependência término-início (TI). Fonte: Arquivo Pessoal

TEMPO (DIA)					
1	2	3	4	5	6
Atividade A					
		Atividade B			

Algumas sequências de atividades além de seguirem a conexão TI, necessitam de uma “interrupção” programada. Um exemplo de atividades é Chapisco-Emboço, pois é necessário aguardar a “cura” do chapisco, antes de iniciar o emboço.

Quadro 6: Dependência término-início (TI) com “interrupção”. Fonte: Arquivo Pessoal

TEMPO (DIA)						
1	2	3	4	5	6	7
	Chapisco					
			Emboço			

2.1.5.2. DEPENDÊNCIA INÍCIO-TÉRMINO (IT)

A dependência IT é pouco utilizada nos projetos de construção civil. O início da atividade predecessora é indispensável para o termino da atividade sucessora. Pode ocorrer interrupção da dependência, por motivos variados.

Quadro 7: Dependência início-término (IT). Fonte: Arquivo Pessoal

TEMPO (DIA)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Atividade A						
	Atividade B								
							Atividade C		
						Atividade D			

No quadro 7, o término da atividade “B” estará condicionado ao início de “A”. O término de “D” será um dia depois do início de “C”. Como exemplo de atividades com essa relação de dependência, Mattos (2010) cita partida da subestação e aluguel de

gerador - que o término do aluguel de gerador está condicionado à partida da subestação.

2.1.5.3. DEPENDÊNCIA TÉRMINO-TÉRMINO (TT)

A correlação TT caracteriza-se pela relação de término da tarefa antecessora para a finalização da atividade seguinte.

Quadro 8: Dependência término-término (TT). Fonte: Arquivo Pessoal

TEMPO (DIA)							
1	2	3	4	5	6	7	8
	Atividade A						
	Atividade B						
				Atividade C			
					Atividade D		

No quadro 8 o término de “B” está condicionado ao término de “A”. A finalização de “D” será um dia depois do encerramento da atividade “C”. Um exemplo de atividades que apresentam essa relação é a “dupla” escavação mecanizada - aluguel de escavadeira, cujo término do aluguel está condicionado à finalização da escavação.

2.1.5.4. DEPENDÊNCIA INÍCIO-INÍCIO (II)

A ligação II apresenta a condição de a tarefa anterior iniciar para “autorizar” o início da atividade sucessora.

Quadro 9: Dependência início-início (II). Fonte: Arquivo Pessoal

TEMPO (DIA)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Atividade A							
	Atividade B							
					Atividade C			
						Atividade D		

No quadro 9 o início de “B” depende do início de “A”. A iniciação da atividade “D” será um dia após o início de “C”. Um exemplo de atividades com relação de precedência (II) é escavação - transporte material excedente, pois o transporte só poderá iniciar após o início da escavação.

Quanto mais detalhada a EAP, menor a necessidade de o planejamento usar defasagem. Isso porque os pacotes de trabalho serão menores e mais sequenciais entre si (TI). (MATTOS, 2010, p. 108).

Portanto é fundamental o compromisso da equipe de planejamento em produzir uma EAP com a maior qualidade possível.

Quadro 10: Resumo de precedências. Fonte: adaptado MATTOS (2010)

LIGAÇÃO (entre atividades)	CARACTERÍSTICA
TI (término-início)	"A" tem de terminar para "B" poder iniciar
IT (início-término)	"A" tem que iniciar para "B" poder terminar
TT (término-término)	"A" tem que terminar para "B" poder terminar
II (início-início)	"A" tem que iniciar para "B" poder iniciar

2.1.6. DIAGRAMA PERT/CPM

Objetivando entender melhor a relação tempo-custo nos projetos de engenharia, a empresa norte-americana DuPont, no final da década de 1950 estudou um método para reduzir os prazos, sem alterar a duração de todas as atividades do escopo. Nasceu aí o Método do Caminho Crítico, em inglês, Critical Path Method (CPM). (MATTOS, 2010).

Também na mesma época foi desenvolvido pela marinha norte-americana, em pareceria com as empresas Booz Allen & Hamilton e Lockheed Aircraft Corporation (MATTOS, 2010), a Técnica de Avaliação e Revisão de Programas, em inglês Program Evaluation and Review Technique (PERT). O objetivo era monitorar os prazos e custos na construção de submarinos de guerra estadunidenses. (SILVA, 2006).

Os dois métodos foram combinados e hoje são usados como um único: PERT/CPM, que procura otimizar os prazos e custos, CPM, e através de probabilística determinar possíveis prazos de termino do projeto, PERT. (SILVA, 2006).

A construção de um diagrama de rede se faz de dois modos, método das flechas, em inglês Arrow Diagramming (ADM) e método dos blocos, em inglês Precedence Diagramming Method (PDM). Apesar de produzirem o mesmo resultado, apresentam metodologias distintas de elaboração, apresentando vantagens e desvantagens um em relação ao outro.

O método PERT/CPM distribui as atividades ao longo de uma rede (linear e paralela), tomando por base as suas predecessoras. Partindo dos prazos individuais

de cada atividade é possível estimar o prazo total do projeto, definir o seu caminho crítico, as tarefas que apresentam “folga” para a sua execução, entre outras características que serão detalhadas a seguir.

2.1.6.1. MÉTODO ADM

Segundo Mattos (2010), também conhecido como: diagrama de flechas, método das setas, método americano, método da atividade seta, diagrama i-j, arrow diagramming method (ADM), activity-on-arrow (AOA) e arrow-and-circle method é caracterizado por apresentar as atividades em forma de flechas, que se ligam através de dois eventos distintos.

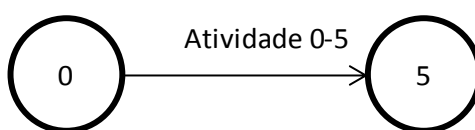


Figura 8: Exemplo do método ADM. Fonte: Arquivo Pessoal.

Na figura 8, a atividade “0-5” é representada pela seta que interliga os eventos “0” e “5”.

Cada item pertencente ao “último” nível da EAP é uma atividade que deve estar presente no diagrama PERT/CPM. No método de flechas esses itens serão representados pelas setas. Essas atividades apresentam prazo e recursos necessários, já definidos anteriormente. Para melhorar a leitura do diagrama, as flechas devem estar no sentido esquerdo-direito.

Os eventos representam instantes que não apresentam prazos e nem recursos. São simbólicos de termino das atividades predecessoras e inicio das atividades sucessoras.

Em um evento podem “chegar” e “partir” infinitas atividades. A lógica é a seguinte: para um evento ser finalizado, todas as atividades que “chegam” devem ser concluídas, sem exceção. Assim, as atividades que “partem” deste evento estão “liberadas” para poderem iniciar.

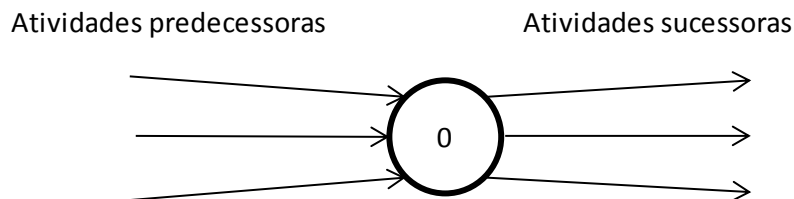


Figura 9: Atividades predecessoras e sucessoras em um evento “0”. Fonte: Arquivo Pessoal

Outra regra do método ADM é que deve existir apenas uma única atividade com o par ordenado início-fim. A metodologia utilizada para evitar o ocorrido é a utilização de atividades fictícias ou fantasmas. Estas atividades não apresentam duração e recursos, mas são imprescindíveis na elaboração do diagrama de flechas.

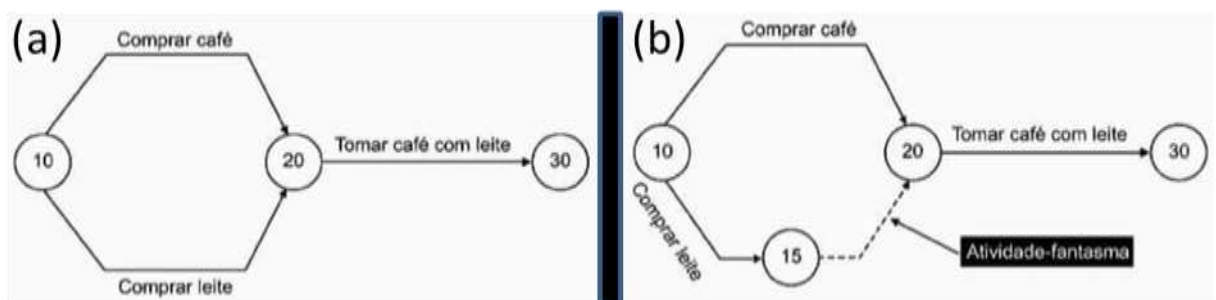


Figura 10: (a) Rede incorreta; (b) Rede correta. Fonte: (MATTOS, 2010, p. 120 e 121).

A figura 10 apresenta duas formas de desenhar um diagrama. Na situação (a) as atividades “comprar café” e “comprar leite” apresentam o mesmo par início-fim, portanto o diagrama está incorreto. Em (b) foi inserida uma atividade-fantasma para solucionar este problema.

Quadro 11: Diferença entre atividade e evento (MATTOS, 2010, P. 113)

Atividade	Evento
É uma tarefa a ser desempenhada	É um ponto no tempo, um instante do projeto
Possui duração	Não possui duração
Recursos (mão de obra, material, equipamento) podem ser atribuídos a ela	Não possui recursos
Representada por flecha entre dois eventos	Representado por círculo (nó)

a) Para criar a rede PERT/CPM, seja ela ADM ou PDM, é necessário primeiramente identificar: todas as atividades que serão inseridas (atividades pertencentes ao último nível da EAP), predecessoras (relação de dependência) e duração das mesmas (prazos).

Essas informações serão concatenadas em uma única tabela.

Tabela 4: Tabela de relação de atividades, dependências e duração.

ATIVIDADE	DEPENDÊNCIA	DURAÇÃO
A	-	4
B	-	3
C	-	1
D	A,B	7
E	C	5
F	E	4
G	E	3
H	F,G	2
I	D,H	4

- b) Em seguida traçamos um círculo que representa o evento inicial da rede;
- c) Do evento inicial, “partem” as atividades que não apresentam precedentes (na tabela 4, “A”, “B” e “C”);

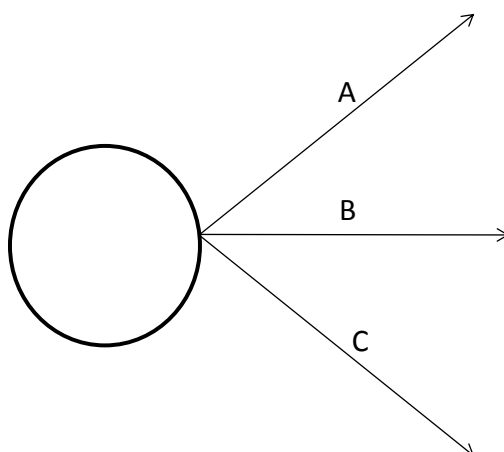


Figura 11: Evento inicial e atividades sem precedentes. Fonte: Arquivo Pessoal

- d) As demais atividades serão desenhadas tomando por base as suas predecessoras. Obs.: para evitar possíveis erros, o “próximo” evento só é criado,

quando todas as atividades predecessoras estiverem sido desenhadas e as mesmas estarem convergindo para este evento;

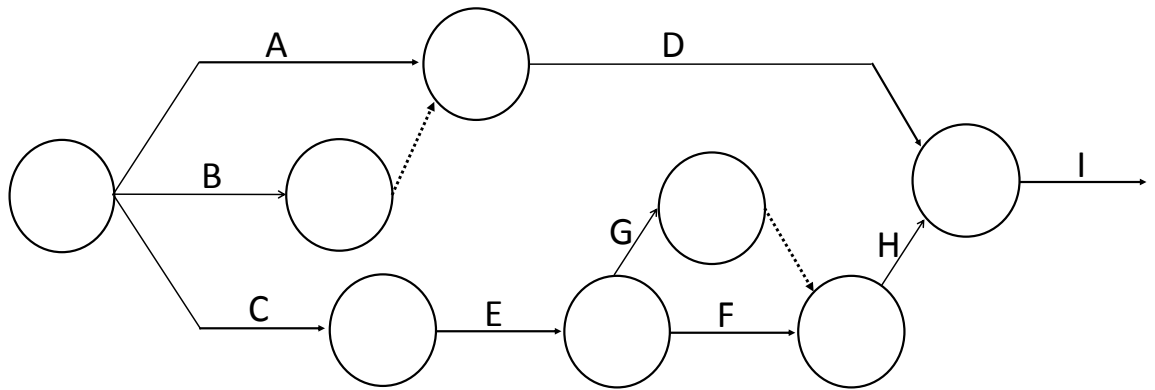


Figura 12: Todas as atividades traçadas, respeitando suas predecessoras. Fonte: Arquivo Pessoal.

Obs.: A figura 12 apresenta duas atividades fictícias em sua rede. Essas atividades são representadas com setas tracejadas.

e) Toda rede ADM será encerrada com um, e apenas um, evento final.

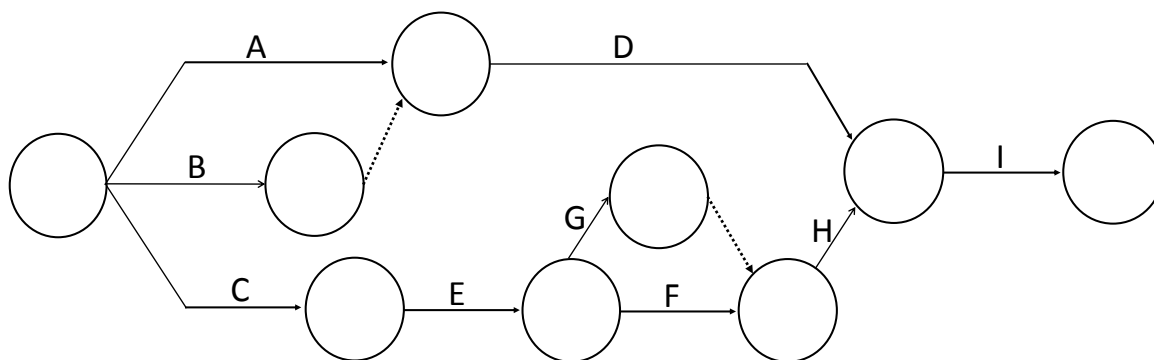


Figura 13: Rede ADM do projeto. Fonte: Arquivo Pessoal.

Mattos (2010), alerta para o fato que uma rede com boa estética facilita o entendimento da operação.

Ao finalizar o desenho é necessário verificar o mesmo, analisando principalmente se todas as precedências foram traçadas corretamente.

f) Após desenhar o diagrama ADM, a próxima tarefa a ser realizada pelo planejador é a numeração dos eventos (círculos). É recomendado que essa numeração devesse ser feita no sentido esquerdo-direito e que o número do evento sucessor seja sempre maior do que o do seu antecessor. Também é recomendado que os eventos fossem numerados de dois em dois, três em três, etc., pois caso necessário, uma atividade “nova” poderá ser introduzida na rede.

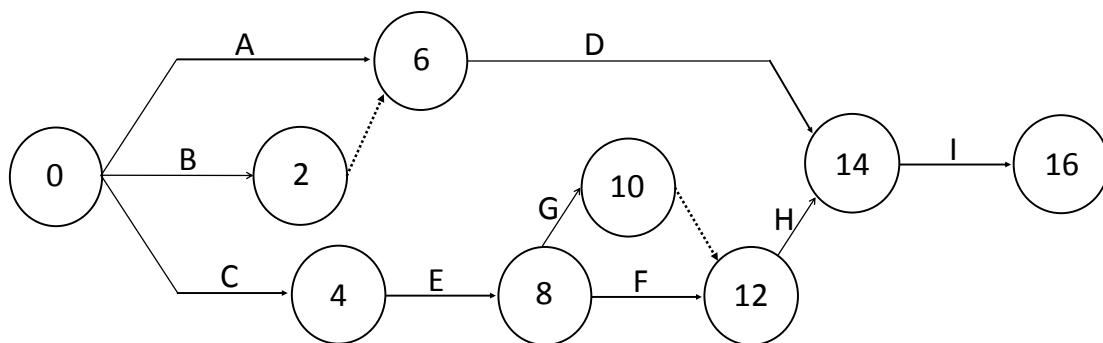


Figura 14: Numeração da rede ADM. Fonte: Arquivo Pessoal.

Segundo Mattos (2010), as seguintes condições devem ser atendidas no método das setas:

- ✓ O diagrama apresenta um único evento inicial
- ✓ Cada evento representa uma relação entre todas as atividades que chegam e que partem;
- ✓ Uma atividade só poderá iniciar quando todas as atividades que chegam a seu evento inicial (predecessoras) estiverem concluídas;
- ✓ Todas as atividades que partem de um mesmo evento apresentam predecessoras idênticas;
- ✓ Todas as atividades que chegam a um mesmo evento apresentam sucessoras idênticas;
- ✓ Para cada atividade é recomendado que o número do evento final devesse ser maior do que o do seu evento inicial;
- ✓ O diagrama apresenta um único evento final.

g) Finalizada a etapa de numeração dos eventos é a vez de inserir as durações de cada atividade na rede. As durações são escritas na parte inferior das setas.

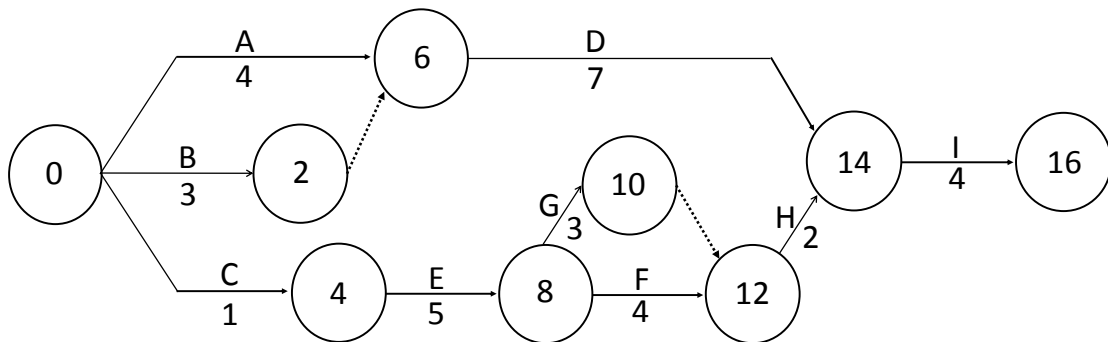
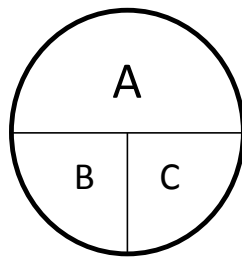


Figura 15: Duração das atividades. Fonte: Arquivo Pessoal.

Para saber a duração de um projeto que apresente atividades exclusivamente em série, basta somarmos as durações individuais de cada tarefa. Já para um que apresente atividades unicamente em paralelo, a duração total da rede será a maior duração entre as individuais de cada tarefa.

A rede do exemplo apresenta atividades em série (C-E-F, por exemplo) e atividades em paralelo (A, B e C, por exemplo). Portanto o cálculo da duração total é um pouco mais trabalhoso.

Inicialmente o evento (círculo) será dividido em três partes, conforme figura 16.



A = NÚMERO DO EVENTO
B= DATA MAIS CEDO (DMC)
C= DATA MAIS TARDE (DMT)

Figura 16: divisão do evento. Fonte: Arquivo Pessoal.

A DMC representa a primeira data em que a(s) atividade(s) sucessora(s), ao evento, pode(m) iniciar.

DMC = DMC do evento anterior + duração da atividade predecessora. Caso exista mais do que uma predecessora, a DMC considerada deve ser a maior delas.

O cálculo da DMC deve ser feita do menor para o maior evento.

$$\text{DMC (0)} = 0$$

*** DMC (0) sempre será igual a 0**

$$\text{DMC (2)} = \text{DMC (0)} + \text{duração de B}$$

$$\text{DMC (2)} = 0 + 3 = 3$$

$$\text{DMC (4)} = \text{DMC (0)} + \text{duração de C}$$

$$\text{DMC (4)} = 0 + 1 = 1$$

$$\text{DMC (6)} = \text{DMC (0)} + \text{duração de A ou DMC (2)}$$

*** Atividade fictícia não apresenta duração**

$$\text{DMC (6)} = 0 + 4 \text{ ou } 3$$

$$\text{DMC (6)} = 4 \text{ (maior valor)}$$

$$\text{DMC (8)} = \text{DMC (4)} + \text{duração de E}$$

$$\text{DMC (8)} = 1 + 5 = 6$$

$$\text{DMC (10)} = \text{DMC (8)} + \text{duração de G}$$

$$\text{DMC (10)} = 6 + 3 = 9$$

$$\text{DMC (12)} = \text{DMC (8)} + \text{duração de F ou DMC (10)}$$

*** Atividade fictícia não apresenta duração**

$$\text{DMC (12)} = 6 + 4 \text{ ou } 9$$

$$\text{DMC (12)} = 10 \text{ (maior valor)}$$

$$\text{DMC (14)} = \text{DMC (6)} + \text{duração de D ou DMC (12)} + \text{duração de H}$$

$$\text{DMC (14)} = 4 + 7 \text{ ou } 10 + 2$$

$$\text{DMC (14)} = 12 \text{ (maior valor)}$$

$$\text{DMC (16)} = \text{DMC (14)} + \text{duração de I}$$

$$\text{DMC (16)} = 12 + 4 = 16$$

Figura 17: Cálculo das DMC's. Fonte: Arquivo Pessoal.

A DMT representa a última data em que a(s) atividade(s) sucessora(s), ao evento, pode(m) iniciar.

DMT = DMT do evento sucessor - duração da atividade sucessora. Caso exista mais do que uma sucessora, a DMT considerada deve ser a menor delas.

O cálculo do DMT deve ser feito no sentido do maior para o menor evento (oposto do cálculo da DMC).

$$\text{DMT (16)} = 16$$

*** DMT (evento final) = DMC (evento final)**

$$\text{DMT (14)} = \text{DMT (16)} - \text{duração de I}$$

$$\text{DMT (14)} = 16 - 4 = 12$$

$$\text{DMT (12)} = \text{DMT (14)} - \text{duração de H}$$

$$\text{DMT (12)} = 12 - 2 = 10$$

$$\text{DMT (10)} = \text{DMT (12)} = 10$$

*** Atividade fictícia não apresenta duração**

$$\text{DMT (8)} = \text{DMT (12)} - \text{duração de F ou DMT (10)} - \text{duração de G}$$

$$\text{DMT (8)} = 10 - 4 \text{ ou } 10 - 3$$

$$\text{DMT (8)} = 6 \text{ (menor valor)}$$

$$\text{DMT (6)} = \text{DMT (14)} - \text{duração de D}$$

$$\text{DMT (6)} = 12 - 7 = 5$$

$$\text{DMT (4)} = \text{DMT (8)} - \text{duração de E}$$

$$\text{DMT (4)} = 6 - 5 = 1$$

$$\text{DMT (2)} = \text{DMT (6)} = 5$$

*** Atividade fictícia não apresenta duração**

$$\text{DMT (0)} = \text{DMT (6)} - \text{duração de A ou DMT (4)} - \text{duração de C ou DMT (2)} - \text{duração de B}$$

$$\text{DMT (0)} = 5 - 4 \text{ ou } 1 - 1 \text{ ou } 5 - 3$$

$$\text{DMT (0)} = 0 \text{ (menor valor)}$$

Figura 18: Cálculo das DMT's. Fonte: Arquivo Pessoal.

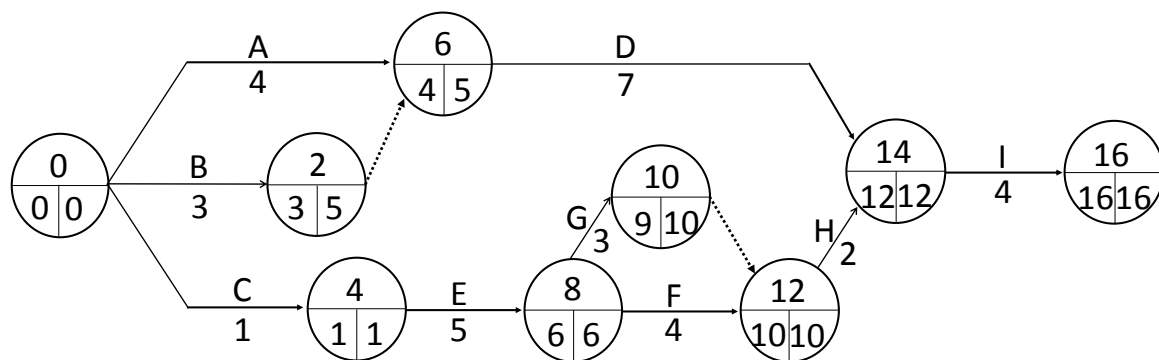


Figura 19: Diagrama ADM com as DMC's e DMT's. Fonte: Arquivo Pessoal.

Portanto o projeto exemplificado terá duração total de 16 dias. Essa informação é muito importante para definir a data de término da obra, a partir da data de início da mesma, porém não é suficiente para planejar a execução de um empreendimento com o menor custo possível.

h) O próximo passo é definir o caminho crítico da obra, que representa a sequência linear de atividades que não podem atrasar, pois caso isto ocorra dilatará o prazo total do projeto.

As atividades que estão inseridas no caminho crítico da obra são as que definem o prazo total da obra. (MATTOS, 2010).

Os eventos que possuem DMC = DMT são considerados eventos críticos da rede ADM. (MATTOS, 2010). O caminho crítico de uma rede ADM é formado pelas atividades que estão na ligação entre estes eventos.

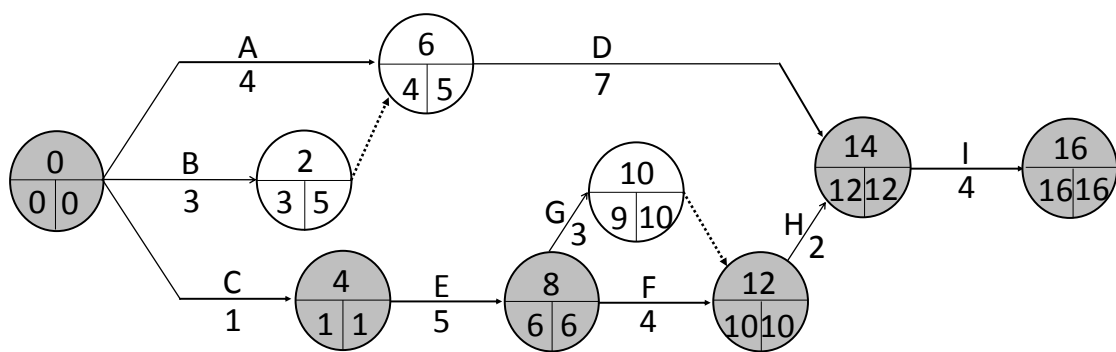


Figura 20: Caminho crítico. Fonte: Arquivo Pessoal.

Na figura 20 os eventos críticos do projeto são identificados (“0”, “4”, “8”, “12”, “14” e “16”). Conforme mencionado anteriormente, o caminho crítico da rede ADM é formado pelas atividades que estão ligadas pelos eventos críticos.

Portanto o caminho crítico do projeto é formado pelas atividades “C”-“E”-“F”-“H”-“I”.

É importante identificar o caminho crítico porque um atraso nele fatalmente significa um atraso no prazo de conclusão. (MATTOS, 2010, p. 153).

A atividade C, por exemplo, apresenta duração de 1 dia. Caso esse prazo reduza para 1/2 dia, fatalmente o prazo total do projeto será reduzido para 15,5 dias. Se a duração for estendida para 2 dias, o projeto será concluído com 17 dias.

i) As atividades que não formam o caminho crítico apresentam uma importante característica: Folga.

As “folgas” mais importantes para o planejador são a folga livre e a folga total.

- ✓ Folga livre: tempo adicional que uma atividade possui, para a sua execução, sem que altere a DMC da(s) atividade(s) sucessora(s).

- ✓ Folga total: tempo adicional que uma atividade possui, para a sua execução, sem que altere a DMT da(s) atividade(s) sucessora(s).

Obs.: A Folga total, sempre, será maior ou igual a Folga livre.

Para identificar as folgas livre e total de cada atividade, Mattos (2010) apresenta uma tabela contendo o “passo a passo”.

Quadro 12: Cálculo de Folgas livre e total e identificação do caminho crítico. Fonte: adaptado MATTOS (2010).

ATIV.	Evento				D	PDI	PDT	UDT	UDI	FT	FL
	DMC (i)	DMT (i)	DMC (j)	DMT (j)							
A	0	0	4	5	4	0	4	5	1	1	0
B	0	0	3	5	3	0	3	5	2	2	0
C	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0
D	4	5	12	12	7	4	11	12	5	1	1
E	1	1	6	6	5	1	6	6	1	0	0
F	6	6	10	10	4	6	10	10	6	0	0
G	6	6	9	10	3	6	9	10	7	1	0
H	10	10	12	12	2	10	12	12	10	0	0
I	12	12	16	16	4	12	16	16	12	0	0

Caminho crítico

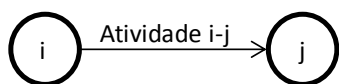
Caminho crítico

Caminho crítico

Caminho crítico

Caminho crítico

* ATIV. = Atividade



* D = Duração

* PDI = DMC (i)

* PDT = PDI + D

* UDT = DMT (j)

* UDI = UDT - D

* FT = UDI - PDI

* FL = DMC (j) - (DMC (i) + D)

* PDI = Primeira data de início

* PDT = Primeira data de término

* UDT = Última data de término

* UDI = Última data de início

* FT = Folga total

* FL = Folga livre

O quadro 12 confirma as atividades críticas da obra (apresentam $FT = 0$ e consequentemente $FL = 0$) e apresenta as FT e FL das atividades não críticas do projeto.

Essas informações são importantes para o planejamento, pois desta forma é possível à redução de custo do empreendimento, por exemplo, compartilhando recursos (mão de obra e equipamento) entre as atividades não críticas. O início destas atividades pode ser antecipado ou protelado.

2.1.6.2. MÉTODO PDM

Também conhecido como diagrama de blocos, diagrama de precedência, método dos potenciais, método francês, método da atividade em nó, precedence diagramming method (PDM) e activity-on-node (AON). (MATTOS, 2010).

Esse método se caracteriza por apresentar atividades representadas por blocos e que são interligadas por setas. Diferentemente do método ADM, não existe o conceito de eventos no método PDM.

Para Silva (2006), as principais vantagens desse método são: maior clareza na elaboração e no entendimento do diagrama, ausência de atividades fictícias, simplicidade em incluir e excluir atividades.

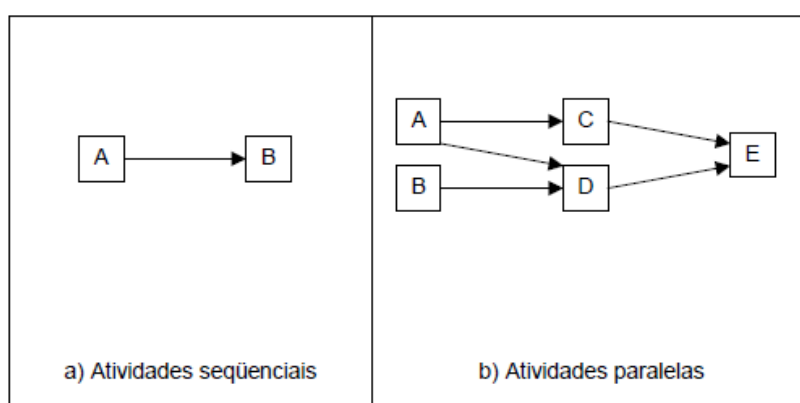


Figura 21: Diagrama PDM. Fonte: SILVA (2006)

Outra importante vantagem deste método é a possibilidade de criar redes com os diversos tipos de dependência, conforme mencionado no capítulo “Relação de Dependências”. O método ADM permite apenas a relação Término-Início entre as atividades.

Para criar a rede PDM, exemplo, será utilizado o projeto ilustrado na tabela 4 e no final será feita comparação dos resultados. A relação de dependência entre as atividades é de Término-Início.

- a) Primeiramente deverá ser criada uma barra vertical que representará o marco inicial do diagrama.
- b) Em seguida as atividades que não apresentam predecessoras serão interligadas a essa barra, através de setas.

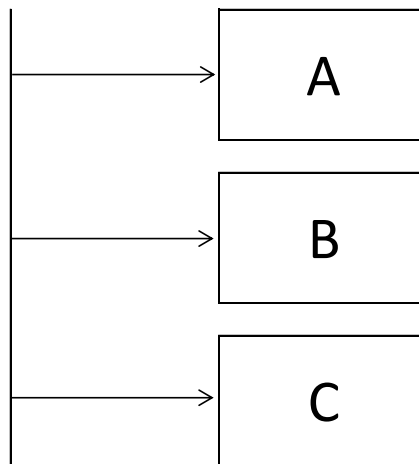


Figura 22: Marco inicial (barra vertical) e atividades sem predecessoras. Fonte: Arquivo Pessoal.

- c) Posteriormente são desenhadas todas as atividades restantes, respeitando sempre as predecessoras.
- d) O diagrama termina com uma barra vertical, assim como começa, que representa o marco final do projeto.

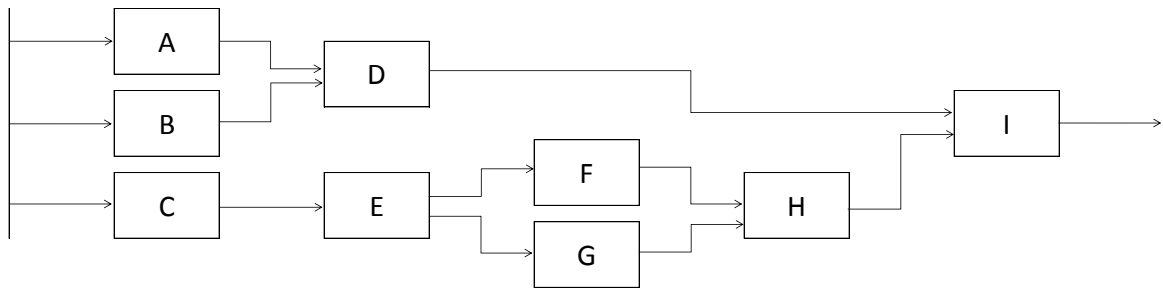


Figura 23: Diagrama PDM do projeto. Fonte: Arquivo Pessoal.

Alguns cuidados devem ser tomados para melhorar o entendimento da rede PDM (MATTOS, 2010):

- ✓ Evitar desenhar setas no sentido direito-esquerdo, pois passaria a impressão de que o projeto estivesse “regredindo”.
 - ✓ Criar o diagrama com a maior simetria possível. Isso facilita a interpretação da rede e, conseqüentemente, minimiza o erro nos cálculos que serão feitos logo após.
- e) Terminado o desenho da rede é o momento de calcular a duração total do projeto. Para isso é necessário dividir os blocos de atividades em oito.



Figura 24: Divisão do bloco (atividade) para inserir as informações relevantes. Fonte: (MATTOS, 2010, p. 168).

- ✓ Para identificar a PDI e a PDT, de cada atividade, é necessário calcular os valores no sentido esquerdo-direito da rede. Os dados das atividades predecessoras devem ser preenchidos primeiro.

$PDI = PDT \text{ da predecessora (máximo)}$

$PDT = PDI + D$

PDI (A) = 0

*** PDI (atividade sem predecessora) sempre será igual a 0**

$PDT(A) = PDI(A) + D(A)$

PDT (A) = 0 + 4 = 4

PDI (B) = 0

*** PDI (atividade sem predecessora) sempre será igual a 0**

$PDT(B) = PDI(B) + D(B)$

PDT (B) = 0 + 3 = 3

PDI (C) = 0

*** PDI (atividade sem predecessora) sempre será igual a 0**

$PDT(C) = PDI(C) + D(C)$

PDT (C) = 0 + 1 = 1

$PDI(D) = PDT(A) \text{ ou } PDT(B)$

PDI (D) = 4 (maior valor)

$PDT(D) = PDI(D) + D(D)$

PDT (D) = 4 + 7 = 11

$PDI(E) = PDT(C)$

PDI (E) = 1

$PDT(E) = PDI(E) + D(E)$

PDT (E) = 1 + 5 = 6

$PDI(F) = PDT(E)$

PDI (F) = 6

$PDT(F) = PDI(F) + D(F)$

PDT (F) = 6 + 4 = 10

$PDI(G) = PDT(E)$

PDI (G) = 6

$PDT(G) = PDI(G) + D(G)$

PDT (G) = 6 + 3 = 9

$PDI(H) = PDT(F) \text{ ou } PDT(G)$

PDI (H) = 10 (maior valor)

$PDT(H) = PDI(H) + D(H)$

PDT (H) = 10 + 2 = 12

$PDI(I) = PDT(D) \text{ ou } PDT(H)$

PDI (I) = 12 (maior valor)

$PDT(I) = PDI(I) + D(I)$

PDT (I) = 12 + 4 = 16

Figura 25: Cálculo das PDI e PDT. Fonte: Arquivo Pessoal.

- ✓ Para descobrir as UDI e UDT, de cada atividade, deve-se percorrer o sentido oposto (direto-esquerdo). Os dados das atividades sucessoras devem ser preenchidos primeiro.

$UDT = UDI \text{ da sucessora (mínimo)}$

$UDI = UDT - D$

UDT (I) = 16
* **UDT (atividade sem sucessora) sempre será igual a PDT**

UDI (I) = UDT (I) - D (I)
UDI (I) = 16 - 4 = 12

UDT (H) = UDI (I)
UDT (H) = 12

UDI (H) = UDT (H) - D (H)
UDI (H) = 12 - 2 = 10

UDT (G) = UDI (H)
UDT (G) = 10

UDI (G) = UDT (G) - D (G)
UDI (G) = 10 - 3 = 7

UDT (F) = UDI (H)
UDT (F) = 10

UDI (F) = UDT (F) - D (F)
UDI (F) = 10 - 4 = 6

UDT (E) = UDI (F) ou UDI (G)
UDT (E) = 6 (menor valor)

UDI (E) = UDT (E) - D (E)
UDI (E) = 6 - 5 = 1

UDT (D) = UDI (I)
UDT (D) = 12

UDI (D) = UDT (D) - D (D)
UDI (D) = 12 - 7 = 5

UDT (C) = UDI (E)
UDT (C) = 1

UDI (C) = UDT (C) - D (C)
UDI (C) = 1 - 1 = 0

UDT (B) = UDI (D)
UDT (B) = 5

UDI (B) = UDT (B) - D (B)
UDI (B) = 5 - 3 = 2

UDT (A) = UDI (D)
UDT (A) = 5

UDI (A) = UDT (A) - D (A)
UDI (A) = 5 - 4 = 1

Figura 26: Cálculo das UDI e UDT. Fonte: Arquivo Pessoal.

- ✓ Para calcular FT e FL, de cada atividade, serão utilizados os dados identificados anteriormente.

FT = UDI - PDI ou UDT - PDT

FL = PDI da sucessora (mínimo) - PDT

$$FT(A) = UDI(A) - PDI(A)$$

$$FT(A) = 1 - 0 = 1$$

$$FT(B) = UDI(B) - PDI(B)$$

$$FT(B) = 2 - 0 = 2$$

$$FT(C) = UDI(C) - PDI(C)$$

$$FT(C) = 0 - 0 = 0$$

$$FT(D) = UDI(D) - PDI(D)$$

$$FT(D) = 5 - 4 = 1$$

$$FT(E) = UDI(E) - PDI(E)$$

$$FT(E) = 1 - 1 = 0$$

$$FT(F) = UDI(F) - PDI(F)$$

$$FT(F) = 6 - 6 = 0$$

$$FT(G) = UDI(G) - PDI(G)$$

$$FT(G) = 7 - 6 = 1$$

$$FT(H) = UDI(H) - PDI(H)$$

$$FT(H) = 10 - 10 = 0$$

$$FT(I) = UDI(I) - PDI(I)$$

$$FT(I) = 12 - 12 = 0$$

$$FL(I) = 0$$

* FL (atividade sem sucessora) sempre será igual a "0"

$$FL(H) = PDI(I) - PDT(H)$$

$$FL(H) = 12 - 12 = 0$$

$$FL(G) = PDI(H) - PDT(G)$$

$$FL(G) = 10 - 9 = 1$$

$$FL(F) = PDI(H) - PDT(F)$$

$$FL(F) = 10 - 10 = 0$$

$$FL(E) = [PDI(F) \text{ ou } PDI(G)] - PDT(E)$$

$$FL(E) = [6 \text{ ou } 6] - 6$$

$$FL(E) = 0 \text{ (menor valor)}$$

$$FL(D) = PDI(I) - PDT(D)$$

$$FL(D) = 12 - 11 = 1$$

$$FL(C) = PDI(E) - PDT(C)$$

$$FL(C) = 1 - 1 = 0$$

$$FL(B) = PDI(D) - PDT(B)$$

$$FL(B) = 4 - 3 = 1$$

$$FL(A) = PDI(D) - PDT(A)$$

$$FL(A) = 4 - 4 = 0$$

Figura 27: Cálculo de FT e FL. Fonte: Arquivo Pessoal.

f) Concluída a última etapa é possível identificar o caminho crítico do projeto.

Obs.: O início do projeto (data zero) é escrito na parte inferior e superior da barra inicial. O término do projeto (data "final") é escrito na parte inferior e superior da barra final.

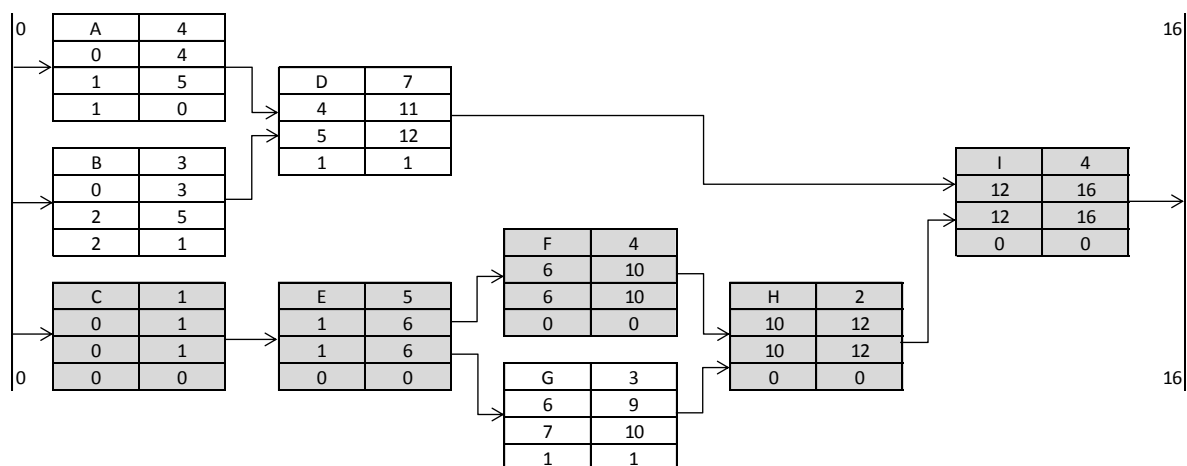


Figura 28: Caminho crítico. Fonte: Arquivo Pessoal.

Se compararmos o diagrama dos dois métodos, ADM e PDM, podemos verificar que as informações são iguais (o que não poderia ser diferente).

Desde que a relação de dependência entre as atividades seja TI, a opção em traçar a rede por um ou outro método é do planejador.

Mattos (2010) apresenta uma tabela de comparação entre os dois métodos (quadro 13).

Quadro 13: Método ADM x PDM. Fonte: (MATTOS, 2010, p. 143).

<i>Aspecto</i>	<i>Método das flechas (adm)</i>	<i>Método dos blocos (pdm)</i>
Atividade	Flecha	Bloco
Evento	Círculo (nó)	Não há
Atividade-fantasma	Há	Não há
Quantidade de atividades	Maior (pois tem fantasmas)	Menor
Ligações com defasagem	Não admite	Admite
Facilidade de traçar	Menor	Maior
Outras denominações	ADM, AOA	PDM, AON

2.1.7. CRONOGRAMA DE GANTT

Cronograma de Gantt, também chamado de gráfico de Gantt ou diagrama de barras é uma importante ferramenta de planejamento utilizada na construção civil. Desenvolvido pelo engenheiro norte-americano Henry Gantt, pode ser considerado um gráfico de fácil visualização / entendimento pelos profissionais envolvidos no projeto.

Quadro 14: Exemplo de Cronograma de Gantt. Fonte: Arquivo Pessoal



Conforme verificado no quadro 14 apresenta a descrição das atividades ordenadas em uma coluna localizada à margem esquerda e a direita as suas respectivas barras que representam a duração da atividade, em meses (também pode ser em anos, dias, horas ou em qualquer outra escala de tempo).

A maior desvantagem do cronograma de barras é por não permitir a visualização das atividades predecessoras e sucessoras. A ligação entre as atividades não pode ser visível. A consequência é que não é possível visualizar o caminho crítico do projeto nem as folgas das atividades (não pertencentes ao caminho crítico).

A solução para esse problema é a execução do planejamento em um software especializado que irá mesclar o cronograma de Gantt à rede PERT/COM, conforme visualizado no gráfico do quadro 14, produzido no software MS Project.

2.1.8. CURVA S

“A curva S é uma curva totalizadora, acumulada, da distribuição percentual, parcial, relativa à alocação de determinado fator de produção ao longo do tempo”. (LARA, 1996 apud MATTOS, 2010, p. 258).

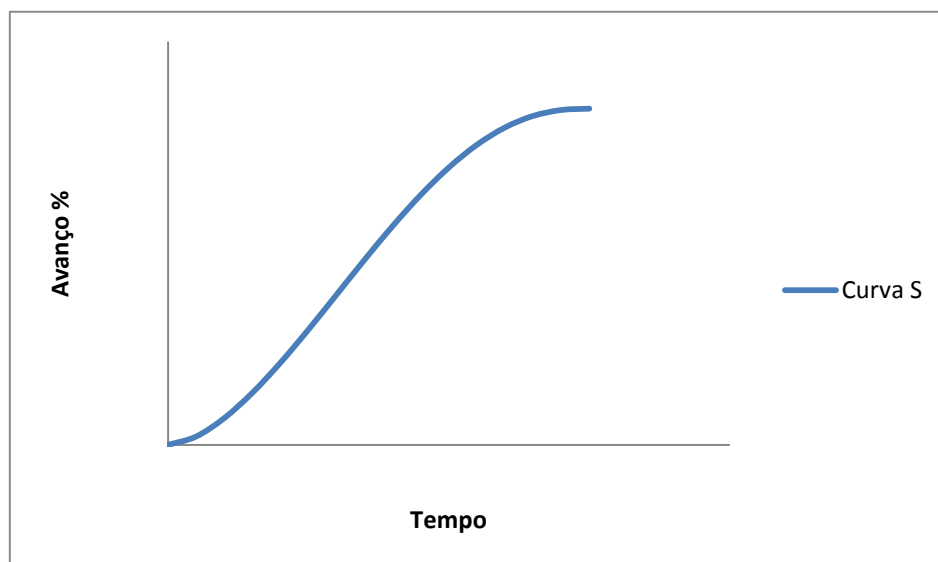


Figura 29: Exemplo de curva S. Fonte: adaptado Mattos (2010).

A curva S apresenta esse nome sugestível não é por acaso. Visualizando a figura 29 é possível verificar que a curva apresenta duas concavidades “bem” definidas e opostas, no início e no seu fim.

Na construção civil essa ferramenta é utilizada para verificar os avanços acumulados físico e financeiro (monetário) do projeto.

2.1.8.1. AVANÇO ACUMULADO FINANCEIRO (MONETÁRIO)

A curva S financeira apresenta o avanço financeiro dentro da obra. A unidade de tempo adotada será inversamente proporcional ao trabalho do planejador. Por exemplo, se for adotado como unidade de tempo “dia”, o responsável pelo planejamento da obra deverá acompanhar o avanço diariamente, mas se for adotado “mês” o profissional deverá atualizar o gráfico “apenas” mensalmente.

A curva S financeira é gerada após a execução do cronograma da obra e apresenta, através de gráfico, o avanço financeiro planejado do empreendimento.

Quadro 15: Cronograma da obra (Financeiro). Fonte: Arquivo Pessoal

ITEM	ATIVIDADE	FINANCEIRO (R\$)	MÊS											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Serviços Preliminares	5.000,00	100%											
2	Terraplanagem	15.000,00		100%										
3	Fundação	50.000,00			50%	50%								
4	Superestrutura	75.000,00				25%	25%	25%	25%					
5	Alvenaria	30.000,00						25%	25%	25%	25%			
6	Revestimento	15.000,00								25%	25%	25%	25%	
7	Pintura	10.000,00										30%	40%	30%
8	Esquadria	15.000,00											50%	50%
9	Inst. Elétricas	30.000,00							20%	20%	20%	20%	20%	
10	Inst. Hidráulicas	30.000,00							20%	20%	20%	20%	20%	
	TOTAL MÊS	275.000,00	5.000,00	15.000,00	25.000,00	43.750,00	18.750,00	26.250,00	38.250,00	23.250,00	23.250,00	18.750,00	27.250,00	10.500,00
	Curva S Financeira	275.000,00	5.000,00	20.000,00	45.000,00	88.750,00	107.500,00	133.750,00	172.000,00	195.250,00	218.500,00	237.250,00	264.500,00	275.000,00

A partir do cronograma ilustrado no quadro 15 é gerada a curva S financeira (figura 30).

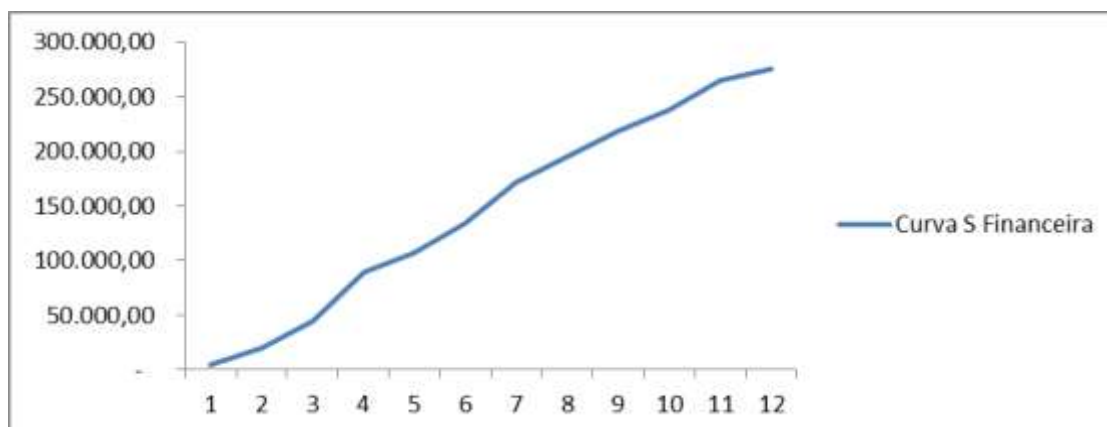


Figura 30: Curva S Financeira. Fonte: Arquivo Pessoal

2.1.8.2. AVANÇO ACUMULADO FÍSICO

A curva S física também é gerada a partir de um cronograma produzido anteriormente. A diferença é que esse cronograma é baseado em um parâmetro físico da obra, não financeiro. O padrão mais comum é de homens-hora.

A importância dessa curva é a de apresentar um avanço real de produção da obra. Algumas atividades necessitam de poucas horas de mão de obra e/ou equipamentos, mas apresentam um valor unitário muito elevado. O oposto também ocorre, quando atividades necessitam de muitas horas de mão de obra e/ou equipamentos, porém apresentam um valor unitário reduzido.

O caso clássico de deslocamento entre as curvas S de trabalho (avanço físico) e de custo é a construção de uma casa com fechadura de ouro que represente metade do custo da casa e 1% do Hh total, e que seja colocada no último dia da obra. Imediatamente antes da colocação da fechadura, a obra já terá 99% de avanço físico, porém somente 50% de avanço em termos de custo. (MATTOS, 2010, p. 262).

Portanto o cronograma gerado para munir a curva S física será criado a partir dos índices de produtividade presentes nas CPU's respectivas de cada atividade.

Quadro 16: Cronograma da obra (Físico). Fonte: Arquivo Pessoal

ITEM	ATIVIDADE	MO/EQUIP.	HH	MÊS											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Serviços Preliminares	5	1.000,00	100%											
2	Terraplanagem	10	2.000,00		100%										
3	Fundação	30	6.000,00			50%	50%								
4	Superestrutura	60	12.000,00				25%	25%	25%	25%					
5	Alvenaria	50	10.000,00						25%	25%	25%	25%			
6	Revestimento	50	10.000,00								25%	25%	25%	25%	
7	Pintura	45	9.000,00										30%	40%	30%
8	Esquadria	30	6.000,00											50%	50%
9	Inst. Elétricas	40	8.000,00							20%	20%	20%	20%	20%	
10	Inst. Hidráulicas	40	8.000,00							20%	20%	20%	20%	20%	
	TOTAL HH		72.000,00	1.000,00	2.000,00	3.000,00	6.000,00	3.000,00	5.500,00	8.700,00	8.200,00	8.200,00	8.400,00	12.300,00	5.700,00
	TOTAL HH ACUMULADO		72.000,00	1.000,00	3.000,00	6.000,00	12.000,00	15.000,00	20.500,00	29.200,00	37.400,00	45.600,00	54.000,00	66.300,00	72.000,00

A coluna “MO/EQUIP.” apresenta o total de mão de obra e/ou equipamentos necessários para a execução da atividade. Essa coluna foi gerada a partir do produto do índice de produtividade total (CPU's) pela quantidade total da respectiva atividade.

Em seguida é concebida a curva S física.

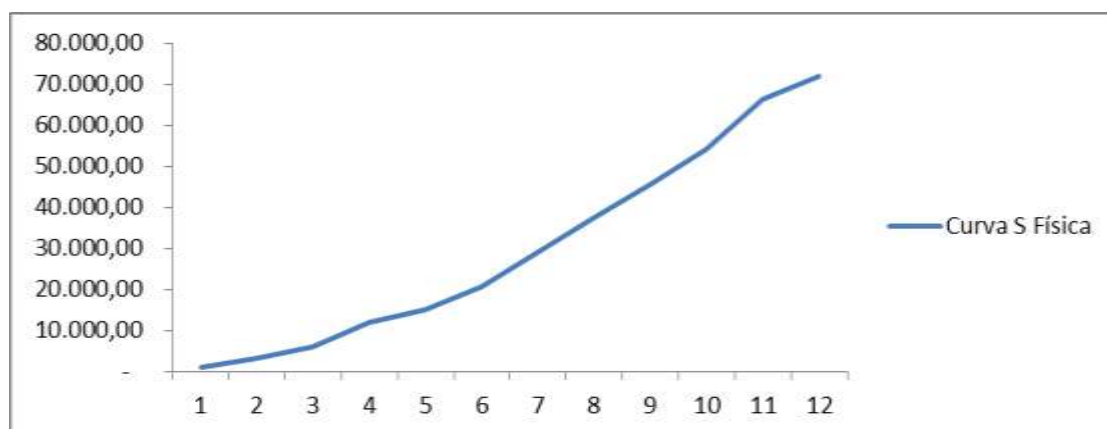


Figura 31: Curva S Física. Fonte: Arquivo Pessoal

Se observarmos as duas curvas (figura 30 e 31), podemos verificar que apesar de muito parecidas, apresentam pontos distintos ao longo do tempo. Todas são igualmente importantes, mas devem ser usadas/analizadas para finalidades específicas.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido buscou apresentar alguns dos principais métodos para elaboração de um eficaz planejamento de obras civis.

A metodologia adotada foi de realizar uma revisão bibliográfica de autores especialistas na área.

O planejamento representa o primeiro passo para o sucesso de um empreendimento. Durante a execução da obra, esse estudo deve ser confrontado regularmente para que as incoerências devam ser rapidamente ajustadas. O objetivo de planejar é de minimizar eventuais “surpresas” no projeto, porém dificilmente uma obra apresentará um planejamento 100% coerente. Por isso é essencial o controle constante do trabalho e apenas desta forma o projeto poderá reaproximar do planejado.

Por mais simples que pareça ser uma atividade, os profissionais responsáveis pela execução da obra devem, sempre, verificar/seguir o que foi planejado. As eventuais inconsistências não devem ser motivo de descrédito do trabalho realizado, mas pretexto para críticas construtivas que serão benéficas para todos os envolvidos. Assim, outro aspecto essencial para a melhoria permanente do planejamento é, além do “confronto” entre o planejado e o executado, o retorno desse estudo para os responsáveis pelo planejamento. Desta forma, as futuras obras apresentarão um planejamento mais próximo da realidade vivenciada pelos profissionais/ empresas envolvidas.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRADA, Pedro Antonio Lousan. Guia prático de orçamento de obras: do escalímetro ao BIM. São Paulo. Pini, 2012.

CIMINO, Remo. **Planejar para construir**. São Paulo. Pini, 1987.

GEHBAUER, Fritze *et al.* **Planejamento e gestão de obras: um resultado prático da cooperação técnica Brasil-Alemanha**. 2. Ed. Curitiba: CEFET-PR, 2002.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010.

PMBOK GUIDE. Conhecimento em gerenciamento de Projetos. 4 Ed. Verão em Português, tradução PMI, 2008.

SILVA, Moacir Pinto da. **Planejamento e acompanhamento físico / financeiro em obras de edificação**. 133f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

VALENTINI, Joel. **Metodologia para elaboração de orçamentos de obras civis**. 72f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.