



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**Samuel João da Silveira**

***Programa para Interoperabilidade entre  
Softwares de Planejamento e Editoração  
Gráfica para o Desenvolvimento do  
Planejamento 4D***

**Dissertação de Mestrado**

Orientador: Prof. Luis Alberto Gómez

Florianópolis, Outubro de 2005

**Samuel João da Silveira**

***Programa para Interoperabilidade entre  
Softwares de Planejamento e Editoração  
Gráfica para o Desenvolvimento do  
Planejamento 4D***

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós Graduação em engenharia Civil da  
Universidade Federal de Santa Catarina  
com requisito parcial para obtenção do grau  
de Mestre em Engenharia Civil

**Orientador: Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.**

**Coorientador: Antônio Edésio Jungles, Dr.**

Florianópolis, Outubro de 2005

SILVEIRA, Samuel João da

Programa para Interoperabilidade entre Softwares de Planejamento e Editoração Gráfica para o Desenvolvimento do Planejamento 4D; Samuel João da Silveira – Florianópolis, 2005.

161p.

Dissertação: Mestrado em Engenharia Civil

Orientador: Dr. Luis Alberto Gómez

1. Planejamento 4D    2. visualização 4D    3. MS Project

4. AutoCAD    5. Construção Civil

I. Universidade Federal de Santa Catarina

II. Título

Samuel João da Silveira

***Programa para Interoperabilidade entre Softwares de  
Planejamento e Editoração Gráfica para o Desenvolvimento  
do Planejamento 4D***

Essa dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil** no **Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil** da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, Outubro de 2005

---

Prof Glicério Triches, Dr.  
Coordenador do Programa

**Banca Examinadora**

---

Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina  
**Orientador**

---

Prof. Antônio Edésio Jungles, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina  
**Coorientador**

---

Prof. Cristine do Nascimento Mutti, PhD.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Malik Cheriaf, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Ricardo Villarroel Dávalos, Dr.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

*À minha mãe Lúcia , pelo amor e lição de  
vida e meus irmãos, Natalina, Cidinei,  
Salmo, Daniel e Lúcia que sempre me  
apoiaram e acreditaram em mim,  
a minha noiva Silvana  
pelo amor carinho e compreensão.  
Em especial, in memoriam a meu pai João.*

## *Agradeço*

*À Deus,*

*Ao Povo brasileiro*

*que com seu trabalho financio toda a minha formação profissional,  
ao meu orientador, Professor Luis Alberto Gómez,  
pelos conhecimentos transmitidos, confiança, incentivo e amizade,  
ao coorientador Professor Antônio Edésio Jungles,  
pelas discussões e sugestões que contribuíram para a realização deste trabalho,  
aos membros do GESTCON – Grupo Gestão da Construção,  
pelo suporte, apoio e companheirismo,  
Aos amigos da LOGOS Engenharia e Correios,  
pelo apoio e incentivo durante esse período,  
enfim, a todos que estiveram comigo nessa caminhada.*

*“O impossível é questão de tempo.” (Alberto Saitiel)*

## Resumo

SILVEIRA, Samuel João da. **Programa para Interoperabilidade entre Softwares de Planejamento e Editoração Gráfica para o Desenvolvimento do Planejamento 4D.** 156p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC. 2005.

Este estudo visa desenvolver uma metodologia de planejamento 4D através da interação entre softwares de planejamento e CAD. O planejamento 4D consiste basicamente em visualizar o andamento de uma obra num programa de visualização gráfica segundo um cronograma. Para tanto, é necessário fazer todo o planejamento e em seguida mostrar somente as atividades concluídas e as em andamento. A pesquisa faz um estudo sobre o planejamento 4D, uma simulação manual de um edifício com doze andares tipo, um térreo e uma caixa d'água, apresenta uma metodologia para o desenvolvimento de um programa para fazer a comunicação entre um programa de planejamento e um de editoração gráfica visando à confecção do planejamento 4D. Por fim, aplica a metodologia criada numa rotina que integra o programa MS Project e o AutoCAD.

**Palavras-chave:** 1. Planejamento 4D 2. Visualização 4D 3. MS Project  
4. AutoCAD 5. Construção Civil



## **Abstract**

SILVEIRA, Samuel João da. **Program for interoperability of Planning and CAD Softwares for developing a 4D Planning.** 156p. Master Degree Thesis. Universidade Federtal de Santa Catarina. Florianópolis/SC. 2005.

4D planning consists basically in visualize the advance of a construction in a visualizing software according to a schedule. For doing this, it is necessary to develop the full planning and after this show the finished and ongoing activities. This research develops an study on 4D Planning, a manual simulation of a building with 12 flours, the ground flour and a water reservoir. A methodology for developing a program that will enable the communication between the planning and visualization program is presented. Finally, the methodology is applied to a routine that integrates MS Project and AutoCAD.

**Keywords:** 1. *Planning 4D* 2. *Visualization* 3. *MS Project* 4. *AutoCAD* 5. *Construction*

# Sumário

<i>Lista de Figuras</i>	4
<i>Lista de Tabelas</i>	7
<b>Capítulo 1 - Introdução</b>	<b>18</b>
<b>1.1 Considerações iniciais</b>	<b>18</b>
<b>1.2 Justificativa do estudo</b>	<b>19</b>
<b>1.3 Objetivos gerais e específicos</b>	<b>24</b>
1.3.1 Objetivo geral	24
1.3.2 Objetivos específicos	24
<b>1.4 Hipótese</b>	<b>25</b>
<b>1.5 Limitações do tema</b>	<b>25</b>
<b>1.6 Motivação para o trabalho</b>	<b>26</b>
<b>1.7 Estrutura da dissertação</b>	<b>27</b>
<b>Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica</b>	<b>28</b>
<b>2.1 Planejamento e controle da produção</b>	<b>28</b>
2.1.1 Introdução	28
2.1.2 Definição de planejamento	28
2.1.3 Definição de controle	30

2.1.4	Objetivos do processo de planejamento e controle	32
2.1.5	Dimensões do planejamento	33
2.1.5.1	Dimensão horizontal	34
2.1.5.2	Dimensão vertical	35
2.1.5.3	Níveis de planejamento	37
2.1.6	Ferramentas de programação de obras	38
2.1.6.1	Gráfico de Gantt	39
2.1.6.2	PERT/CPM-ROY	41
2.1.6.3	Linha de balanço	43
2.1.7	Planejamento integrado ao orçamento	45
2.1.7.1	Plano de conta	46
2.1.7.2	Estrutura analítica	47
<b>2.2</b>	<b>Planejamento 4D</b>	<b>48</b>
2.2.1	Introdução	49
2.2.2	Definição de planejamento 4D	49
2.2.3	Histórico	49
2.2.4	Pesquisas em andamento	51
2.2.5	Potencialidades do planejamento 4D	52
2.2.6	Aplicações do planejamento 4D	54
<b>2.3</b>	<b>Ferramentas computacionais</b>	<b>59</b>
2.3.1	Introdução	59
2.3.2	Ms Project	60
2.3.2.1	Histórico	60
2.3.2.2	Estrutura do software	61
2.3.2.3	Compatibilidade com o Visual Basic	68
2.3.3	AutoCAD	69
2.3.3.1	Histórico	69

2.3.3.2	Estrutura do software	71
2.3.3.3	Compatibilidade com o Visual Basic	74
2.3.4	Visual Basic	75
2.3.4.1	Histórico	75
2.3.4.2	Estrutura do software	77
<b>Capítulo 3 - Metodologia</b>		<b>81</b>
<b>Capítulo 4 - Estudo de caso</b>		<b>85</b>
4.1	Introdução	85
4.2	Apresentação da obra	86
4.3	Planejamento da Obra	90
4.4	Planejamento 4D	94
<b>Capítulo 5 - Resultado do Estudo: proposição de uma metodologia</b>		<b>113</b>
5.1	Introdução	113
5.2	Integração entre os softwares	114
5.3	Edição de atividades	116
5.4	Predecessora e sucessora	120
5.5	Duração das atividades	121
5.6	Visualização 4D	124
5.7	Visualização das atividades	127

5.8	Fluxograma geral do programa	130
5.9	Aplicação da metodologia	132
<i>Capítulo 6 - Conclusões e Recomendações</i>		<i>137</i>
6.1	Conclusões	137
6.2	Recomendações	139
<i>Referências Bibliográficas</i>		<i>141</i>
<i>Anexos</i>		<i>147</i>
	Anexo I – Planejamento do edifício para o sétimo mês de atividade.	148
	Anexo II – Programa para auxílio no planejamento 4D	155

# Lista de Figuras

---

Figura 1-1 – Típica reunião com os projetistas, sem o uso de planejamento 4D _____	21
Figura 1-2 – Típica reunião com os projetistas, com o uso de planejamento 4D _____	23
Figura 2-1 – Ciclo de retroalimentação do controle _____	32
Figura 2-2 – Relacionamento entre o planejamento e o controle (baseado em HOWELL e BALLARD, apud SANTOS, 2001) _____	32
Figura 2-3 – As fases do processo de planejamento (LAUFER e TUCKER, 1987) _____	34
Figura 2-4 – Integração dos níveis horizontal e vertical do processo de planejamento e controle (FORMOSO et al, 1999 apud SOARES, 2003). _____	36
Figura 2-5 – Gráfico de Gantt usado como programa de produção _____	40
Figura 2-6 – Gráfico de Gantt usado como gráfico de carga _____	40
Figura 2-7 Simbologia PERT/COM _____	42
Figura 2-8 – As atividades, relacionamentos e durações do diagrama de PERT/CPM _____	42
Figura 2-9 – Simbologia do nó da rede de Roy (ÁVILA, 2002). _____	43
Figura 2-10 – Representação da linha de balanço teórica. _____	44
Figura 2-11 – Denominação dos algarismos da contabilidade gerencial (KNOLSEISEN, 2003). _____	46
Figura 2-12 – Exemplo do MCEA – Execução de alvenaria de tijolo furado. _____	48
Figura 2-13 – Detalhamento do complemento da conta (KNOLSEISEN, 2003). _____	48
Figura 2-14 – Planejamento 4D da <i>School of Health, University of Teesside</i> _____	55
Figura 2-15 – Planejamento 4D <i>Helsinki University of Technology Auditorium-600 (HUT-600)</i> _____	56
Figura 2-16 – Foto da maquete do Walt Disney Concert Hall _____	56
Figura 2-17 – Elementos da construção da Walt Disney Concert Hall _____	57

Figura 2-18 – Acompanhamento da obra com o uso do planejamento 4D. À esquerda uma foto da obra, à direita a visualização do planejamento para a respectiva data da fotografia. _____	58
Figura 2-19 – Tela de apresentação das etapas do planejamento 4D do empreendimento apresentado por Tanyer e Aouad (2004). _____	59
Figura 2-21 – Estrutura de planejamento no Ms Project (KIMURA, 2002) _____	63
Figura 2-22 – Características básicas do Ms Project _____	67
Figura 2-23 – Tela do Editor Visual Basic no Ms Project _____	69
Figura 2-24 – Modos de visualização em 3D _____	73
Figura 2-25 – Tela inicial do Visual Basic _____	77
Figura 3-1 – Fluxograma da metodologia _____	84
Figura 4-1 – Planta baixa do pavimento térreo. _____	87
Figura 4-2 – Planta baixa do pavimento tipo _____	87
Figura 4-3 – Perspectiva eletrônica do edifício _____	89
Figura 4-4 – Planejamento do início da obra (data de início 03/05/2004) _____	92
Figura 4-5 – Linha de balanço do edifício. _____	93
Figura 4-6 – Visualização da obra no primeiro mês de construção _____	95
Figura 4-7 – Cronograma do andamento da obra para o primeiro mês, considerando-se as subtarefas da <i>Escavação das sapatas</i> e da <i>Execução das sapatas</i> . _____	97
Figura 4-8 – Visualização da obra no primeiro mês de construção, considerando-se as subtarefas da <i>Escavação das sapatas</i> e da <i>Execução das sapatas</i> . _____	98
Figura 4-9 – Visualização da obra no terceiro mês de construção. _____	99
Figura 4-10 – Cronograma do andamento da obra para o terceiro mês de andamento da obra. _	100
Figura 4-11 – Cronograma do andamento da obra para o quinto mês de andamento da obra. __	102
Figura 4-12 – Visualização da obra no quinto mês de construção. _____	103
Figura 4-13 – Visualização da obra no quinto mês de construção, detalhe de impermeabilização. _____	104
Figura 4-14 – Cronograma do andamento da obra para o sétimo mês de andamento da obra. _	108
Figura 4-15 – Visualização da obra no sétimo mês de construção. _____	108

Figura 4-16 – Visualização das atividades em andamento no sétimo mês de construção. _____	110
Figura 4-17 – Visualizações da atividade de instalações hidráulicas. _____	112
Figura 5-1 – Visualização da integração entre os softwares de planejamento e gráfico. _____	115
Figura 5-2 – Estrutura dos nomes das <i>layers</i> . _____	117
Figura 5-3 – Fluxograma da edição das atividades _____	119
Figura 5-4 – Fluxograma da edição de predecessora _____	120
Figura 5-5 – Fluxograma determinação da duração da atividade _____	123
Figura 5-6 – Visualização das atividades concluídas e em andamento _____	125
Figura 5-7 – Fluxograma da visualização 4D _____	126
Figura 5-8 – Fluxograma da visualização das atividades _____	129
Figura 5-9 – Tecla de atalho do programa Planejamento 4D _____	131
Figura 5-10 – Tecla de atalho do programa Planejamento 4D _____	132
Figura 5-11 – Tela de abertura do programa de planejamento 4D. _____	133
Figura II-1 – Janela do programa de planejamento 4D _____	155
Figura II-2 – Janela Título do projeto _____	156
Figura II-3 – Janela Data de início do projeto _____	157
Figura II-4 – Janela Observações do projeto _____	157
Figura II-5 – Janela Nova tarefa _____	158



## Lista de Tabelas

---

Tabela 2-1 – Modelo de integrante na contabilidade de custos (KNOLSEISEN, 2003).\_\_\_\_\_ 46

Tabela 2-2 – Cronologia das atualizações do AutoCAD \_\_\_\_\_ 71

# Capítulo 1 - Introdução

---

## 1.1 Considerações iniciais

Um dos grandes problemas que as empresas vêm enfrentando é a dificuldade de visualizar corretamente o planejamento de uma obra no espaço (HEESOM e MAHDJOUBI 2003-a). Esta dificuldade é mais acentuada quando se trata de obras de grande porte, como uma usina elétrica, ou um conjunto de blocos de edifícios, etc.

A pesquisa em andamento tem como principal objetivo desenvolver uma metodologia para combinar ferramentas de planejamento com ferramentas de visualização para obter imagens em 4D, ou seja, quatro dimensões, sendo a quarta dimensão o tempo do andamento planejado da obra (DAWOOD et al, 2002-b). A visualização em 4D permite, desta forma, realizar o planejamento e acompanhar uma simulação virtual da obra segundo um cronograma (WALY, 2002).

Esta visualização apresenta uma visão mais real da seqüência de construção. Permite uma interação com o canteiro de obras em todos os estágios da construção (HEESOM e MAHDJOUBI 2003-b).

## **1.2 Justificativa do estudo**

A falta de uma visualização correta do planejamento da obra acarreta atrasos no andamento da mesma. Quando se faz somente o planejamento, como por exemplo, o diagrama de Gantt, não é possível visualizar o real desenvolvimento da obra a nível espacial (DAWOOD et al, 2000). Desta forma, temos o seguinte problema de pesquisa: como fazer para visualizar o caminho crítico das obras a nível espacial? Uma forma de visualizá-lo seria fazer o planejamento no MS Project e simular o andamento da obra no AutoCAD (KAMAT e MARTINEZ, 2002).

Conforme Rischmoller et al (2001), o modelo 4D tem sido usado como uma ferramenta de suporte, checagem, comunicação e para ajudar na construção do planejamento que foi desenvolvido com ferramentas convencionais.

Segundo Akbas (1998 apud Dawood et al, 2002-a) o planejamento 4D é uma técnica de cronograma que combina o modelo 3D com atividades da obra no tempo do andamento da mesma. Este método tem gerado benefícios superiores às ferramentas tradicionais usadas no planejamento.

A ferramenta 4D pode ser integrada ao espaço crítico e é capaz de mostrar os conflitos espaciais da construção (NORTH e WINCH,2002).

A capacidade de visualizar a simulação das operações da construção pode ser a ajuda substancial na comunicação da análise autêntica do processo por parte dos responsáveis pelas decisões (KAMAT e MARTINEZ, 2000).

Liston, Fischer e Winograd (2001) analisaram reuniões realizadas numa conferência com equipes de projetistas. Os participantes possuíam os projetos em 2D e o diagrama de Gantt com 8.000 atividades. Eles precisavam responder uma série de perguntas, como por exemplo, seria possível concluir a obra na data indicada? Durante a discussão, foram observadas muitas dificuldades. Os problemas que surgiram não eram resolvidos e não se tomavam decisões para resolvê-los. Segundo os autores mencionados, os problemas surgiram devido às informações não serem interativas, os focos das mesmas não estavam centradas, as imagens não representavam as relações críticas entre as atividades, e essas não eram apropriadas para o uso em grupo. Na figura 1-1 é apresentada uma dramatização da reunião da equipe.



**Figura 1-1 – Típica reunião com os projetistas, sem o uso de planejamento 4D**

Liston, Fischer e Winograd (2001)

No exemplo mencionado usaram-se diagramas de barras (GANT) e de redes (PERT/CPM) para analisar o planejamento do empreendimento. Isso é uma prática muito comum entre os planejadores, no entanto, segundo Mckinney e Fischer (1998), indivíduos têm formação diferente e não estão familiarizados com essas técnicas e acham-nas difíceis para avaliar e comunicar o planejamento.

Muitos pesquisadores concordam que a maior causa destes problemas estão na insuficiência das teorias tradicionais de planejamento da construção e na aplicação imprópria da tecnologia da informação. Devido à natureza única do processo da construção civil, o modelo CPM (método do caminho crítico) tem sido largamente criticado (SRIPRASERT e DAWOOD, 2002).

Liston, Fischer e Winograd (2001) em sua pesquisa, analisaram também reuniões de projetistas com o uso do planejamento 4D e perceberam que a equipe discutiu mais claramente as atividades que causavam restrições em diversas áreas e que identificaram e resolveram diversos problemas. A figura 1-2 ilustra a reunião do grupo de participantes.

Numa análise feita por Haymaker e Fischer (2001) de como foi usado o planejamento 4D no projeto do *Walt Disney Concert Hall*, em Los Angeles, demonstrou que o modelo 4D foi muito útil neste projeto tão complexo. Além disso, a análise comprovou que o planejamento 4D tem grande peso quando se trata de projetos complexos e que se podem evitar grandes problemas durante a execução quando se gasta um esforço na modelação da visualização 4D.

O modelo 4D suporta bem as análises da construção e do planejamento de uma obra, é uma ferramenta eficiente para comunicar o planejamento e o escopo da informação da construção da obra (HAYMAKER e FISCHER, 2001). Técnicas avançadas de visualização como 4D e VR (Realidade Virtual) podem ser usadas para uma avaliação e comunicação mais eficiente da informação das atividades planejadas (MCKINNEY e FISCHER, 1998).



**Figura 1-2 – Típica reunião com os projetistas, com o uso de planejamento 4D**  
Liston, Fischer e Winograd (2001)

A dificuldade em visualizar o caminho crítico das obras é observada desde quando se trabalha com grandes obras, pois, o processo toma grandes proporções e fica difícil visualizar todas as etapas em andamento ao longo do tempo e no espaço (DAWOOD et al, 2002-a).

Os principais atores envolvidos neste problema são o proprietário e o engenheiro da obra. Destes, o que mais perde com a não solução do problema seria o proprietário, visto que o atraso na obra pode acarretar custos maiores e/ou perda de lucro devido ao empreendimento não estar pronto, bem como com o planejamento 4D é possível analisar diferentes seqüências de soluções de construção a fim de verificar qual apresentará um custo menor.

Enquanto o problema não for resolvido o conflito na programação da obra continuará ocorrendo devido à dificuldade em visualizar o andamento real no tempo e no espaço (DAWOOD et al, 2002-a). Além disso, o proprietário terá que arcar com as conseqüências de um custo superior ao orçado.

## **1.3 Objetivos gerais e específicos**

### **1.3.1 Objetivo geral**

Este estudo visa desenvolver uma metodologia de planejamento 4D através da interação entre softwares de planejamento e CAD. Isto é, apresentar um modo de integrar o cronograma desenvolvido em programas de planejamento com a maquete eletrônica confeccionada em programas de CAD, de forma a ser possível visualizar o andamento da obra ao longo do tempo.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- ◆ Fazer uma simulação manual do planejamento 4D de um edifício de doze andares tipo, um térreo e uma caixa d'água.
- ◆ Desenvolver uma metodologia para o planejamento 4D;
- ◆ Realizar a integração entre os programas AutoCAD e Ms Project;



- ◆ Elaborar um programa para extrair as datas de início e de fim de cada atividade criada no Ms Project;
- ◆ Criar um programa para fazer a importação para o AutoCAD das datas de término e de fim extraídas do Ms Project;
- ◆ Construir um programa para especificar e visualizar as atividades em datas específicas;

## **1.4 Hipótese**

É possível minimizar a dificuldade de visualizar o andamento das obras no espaço? Esta questão sugere a seguinte hipótese: uma metodologia de integração de softwares de planejamento e de CAD permite implementar um planejamento 4D que minimize as dificuldades de visualização.

## **1.5 Limitações do tema**

O tema limita-se a fazer uma proposta de solução metodológica para o problema apresentado com uma aplicação nos programas MS Project e AutoCAD. Nesta pesquisa não será feita uma aplicação para outros programas de planejamento e visualizadores gráficos. O exemplo de aplicação da metodologia proposta que

será realizado limitar-se-á em um edifício de treze andares com elevador provisório, mas sem elevador permanente.

## **1.6 Motivação para o trabalho**

Atualmente esta área de estudo não vem sendo pesquisada no Brasil. Por outro lado, fora do país há diversas localidades que estão pesquisando sobre esse tema, principalmente na Universidade de Teeside, UK. Os pesquisadores dessa universidade estão trabalhando com o mesmo objeto de estudo, seguindo a realidade europeia da construção civil.

Com os resultados do desenvolvimento desta pesquisa será possível aplicá-los não somente para o planejamento 4D de edifícios, mas também para qualquer obra da construção civil, além de poder ser aplicado desde a construção de um conjunto habitacional até à de obras hidrelétricas e/ou rodovias.

Outra grande aplicação é que esta pesquisa pode ser facilmente aplicada no setor imobiliário com o objetivo de conseguir recursos para novos investimentos. O proprietário poderá simular virtualmente o andamento da obra (planejamento 4D) e mostrar para o empreendedor o andamento do empreendimento ao longo do tempo. Desta forma, ficará muito mais fácil mostrar em qual etapa estará a construção numa data específica.

## **1.7 Estrutura da dissertação**

A dissertação é dividida em seis capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Estudo de Caso, Metodologia Proposta e Conclusões e Recomendações.

O capítulo Revisão Bibliográfica apresenta uma revisão de literatura da área de planejamento e controle voltado ao objetivo dessa dissertação. Discute o conceito e aplicação do planejamento 4D na construção Civil. Apresenta os softwares que serão usados na pesquisa.

A metodologia adotada nessa pesquisa bem como a estratégia de pesquisa utilizada é apresentada no capítulo específico chamado metodologia.

O capítulo Estudo de Caso apresenta uma aplicação do planejamento 4D para um edifício com doze pavimentos.

No último capítulo é apresentada, como resultado do trabalho, uma proposta de metodologia, nesse é discutido como deverá ser feita a rotina para desenvolver o programa que auxilie no desenvolvimento do planejamento 4D. Por fim, são apresentadas as conclusões obtidas com a pesquisa.

## **Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica**

---

### **2.1 Planejamento e controle da produção**

#### **2.1.1 Introdução**

Este capítulo visa mostrar uma revisão de literatura sobre planejamento e controle da produção. Inicialmente, é apresentada uma definição de planejamento, bem como os seus objetivos. Em seguida, são abordadas as dimensões e as ferramentas de planejamento. Finalizando o capítulo, é discutido o modelo de planejamento apresentado por Knolseisen em sua dissertação.

#### **2.1.2 Definição de planejamento**

Ávila (2002, p. 5) apresenta a seguinte contribuição para a definição de planejamento:

O planejamento, sem dúvida, pode ser entendido como um “plano de vôo” que orienta a realização de um empreendimento, desde a fase inicial quando se define o objetivo a ser cumprido, mostrando todas as fases, etapas e procedimento a serem cumpridos para levar a bons termos a sua realização.

Slack et al. (1997) afirma que o propósito do planejamento e controle é garantir que a produção ocorra eficazmente e produza produtos e serviços como deve. Isto requer que os recursos produtivos estejam disponíveis na quantidade adequada, no momento adequado e no nível de qualidade adequada.

Formoso (1991) define planejamento como um processo gerencial de tomada de decisão envolvendo o estabelecimento de metas e a determinação de meios para chegar nos objetivos, tendo eficácia quando acompanhado de controle.

Laufer et al. (1994) dizem que o planejamento da construção é um processo composto de vários elementos. São eles:

- 1 - um processo de tomada de decisão;
- 2 - um processo de antecipação da tomada de decisão, para decidir o que e como executar ações em determinado ponto no futuro;
- 3 - um processo de integração das decisões interdependentes dentro de um sistema de decisões;

- 4 - um processo hierárquico envolvendo desde diretrizes gerais a objetivos, para a elaboração de meios e restrições que levam a um detalhado curso de ações;
- 5 - um processo que inclui parte ou toda a cadeia de atividades compreendendo fontes de informação e análise, desenvolvimento e projeto de alternativas, análise e avaliação destas alternativas e escolhas de soluções;
- 6 - o emprego sistemático de procedimentos (padronizado e formal para vários graus);
- 7 - apresentação documentada, na forma de planos.

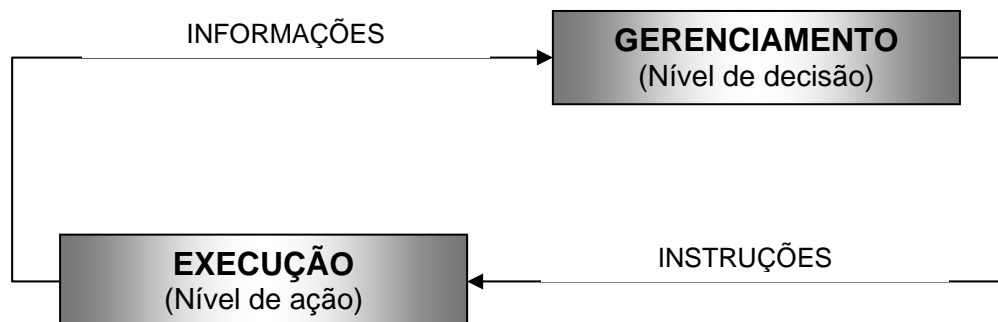
### **2.1.3 Definição de controle**

Segundo Slack et al. (1997, p. 320 e 321), não existe uma divisão clara entre o planejamento e controle. Apesar disso, o mesmo autor apresenta algumas características gerais para ajudar a distingui-los: “um plano é uma formalização de o que se pretende que aconteça em determinado momento no futuro”. No entanto, um plano não garante que realmente irá acontecer. Há diversas variáveis que contribuem para que um plano torne-se não executável. “Controle é o processo de lidar com essas variáveis. Pode significar que os planos precisem ser redesenhados em curto prazo. Também pode significar que será preciso fazer uma “intervenção” na operação para trazê-la de volta aos “trilhos””.

Ávila (2002, p. 118) diz que “controle é uma atividade gerencial que visa medir a performance ou desempenho do trabalho”.

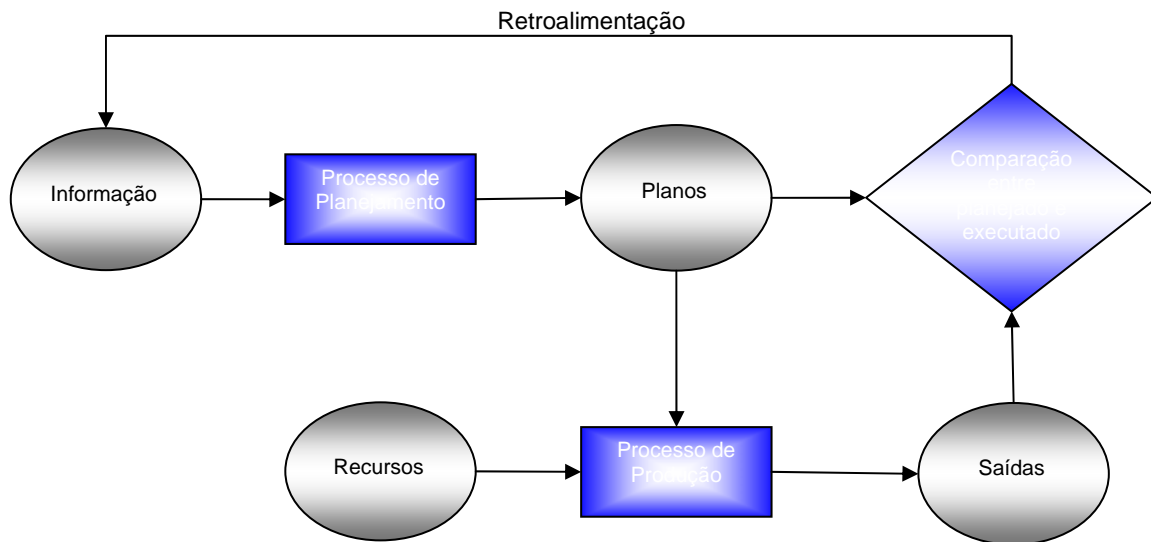
Segundo Russomano (1995), o controle da produção é responsável por fazer comparações rotineiras entre os resultados da produção de bens ou/e serviços e as solicitações da programação, detectando desvios, assim como identificando causas e cobrando, dos responsáveis, suas correções. Além disso, para Burbidge (1981, p. 21), “o controle da produção é a função da administração relacionada com o planejamento, direção e controle do suprimento de materiais e das atividades de processo em uma empresa”.

Limmer apresenta uma definição mais moderna de controle e diz que o mesmo é o acompanhamento contínuo da execução à contínua comparação do realizado com o previsto no planejamento, indicando as defasagens aos responsáveis pelas ações corretivas. Desta forma caracteriza um ciclo de retroalimentação entre os níveis de gerência, que recebe informações sobre o andamento da obra, e o de execução, que recebe instruções sobre como prosseguir com o andamento da mesma. Na figura 2-1 é apresentada uma ilustração desta retroalimentação.



**Figura 2-1 – Ciclo de retroalimentação do controle**

Na figura 2-2 pode ser observado o relacionamento entre o planejamento e controle apresentado por Howell e Ballard (apud SANTOS, 2001). Primeiramente, têm-se as informações sobre o empreendimento; através destas, realiza-se o processo de planejamento. Este gera os planos que definem o processo de produção, que, por sua vez, juntamente com os recursos, vai conceber os produtos (saídas), os quais são comparados com os planos e retroalimentam as informações do processo de planejamento.



**Figura 2-2 – Relacionamento entre o planejamento e o controle (baseado em HOWELL e BALLARD, apud SANTOS, 2001)**

#### 2.1.4 Objetivos do processo de planejamento e controle

O processo de planejamento tem quatro objetivos específicos (SLACK, 1997):



- ◆ determinar o custo e a duração do projeto;
- ◆ determinar o nível de recursos que será necessário;
- ◆ ajudar a alocar trabalhos e a monitorar o progresso;
- ◆ ajudar a avaliar o impacto de qualquer mudança sobre o projeto.

Laufer e Tucker (1987) também apresentam quatro objetivos do planejamento da produção:

- ◆ ajudar o gerente na direção da empresa;
- ◆ coordenar as várias entidades envolvidas na construção do empreendimento;
- ◆ possibilitar o controle da construção;
- ◆ possibilitar a comparação de alternativas, facilitando, assim, a tomada de decisão.

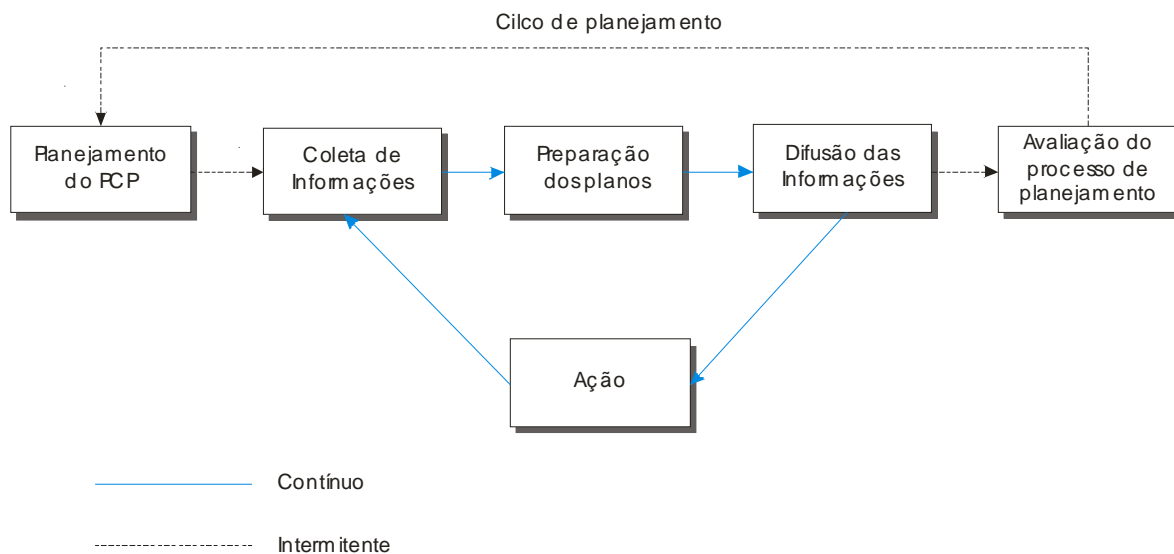
### **2.1.5 Dimensões do planejamento**

Laufer e Tucker (1987) mostram que o processo de planejamento e controle da produção pode ser representado por duas dimensões básicas: horizontal e vertical.

### 2.1.5.1 Dimensão horizontal

Na dimensão horizontal do planejamento são realizadas as etapas do processo de planejamento e controle da produção em cada nível hierárquico (SOARES, 2003).

O nível horizontal do planejamento é dividido em seis fases (LAUFER e TUCKER, 1987), na afigura 2-3 é possível observar o inter-relacionamento entre estas fases.



**Figura 2-3 – As fases do processo de planejamento (LAUFER e TUCKER, 1987)**

O processo de planejamento, figura 2-3, inicia na coleta de informação do sistema que será ou está sendo controlado. Em seguida, essas informações são processadas na etapa de preparação dos planos e difundidas para as entidades que delas necessitam. Com estas informações, são geradas ações que possibilitem o cumprimento das metas fixadas. Na seqüência é feita uma avaliação do processo de planejamento e das ações tomadas, objetivando a

identificação de possíveis desvios nas metas dos planos e suas causas. Com isso o processo reinicia mais uma vez (BERNARDES, 2001).

#### **2.1.5.2 Dimensão vertical**

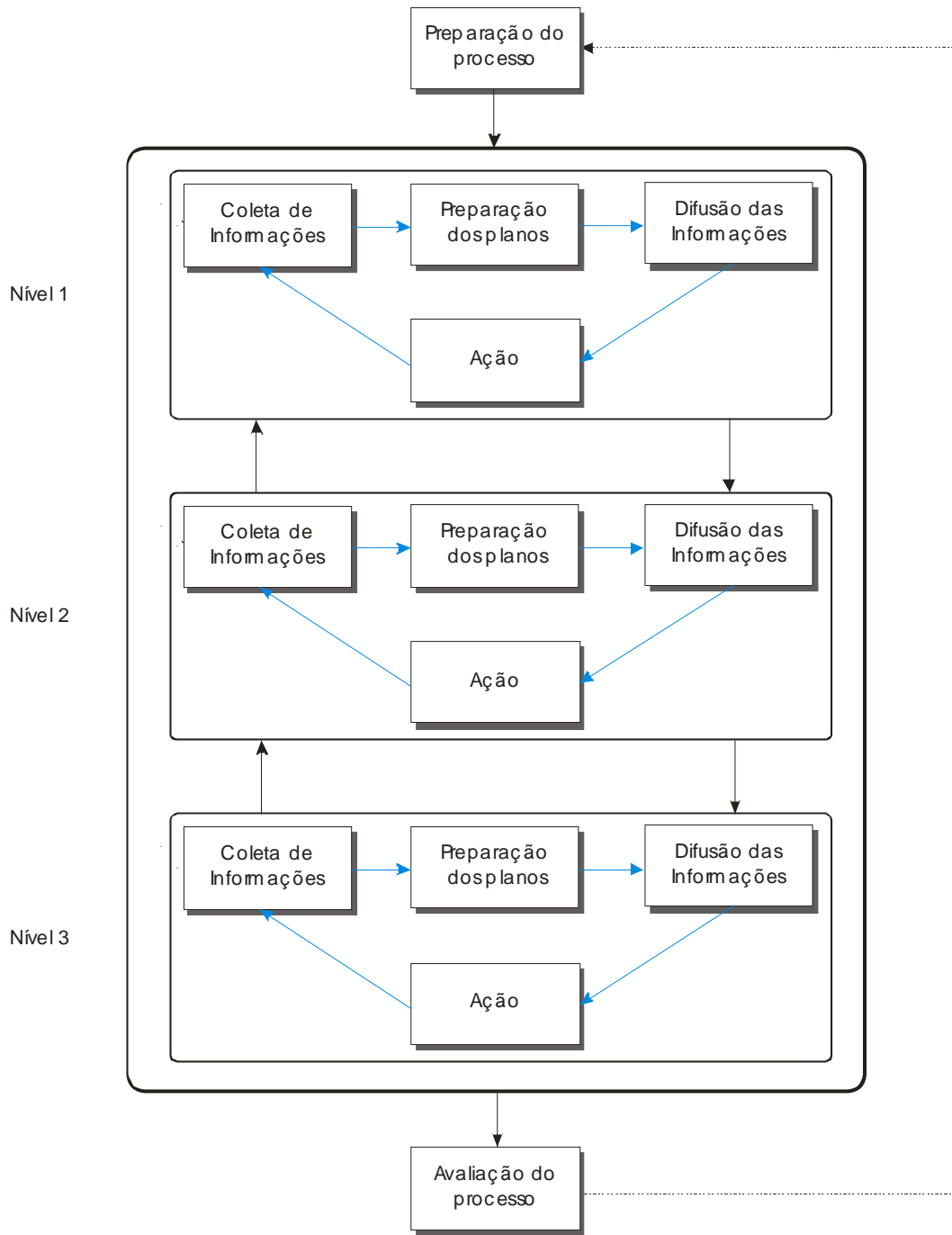
Segundo Bernardes (2001), a dimensão vertical do planejamento pode ser dividida em três níveis hierárquicos:

**Estratégico** – refere-se à definição dos objetivos estratégicos do empreendimento, a partir do perfil do cliente (SOARES, 2003).

**Tático** – neste nível as principais definições estão relacionadas à seleção e aquisição de recursos que são necessários para que se atinjam os objetivos do empreendimento, bem como a elaboração de um plano geral para a utilização destes recursos (SOARES, 2003).

**Operacional** – relaciona a definição detalhada das atividades que serão realizadas, seus recursos e o momento da execução (SOARES, 2003).

A figura 2-4 ilustra a integração das dimensões horizontal e vertical do processo de planejamento e controle da produção.



**Figura 2-4 – Integração dos níveis horizontal e vertical do processo de planejamento e controle (FORMOSO et al, 1999 apud SOARES, 2003).**

### **2.1.5.3 Níveis de planejamento**

Antes de desenvolver-se o processo de planejamento é necessário determinar qual nível se deseja chegar. Para tanto se deve conhecer os níveis clássicos de planejamento. Bernardes e Formoso (2002) apresentam três níveis:

**Longo prazo** – apresenta um baixo grau de detalhes (LAUFER e TUCKER, 1987). Neste nível são estabelecidas as políticas de longo prazo para a produção, direcionando o desenvolvimento de recursos e o comportamento da empresa (WARSAWSKI, 1996; TUBINO, 1997, apud SANTOS, 2001). Além disso, neste nível são estabelecidos os ritmos dos processos, o plano de ataque da obra e as atividades a serem executadas minimamente detalhadas (CODINHOTO et al, 2003).

**Médio prazo** – também é denominado de *look ahead*, o qual vincula as metas fixadas no longo prazo com aquelas designadas no curto prazo (FORMOSO et al, 1999, apud CODINHOTO et al, 2003). Neste nível as atividades são planejadas a serem executadas uma semana à frente, com possibilidades de remoção das restrições à execução destas tarefas antecipadamente (CODINHOTO et al, 2003).

Segundo Ballard (1997, apud BERNARDES 2001), o plano médio prazo pode servir para:

- a) modelar o fluxo de trabalho, na melhor seqüência possível, de forma a facilitar o cumprimento dos objetivos do empreendimento;

- b) facilitar a identificação da carga de trabalho e recursos necessários que atendam o fluxo de trabalho estabelecido;
- c) ajustar os recursos disponíveis ao fluxo de trabalho definido;
- d) possibilitar que trabalhos interdependentes possam ser agrupados, de forma que o método de trabalho seja planejado de maneira conjunta;
- e) auxiliar na identificação de operações que podem ser executadas de maneira conjunta entre as diferentes equipes de produção;
- f) identificar um estoque de pacotes de trabalho que poderão ser executados caso haja algum problema com os pacotes designados às equipes de produção.

**Curto prazo** – este planejamento apresenta alto grau de detalhamento e também é atualizado periodicamente (SLACK et al, 1997). Neste nível a produção é programada, acompanhada e controlada através da administração dos estoques, seqüenciando as atividades, emitindo e liberando ordens de compra (TUBINO, 1997 apud SANTOS, 2001).

### **2.1.6 Ferramentas de programação de obras**

Atualmente, há diversas ferramentas para programação de obras de construção civil. Neste item será apresentada uma breve explicação das principais

ferramentas de programação segundo São Thiago e Soares (1999) e Mendes Jr. (1999): gráfico de Gantt, rede PERT/CPM-ROY e LOB.

#### **2.1.6.1 Gráfico de Gantt**

Esta ferramenta de programação foi inventada por Henry L. Gantt, em 1917, com o objetivo de ser usada na produção fabril, na década de trinta a construção civil passou a usá-lo na construção civil.

A ferramenta é muito simples, consiste basicamente de um gráfico de barras horizontais, tendo como eixo vertical o tempo, e o horizontal as atividades ou os recursos (no caso do uso para um gráfico de carga).

Na figura 2-5 pode ser visto uma ilustração do gráfico de Gantt como programa de produção, e na figura 2-6 um gráfico de Gantt como gráfico de carga.

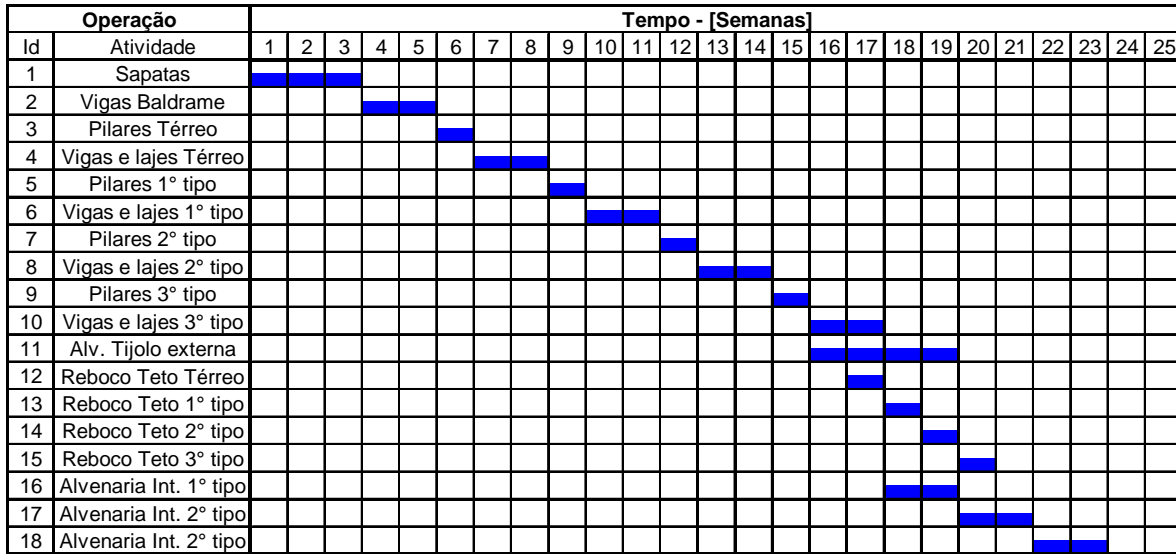


Figura 2-5 – Gráfico de Gantt usado como programa de produção

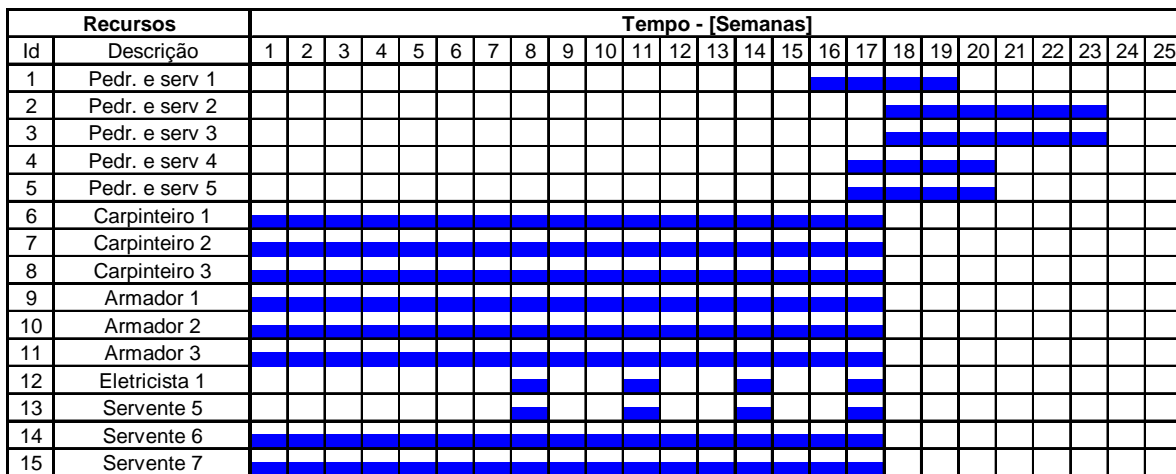


Figura 2-6 – Gráfico de Gantt usado como gráfico de carga

Quando se usa o gráfico de Gantt como gráfico de carga, as atividades são substituídas pelos recursos necessários para a sua produção das mesmas. Os dados usados podem ser desde a mão-de-obra até os equipamentos que serão usados durante a produção. Com isto é possível ver a superalocação da mão-de-obra ou dos equipamentos.



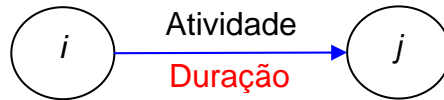
### **2.1.6.2 PERT/CPM-ROY**

O método do PERT (Program evaluation and Review Technique) foi desenvolvido em 1958 pela empresa de consultoria Booz, Allen & Hamilton durante a confecção dos submarinos nucleares Polaris dos Estados Unidos (ÁVILA, 2002). Este projeto envolveu 250 empreiteiros, 9.000 subempreiteiros e a fabricação de 70.000 componentes (SÃO THIAGO e SOARES, 1999).

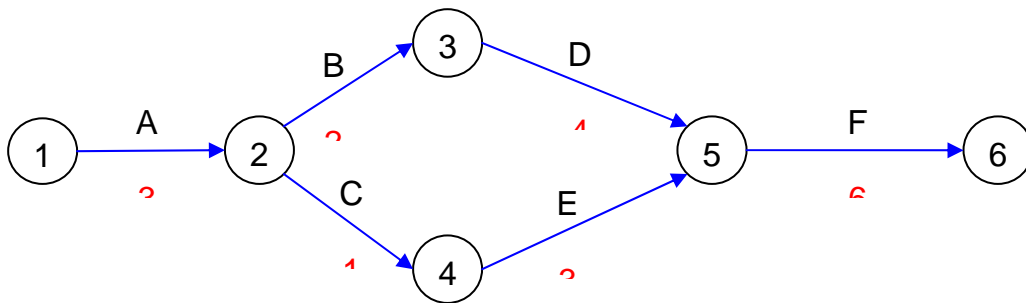
Neste mesmo período o método CPM (Critical Path Method) foi desenvolvido pelas empresas Dupont e UNIVAC para a Lockheed Aircraft Corporation, a qual estava envolvida com a construção de aviões bombardeiros estratégicos e com a corrida espacial (ÁVILA, 2002).

Os dois métodos apresentam a mesma estrutura de procedimento e a mesma lógica, por isso são definidos como o método PERT/CPM. A diferença entre eles está na determinação das durações das atividades. O método PERT usa um tratamento estatístico para determinar o valor médio da duração das atividades, já o CPM parte do princípio de que o usuário conhece a duração de cada tarefa e esta é única. Desta forma, o método PERT é conhecido como um método probabilístico e o CPM como determinístico.

Este método usa uma simbologia (figura 2-7) de rede para representar o planejamento. A circunferência *i* representa um evento inicial (ou nó inicial) da atividade representada pela seta com evento final *j* (ou nó final).

**Figura 2-7 Simbologia PERT/COM**

A figura 2-8 ilustra um planejamento de seis atividades usando o procedimento PERT/CPM. Observando-se este planejamento, percebe-se que a atividade *A* não depende de nenhuma outra atividade e, portanto, pode iniciar imediatamente com o início da obra. Já as atividades *B* e *C*, necessitam que a atividade *A* esteja concluída para que as elas possam começar. As atividades *D* e *E* dependem de *B* e *C*, respectivamente, estarem prontas para iniciarem. Por último, a atividade *F* depende da *D* e *E* simultaneamente. Não basta a atividade *D* ou somente a *E* estar pronta, é necessário que ambas estejam concluídas para dar-se início à tarefa *F*.

**Figura 2-8 – As atividades, relacionamentos e durações do diagrama de PERT/CPM**  
(adaptado de Slack et al, 1997)

Outro método de rede é o Francês, também conhecido como redes de Roy (desenvolvido pelo matemático francês B. Roy em 1964). Neste método os nós

definem as atividades e os seus atributos de tempo, bem como a folga total. As setas representam simples relações de precedência, (ÁVILA, 2002).

A figura 2-9 apresenta uma simbologia dos nós da rede Roy. Segundo esta representação, analisando-se os nós é possível obter-se uma série de informações das atividades, como por exemplo, a duração e a folga total.

Nome da Atividade	
Duração	Folga Total
TCI	T
TII	-

**Figura 2-9 – Simbologia do nó da rede de Roy (ÁVILA, 2002).**

Sendo:

TCI – tempo mais cedo de início;

TCF – tempo mais cedo do fim;

TTI – tempo mais tarde de início;

TTF – tempo mais tarde do fim.

### **2.1.6.3 Linha de balanço**

A linha de balanço (LOB) surgiu na década de 40 e sofreu atualização em 1962, oferecendo alternativas novas para o planejamento e controle de atividades repetitivas, principalmente na produção seqüencial e continuada (SÃO THIAGO e SOARES, 1999).

Este método permite a programação de empreendimento formado por várias obras idênticas ou atividades repetitivas a serem desenvolvidas de forma contínua e em tempo preestabelecido.

Na figura 2-10 há uma representação da linha de balanço teórica.

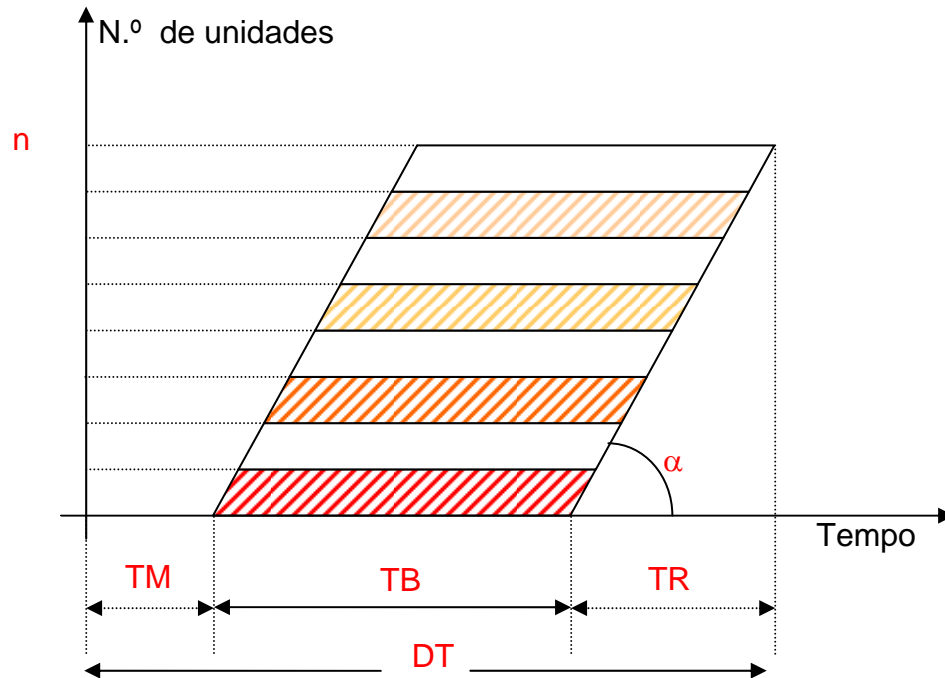


Figura 2-10 – Representação da linha de balanço teórica.

Sendo:

DT = Duração Total

$$DT = TM + TB + TR$$

TM = tempo de mobilização;

TB = tempo base de execução de uma unidade;

TR = tempo restante. É um tempo definido política ou tecnicamente.

$$TR = (n - 1) / \text{RITMO} \quad \text{ou} \quad TR = (n - 1) / \alpha$$

n = número de unidades a serem construídas

A linha de balanço propõe que as atividades repetitivas sejam programadas em termos do seu ritmo de produção ou de conclusão, isto é, o número de unidades que as equipes executoras de determinada operação conseguem concluir numa unidade de tempo. Este ritmo de produção é mostrado num gráfico (figura 2-10). Neste mesmo gráfico pode-se representar a produção real de unidades durante a execução da obra (MENDES JR, 1999).

### **2.1.7 Planejamento integrado ao orçamento**

Knolseisen (1993) desenvolveu uma metodologia de estruturação de atividades necessárias a serem realizadas para a execução de um empreendimento com características restritamente residenciais do setor da construção civil. Este modelo foi definido como MCA (Modelo de Codificação da Estrutura Analítica).

Seguindo a metodologia proposta, realiza-se o orçamento, no qual serão definidos os custos de cada atividade, bem como suas quantidades necessárias para a conclusão da obra.

Com o orçamento predefinido, parte-se para a confecção do planejamento, sendo este último, gerado a partir da estrutura analítica do orçamento.

**2.1.7.1 Plano de conta**

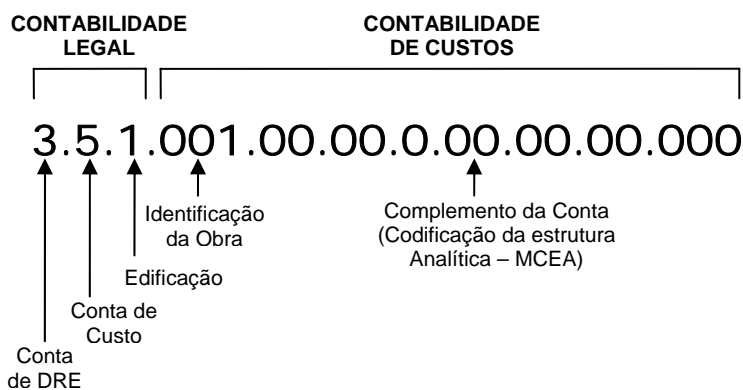
O plano de conta é uma metodologia de enumeração das contas (códigos) contábeis de forma lógica, com o intuito de ser utilizado por toda a empresa para apropriar resultados de receitas e despesas (KNOLSEISEN, 2003).

O modelo do plano de conta é dividido em duas partes: a primeira atende à contabilidade legal, e a segunda à de custos ver tabela 2-1.

**Tabela 2-1 – Modelo de integrante na contabilidade de custos (KNOLSEISEN, 2003).**

MODELO DE NUMERAÇÃO				
Contabilidade Legal			Contabilidade de Custos	
DRE	RECEITA	GRUPO	CONTRATO	COMPLEMENTO DA CONTA
3	1	1	001	00.00.0.00.00.00.000
DRE	RECEITA	GRUPO	CONTRATO	COMPLEMENTO DA CONTA
3	5	1	001	00.00.0.00.00.00.000

O esquema apresentado na figura 2-11 ilustra a nomenclatura utilizada para cada algarismo.



**Figura 2-11 – Denominação dos algarismos da contabilidade gerencial (KNOLSEISEN, 2003).**

Desta forma, o primeiro algarismo, 3, indica ser uma conta do DRE (Demonstrativo de Resultados do Exercício); o segundo algarismo, 1 ou 5, indica ser uma conta de receita ou de custo, respectivamente; o terceiro algarismo, 1, indica o grupo no qual será atribuído o evento contábil. Os demais prefixos que complementam o plano (00.00.0.00.00.00.000) são denominados de codificação da estrutura analítica (KNOLSEISEN, 2003).

### **2.1.7.2 Estrutura analítica**

Pode-se definir a estrutura analítica como sendo a seqüência das diferentes atividades que entram na composição de um orçamento e que podem ocorrer na construção de uma obra (KNOLSEISEN, 2003).

O objetivo da estrutura analítica é sistematizar o roteiro seguido na execução de orçamentos e planejamentos, de forma a não omitir nenhuma atividade a ser realizada durante a construção (KNOLSEISEN, 2003).

A figura 2-12 reproduz parte da estrutura analítica apresentada por Knolseisen (2003) da execução da alvenaria do bloco E.

#### **05.00.0.00.00.00.000 PAREDES E PAINÉIS**

##### **05.01.0.00.00.00.000 BLOCO E**

##### **05.01.1.00.00.00.000 PAREDES DE ALVENARIA**

##### **05.01.1.01.00.00.000 ALVENARIA DE TIJOLO FURADO**

##### **05.01.1.01.01.00.000 Execução de Alvenaria do Pavto. Térreo**

05.01.1.01.01.10.000 Mão-de-obra

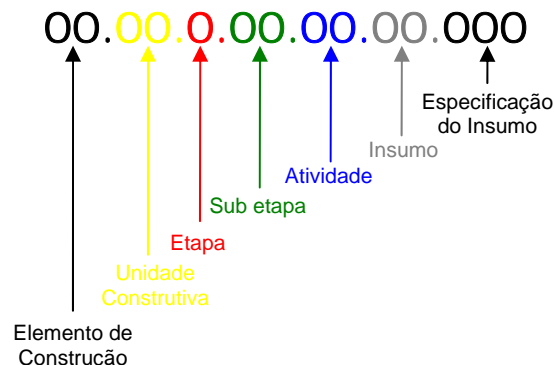
05.01.1.01.01.20.000 Materiais

05.01.1.01.01.30.000 Equipamentos

- 05.01.1.01.02.00.000 Execução de Alvenaria do Pavto. 1° Tipo**
  - 05.01.1.01.02.10.000 Mão-de-obra
  - 05.01.1.01.02.20.000 Materiais
  - 05.01.1.01.02.30.000 Equipamentos
- 05.01.1.01.03.00.000 Execução de Alvenaria do Pavto. 2° Tipo**
  - 05.01.1.01.03.10.000 Mão-de-obra
  - 05.01.1.01.03.20.000 Materiais
  - 05.01.1.01.03.30.000 Equipamentos
- 05.01.1.01.04.00.000 Execução de Alvenaria do Pavto. 3° Tipo**
  - 05.01.1.01.04.10.000 Mão-de-obra
  - 05.01.1.01.04.20.000 Materiais
  - 05.01.1.01.04.30.000 Equipamentos
- 05.01.1.01.05.00.000 Execução de Alvenaria da Caixa d'água e Barrilete**
  - 05.01.1.01.05.10.000 Mão-de-obra
  - 05.01.1.01.05.20.000 Materiais
  - 05.01.1.01.05.30.000 Equipamentos

**Figura 2-12 – Exemplo do MCEA – Execução de alvenaria de tijolo furado.**

A figura 2-13 mostra detalhadamente a especificação para cada dígito do complemento da conta.



**Figura 2-13 – Detalhamento do complemento da conta (KNOLSEISEN, 2003).**

## 2.2 Planejamento 4D



### **2.2.1 Introdução**

Nesse capítulo será apresentada uma introdução sobre o planejamento 4D, sendo abordado também o histórico, bem como as pesquisas em andamento, as potencialidades e, por fim, as principais aplicações dessa ferramenta.

### **2.2.2 Definição de planejamento 4D**

Planejamento 4D pode ser definido como o processo de planejamento de um empreendimento e visualização do mesmo a nível espacial conforme o planejado, ou seja, consiste em visualizar o andamento da obra em terceira dimensão (3D) ao longo do tempo, sendo este último a quarta dimensão.

O planejamento 4D associa os objetos existentes na maquete eletrônica a uma atividade do planejamento. Além disso, pode-se inserir os grandes equipamentos (grua, elevador provisório, andaimes, etc) usados na construção e associá-los a atividades do planejamento.

### **2.2.3 Histórico**

A primeira idéia de vincular o modelo tridimensional de uma construção com o planejamento (planejamento 4D) foi concebida em 1986 numa cooperação entre Bechtel e Hitachi Ltd., o que resultou no desenvolvimento do Construction CAE/4D

Planner software (CLEVELAND 1987, 1989, SIMONS at al, 1988 Apud RISCHMOLLER at al, 2001). Durante o decorrer dessa década, não se teve muito desenvolvimento nessa área (WILLIAMS 1996 apud RISCHMOLLER at al, 2001) o que pode ser justificado devido aos poucos recursos disponíveis pela informática na década de 80.

O CIFE (*Center for Integrated Facility Engineering*) vem desenvolvendo trabalhos com o planejamento 4D desde 1993 (FISCHER e KAM, 2001). Na seqüência é apresentada uma série destas atividades:

- ◆ 1993-1995: San Mateo Country Health Center;
- ◆ 1995: Roof for Haas School of Business, UC Berkeley;
- ◆ 1997-1999: Sequus Pharmaceuticals Pilot Plant in Menlo Park;
- ◆ 1998: McWhinney Office Building, Colorado;
- ◆ 1998: Experience Music Project, Seattle;
- ◆ 1998-1999: Paradise Pier, Disney California Adventure;
- ◆ 2000-: Walt Disney Concert Hall, LA;
- ◆ 2001-: Helsinki University of Technology Lecture Hall, Finland;
- ◆ 2001-: MIT Stata Center for Computer Science, Boston;

#### **2.2.4 Pesquisas em andamento**

Atualmente um grande grupo de pesquisa vinculado à universidade de Teeside, UK, (Centre for Construction Innovation Research) pode ser considerado o principal grupo de pesquisa e um dos mais avançados centros do planejamento em 4D. O principal professor responsável pelas pesquisas é o professor Ph.D. Nashwan Dawood.

Neste centro de pesquisa, eles estão desenvolvendo o VIRCON (Virtual Construction Site), o qual, além de fazer o planejamento 4D, está interligado com uma ferramenta para fazer a quantificação das atividades e também, está interligado com outra ferramenta responsável em determinar a duração de cada atividade. Desta forma, o VIRCON será um software que permitirá fazer o levantamento das atividades, durações e o planejamento 4D vinculados.

Na universidade de Stanford Martin Fischer é o principal membro do 4D CAD Research (centro de pesquisa em 4D). Segundo Fischer (2001-b), nesse centro, eles estão pesquisando como os engenheiros e os gerentes de projetos podem usar o modelo 3D e 4D para: administrar e minimizar riscos ao longo de todas as fases de um projeto de construção; comunicar efetivamente as designações de atividades, as datas e outros dados do projeto e explorar rapidamente a meta e as alternativas para a construção.

Os professores Vineet R. Kamat, da universidade de Michigan, e o Julio C. Martinez, da Virginia Tech, estão desenvolvendo o VITASCOPE (VIsualizaTion of

**Simulated Construction OPERations**). O principal objetivo dessa pesquisa é: visualizar o modelo das operações da construção em 3D e desenvolver ferramentas de alto nível de visualização da construção (KAMAT, V. R.; MARTINEZ, J. C, 2003).

### **2.2.5 Potencialidades do planejamento 4D**

Segundo Staub e Fischer (1998), o modelo 4D expõe os problemas do construtibilidade relacionados ao acesso, às estruturas provisórias, à disponibilidade do espaço de trabalho e à conclusão do trabalho precedente. Além disso, mostram que engenheiros e construtores podem trabalhar juntos, usando um modelo 4D para determinar uma melhor seqüência de desenvolvimento das atividades. Um exemplo ilustrado pelos autores citados foi do *Haas School of Business at the University of California Berkeley*. Após uma análise das possibilidades de seqüenciamento da construção da cobertura, chegou-se em dois modelos, o tradicional e o alternativo. O primeiro custaria U\$102.363,00 e o segundo U\$ 86.838,00. Staub e Fischer afirmam que este modelo só foi possível de ser desenvolvido porque se trabalhou com o modelo 4D.

Os modelos 4D ajudam a visualizar as restrições e as oportunidades da programação para melhorias do planejamento com reseqüenciamento das atividades ou da relocação do espaço de trabalho. Além disso, os modelos 4D ajudam a analisar a programação e a visualizar os conflitos que não são aparentes

nas barras de Gantt e/ou em diagramas do CPM (HAYMAKER e FISCHER, 2001).

O modelo 4D permite um acesso mais fácil às informações do planejamento, sendo possível navegar eficientemente através delas. Além disso, a visualização 4D pode comunicar relações entre atividades do projeto não vistas anteriormente, (LISTON, FISCHER e WINOGRAD, 2001).

Segundo Dawood et al. (2002-a), com o planejamento 4D, os participantes do projeto podem efetivamente visualizar e analisar os problemas, considerando a seqüência, o espaço e o aspecto temporal do cronograma da construção.

Além disso, North e Winch (2002) mostram que a ferramenta 4D também está integrada ao espaço crítico e é capaz de visualizar os conflitos espaciais da construção.

Fischer (2001-b) apresenta que o planejamento 4D pode ser usado para:

- ❑ controlar e minimizar os riscos ao longo de todos os estágios de um projeto de construção;
- ❑ facilitar a troca de informação no projeto e na programação e
- ❑ explorar rapidamente alternativas do projeto e da construção.

Por último, STAUB e FISCHER (2001), num estudo de caso, apresentam os seguintes benefícios do uso do planejamento 4D:

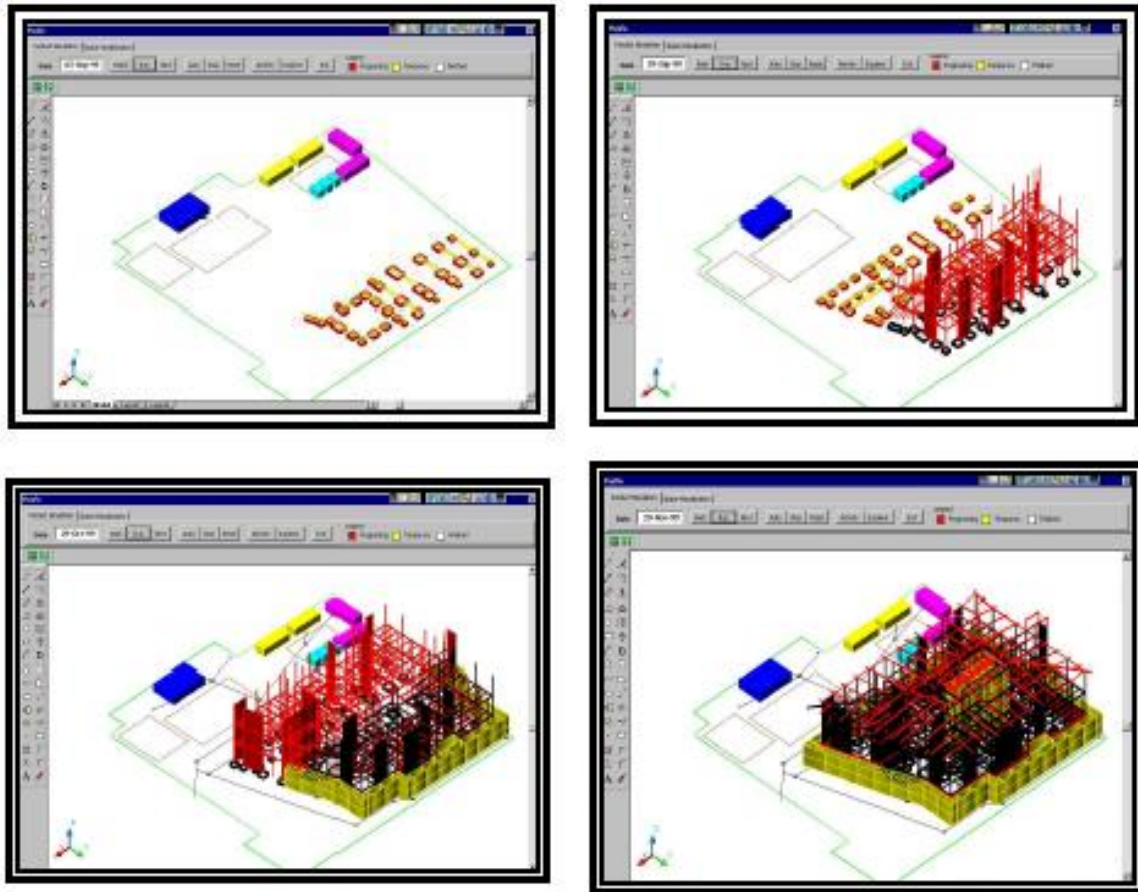
- ❑ o modelo ajuda com a coordenação de horários de subcontratantes;
- ❑ o modelo comunica intenção de horário claramente;

- ❑ o modelo mostra como o trabalho dos operários flui com o passar do tempo pela plataforma de equipamento;
- ❑ o modelo ajuda a identificar questões relacionadas a problemas de construtibilidade de seqüenciamento antes da construção e
- ❑ o modelo mostra o estágio da construção em qualquer data do projeto.

### **2.2.6 Aplicações do planejamento 4D**

Segundo Fischer (2001-a), é possível encontrar exemplos de aplicações deste tipo desde 1993. No entanto, foi com o desenvolvimento de sistemas de informática mais robustos que as aplicações tiveram maiores resultados.

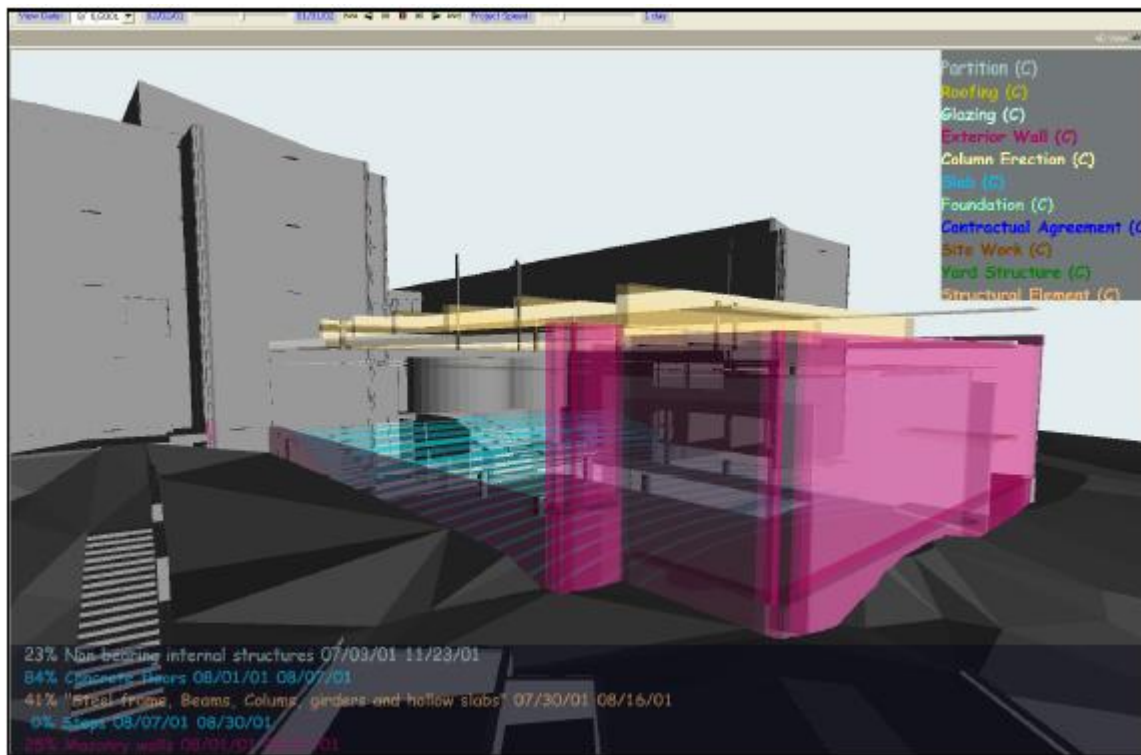
Na seqüência serão apresentados alguns exemplos de aplicações do planejamento 4D.



**Figura 2-14 – Planejamento 4D da *School of Health, University of Teesside***  
DAWOOD at al (2002-a)

Na figura 2-14 são apresentadas quatro visualizações através de diferentes estágios do processo da construção da escola de saúde da Universidade de Teesside. As atividades em andamento no momento analisado foram representadas na cor vermelha.

Na figura 2-15 é apresentada uma etapa do planejamento 4D do Auditório da Universidade de Tecnologia de Helsinki. As atividades foram representadas em tons diferenciados para facilitar a identificação das mesmas, bem como para perceber mais claramente o volume de trabalho que representam.



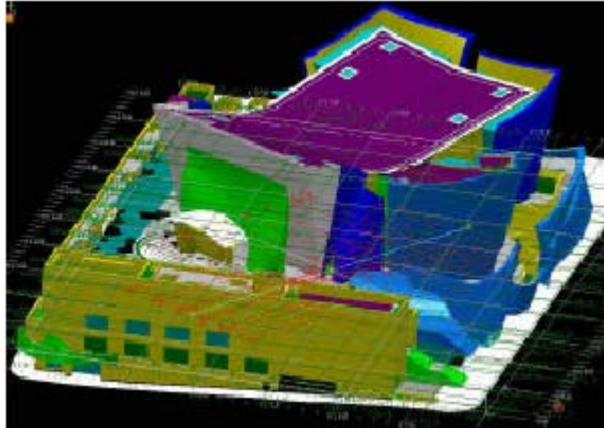
**Figura 2-15 – Planejamento 4D Helsinki University of Technology Auditorium-600 (HUT-600)**  
FISCHER e KAM (2002)

Nas figuras 2-16 e 2-17 são apresentadas fotos da maquete do *Walt Disney Concert Hall* e dos elementos de construção, respectivamente. O planejamento 4D foi desenvolvido no CIFE, sob a direção de Martin Fischer.



**Figura 2-16 – Foto da maquete do Walt Disney Concert Hall**  
Haymaker e Fischer (2001)





**Figura 2-17 – Elementos da construção da Walt Disney Concert Hall**  
Haymaker e Fischer (2001)

KÄHKÖNEN e LEINONEN (2003) ilustraram um exemplo de aplicação do planejamento 4D com o andamento real da obra. Na figura 2-18 é possível visualizar, à esquerda, uma foto do edifício numa data específica. À direita da figura é representado o resultado do planejamento que corresponderia à data da foto. Analisando esta figura, pode-se perceber claramente que a edificação está atrasada, pois a última laje não está concluída e na alvenaria externa estão faltando diversos pontos. Esta é mais uma grande vantagem do uso do planejamento 4D. Com uma simples visualização da obra e do planejamento proposto, pode-se comprovar o atraso ou adiantamento da obra.



**Figura 2-18 – Acompanhamento da obra com o uso do planejamento 4D. À esquerda uma foto da obra, à direita a visualização do planejamento para a respectiva data da fotografia.**

Kähkönen e Leinonen (2003)

Na figura 12-19 aparece reproduzida a apresentação da simulação do planejamento 4D apresentado por Tanyer e Aouad (2004). Neste empreendimento foram realizados estudos com a ferramenta 4D das possibilidades de andamento da obra. Chegou-se em dois cronogramas para a construção, sendo ilustrado somente o segundo modelo, na figura 2-19.

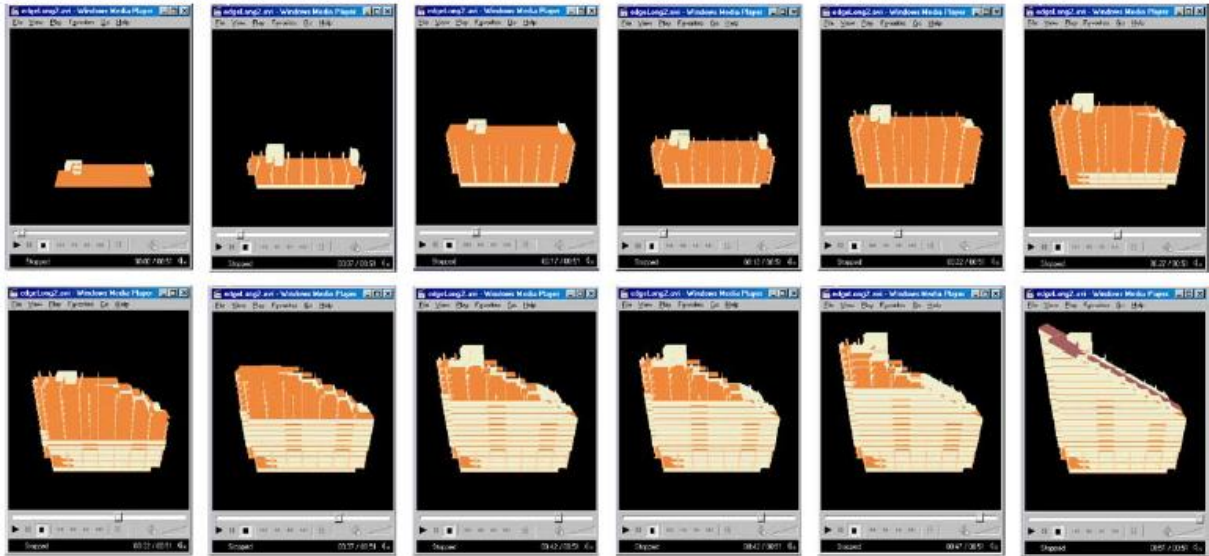


Figura 2-19 – Tela de apresentação das etapas do planejamento 4D do empreendimento apresentado por Tanyer e Aouad (2004).

## 2.3 Ferramentas computacionais

### 2.3.1 Introdução

Neste capítulo será dada uma introdução dos softwares que serão usados no desenvolvimento desta dissertação. Inicia-se com o Ms Project, o qual é desenvolvido pela *Microsoft Corporation* e é voltado para planejamento e gerenciamento de empreendimentos. Em seguida é apresentado o AutoCAD, esse é desenvolvido pela *AutoDesk Inc* e é voltado para a edição e visualização gráfica.

Por último, descreve-se brevemente o Visual Basic, também desenvolvido pela *Microsoft Corporation*, esse é um software de desenvolvimento de programas.

## **2.3.2 Ms Project**

### **2.3.2.1 Histórico**

O *Microsoft Project* é um *software* da classe de gerenciadores de projeto, desenvolvido pela *Microsoft Corporation*, constituindo o primeiro *software* do gênero desenvolvido em português e disponibilizado no mercado (AKKARI, 2003).

Atualmente o *Microsoft Project* é considerado como a principal ferramenta de gerenciamento de projetos. Apresenta uma grande versatilidade, facilidade de utilização e interface amigável, tornando-o o *software* líder em vendas na sua categoria (VIANA, 2004).

A primeira versão deste programa foi lançada em 1985 e rodava no ambiente DOS. Desde então, o *software* vem sendo atualizado dispondo, de novos e poderosos recursos (PRADO, 1998; TEIXEIRA, 2001).

### 2.3.2.2 Estrutura do software

O *Microsoft Project* permite a realização do planejamento, bem como o acompanhamento do projeto, cobrindo todas as fases deste. Gerencia equipes e materiais e usa a internet como ferramenta de comunicação (VIANA, 2004). Além disso, poderá comparar o planejamento inicial com o efetivo andamento do projeto.

O *Ms Project* permite o gerenciamento dos seguintes fatores de um projeto (KIMURA, 2002) ver figura 2-20:



Figura 2-20 – Fatores gerenciáveis do Ms Project (KIMURA, 2002).

Para Kimura (2002):

Estes fatores são interdependentes e sujeitos a alterações no decorrer do processo, sem que isso signifique a ruptura do planejamento com a execução. A gerência dessas variáveis é feita sob o ponto de vista de um modelo matemático, no qual se admite que a modificação do valor de uma delas terá um impacto previsível em todas as demais. Isto significa

que muitas vezes a redução, por exemplo, da variável tempo acarretará em um incremento na variável recurso ou implicará na alteração de alguma especificação do produto.

O gerente deve estar preparado para qualquer mudança que ocorra em uma das variáveis, de modo a permitir uma tomada de decisão rápida que corrija a mudança do curso garantindo a continuidade do processo (KIMURA, 2002).

O PMI - *Project Management Institute* - identifica nove áreas de conhecimento em gerenciamento de projetos:

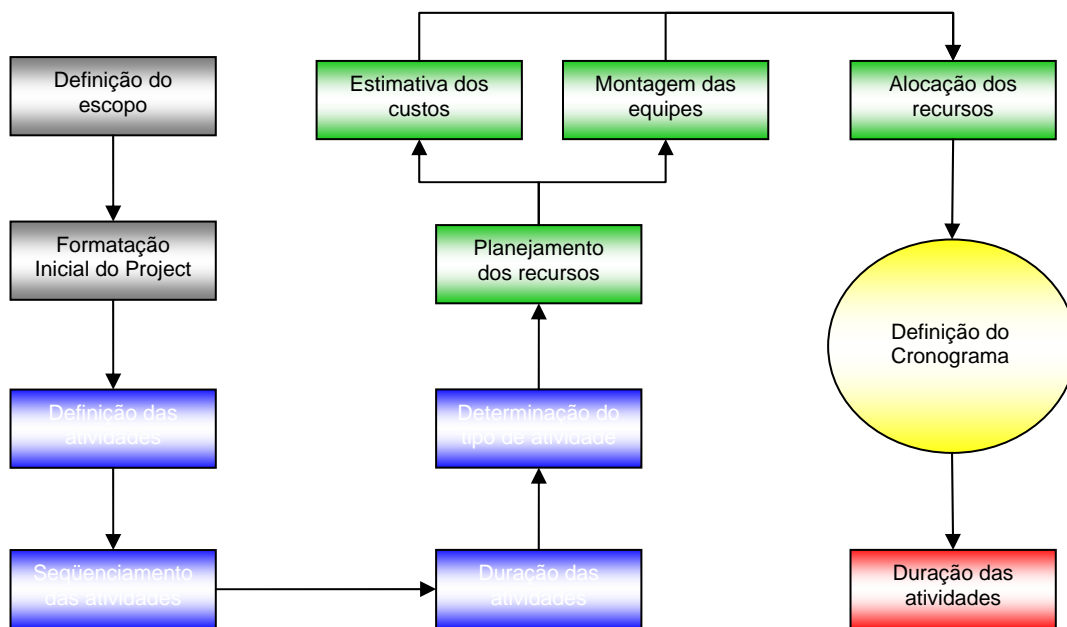
- ◆ gerenciamento de integração entre os elementos do projeto;
- ◆ gerenciamento de escopo do projeto;
- ◆ gerenciamento de tempo do projeto;
- ◆ gerenciamento do custo;
- ◆ gerenciamento da qualidade;
- ◆ gerenciamento de recursos humanos;
- ◆ gerenciamento de comunicação;
- ◆ gerenciamento de risco; e
- ◆ gerenciamento de contratos.

Estas áreas de conhecimento agregadas às técnicas, aos métodos e às ferramentas de planejamento apóiam a condução do projeto, de forma a garantir

qualidade, atendimento aos prazos, custos e requisitos desejados (KIMURA, 2002).

Para a realização de um projeto, estas áreas de conhecimento podem e devem ser contempladas. O *Ms Project* somente auxiliará o gerente a estruturar a metodologia em uma forma mais eficaz e integrada de trabalho.

Na figura 2-21 é apresentada uma estrutura de planejamento para ser seguida no *Ms Project*. Com o objetivo de melhorar a ilustração, as etapas com o mesmo tema foram representadas com cores iguais.



**Figura 2-21 – Estrutura de planejamento no Ms Project (KIMURA, 2002)**

Para deixar mais claro a ilustração, a seguir é apresentada uma breve explicação das etapas apresentadas na figura 2-21.

- ◆ **Definição do escopo** – definição dos objetivos, da duração máxima prevista e os recursos necessários para o projeto, bem como de qualquer detalhe importante que deverá ser lembrado durante a sua realização.
- ◆ **Formatação inicial do *Project*** – personalização das características do Ms Project a fim de deixá-lo conforme a necessidade de cada projeto. Pode-se editar o calendário, período de trabalho, dias de folgas, férias, feriados, data de início da obra e outros itens que não são tão comuns de serem editados.
- ◆ **Definição das atividades** – especificação das atividades no Ms Project. Deve-se entrar com as atividades necessárias para a execução de todo o projeto. A quantidade de tarefas dependerá do nível de planejamento a que se pretende chegar.
- ◆ **Seqüenciamento das atividades** – especificar as predecessoras e/ou sucessoras das atividades, bem como organizá-las em grupos e subgrupos para facilitar na organização.
- ◆ **Duração das atividades** – definir as durações da atividades. Enquanto não for definida a duração de uma atividade o *MS Project* indicará com um ponto de interrogação.
- ◆ **Determinação do tipo de atividade** – por padrão o *Ms Project* assume para todas as tarefas o controle de empenho e unidades fixas. No caso de desejar-se que o tipo de tarefa seja trabalho fixo, ou duração fixa, ou sem



controle de desempenho, é necessário a alteração das opções padrão na propriedade da atividade escolhida.

- ◆ **Planejamento dos recursos** – há dois tipos de recursos, o de material e o de trabalho. Devem-se usar os recursos, principalmente quando desejar indicar quem ou o que é responsável pela conclusão das tarefas em sua agenda.
- ◆ **Montagem da equipe** – as equipes de trabalhos podem ser criadas como um recurso de trabalho.
- ◆ **Estimativa dos custos** – pode-se fazer uma estimativa dos custos definindo a taxa padrão dos recursos ou pode-se entrar com os custos de cada atividade e analisar o custo total do projeto, bem como dos grupos de atividades.
- ◆ **Alocação dos recursos** – anexação dos recursos às tarefas. Se necessário, alocam-se os recursos para cada atividades.
- ◆ **Definição do cronograma** – conclusão do cronograma do projeto. Analisar o resultado do cronograma e fazer as alterações, caso necessárias, para a conclusão do mesmo.
- ◆ **Salvar linha de base** – criar e salvar a linha de base. Uma linha de base é um conjunto de estimativas-chave originais sobre o projeto. Esse conjunto consiste nas estimativas originais sobre tarefas, recursos, atribuições e custos inseridas no plano do projeto (KIMURA, 2002).

Uma grande característica do *Ms Project* é a facilidade de utilização quando é comparado com os demais softwares de mesma função. Deve-se esta característica devido ao fato de ele possuir a mesma interface dos programas da Microsoft Word e Excel.

Segundo Prado (1998), dentre os inúmeros recursos que o programa oferece, no que se refere a aspectos de gerenciamento de projetos, podem-se destacar os seguintes:

- ◆ O planejamento realizado no *Ms Project* baseia-se no modelo diagrama de rede ou de procedências. Neste modelo as tarefas são criadas na forma de blocos interligados, formando uma rede. Logo, este software não usa o diagrama de setas, o qual era muito popular na década de sessenta e totalmente superado.
- ◆ No processo de entrada dos dados, o programa usa tabelas padronizadas, ou o usuário pode criar suas próprias tabelas. Para auxiliar no processo de entrada dos dados e a visualização do processo, o próprio software gera um gráfico de Gantt ver figura 2-22.
- ◆ Permite adicionar tarefas recorrentes, ou seja, tarefas que ocorrem de forma repetitiva. Um exemplo seria o planejamento de reuniões periódicas. A figura 2-22 ilustra este exemplo.
- ◆ Aceita relações de precedências entre tarefas tipo Fim-Início, Início-Início, Fim-Fim e Início-Fim.

- ◆ Permite definir níveis hierárquicos através de “tarefas resumo”. O uso desta ferramenta é muito útil na criação da estrutura de composição do trabalho. Na figura 2-22 é apresentada uma ilustração do uso desta função.

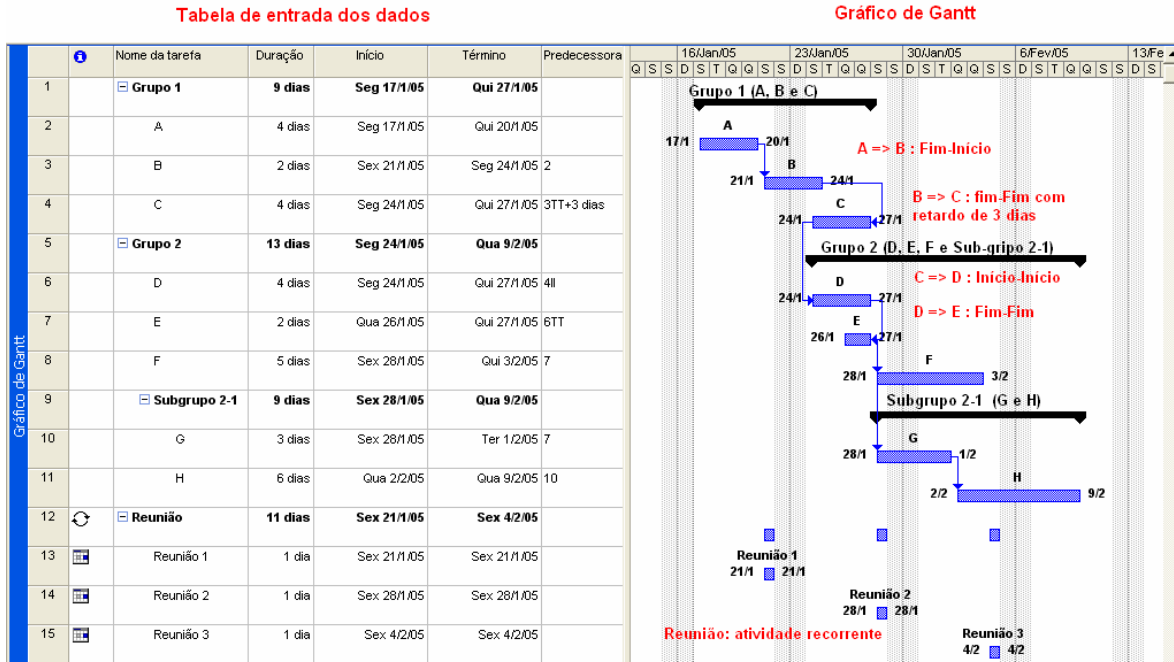


Figura 2-22 – Características básicas do Ms Project

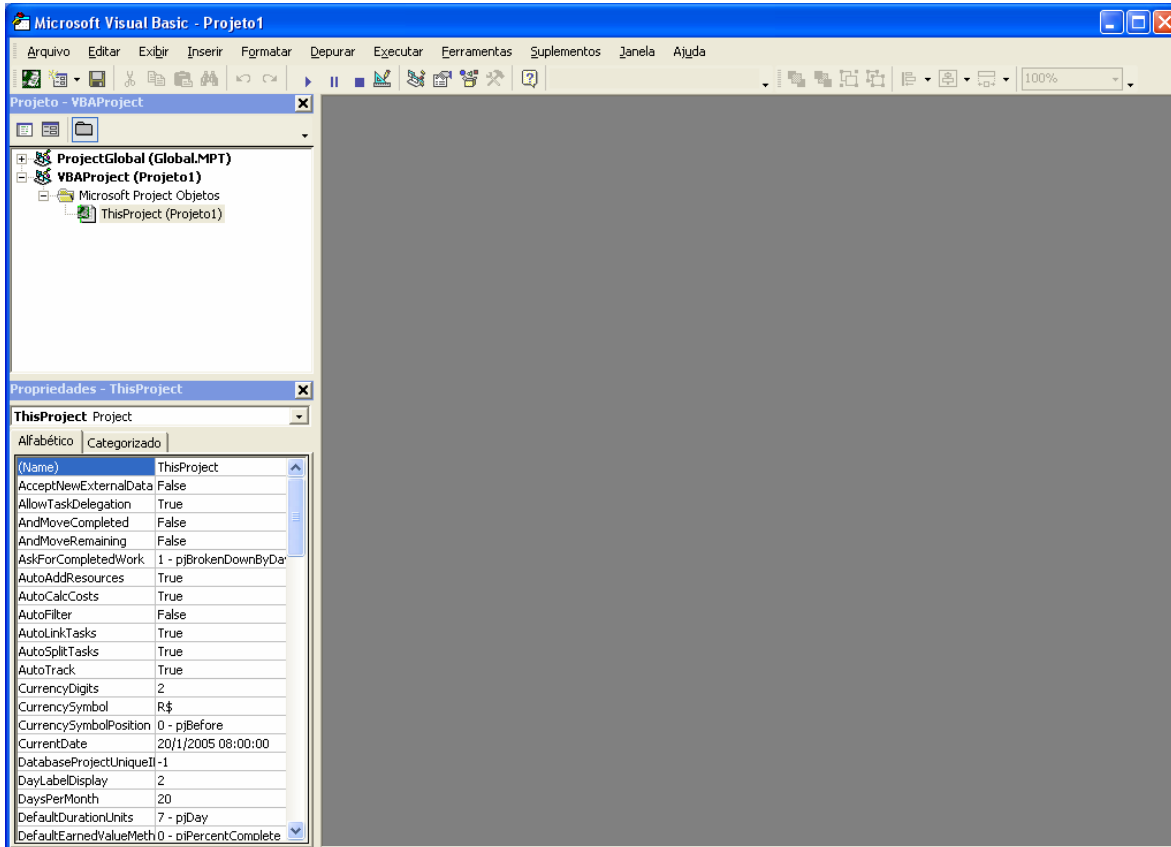
- ◆ Permite o uso de subprojetos.
- ◆ Permite definir datas programadas para as tarefas.
- ◆ Permite recursos para agrupar, filtrar e classificar tarefas.
- ◆ O usuário pode escolher se o cálculo da rede será feito do início para o fim ou do fim para o início.

- ◆ Os custos, bem como os recursos, são ligados às tarefas na forma de custos fixos ou custos dos recursos.
  
- ◆ Possui um conjunto padrão de relatórios, mas o usuário pode criar seus próprios relatórios, adequando-os às suas necessidades.

### **2.3.2.3 Compatibilidade com o Visual Basic**

O *Ms Project*, bem como outros aplicativos da Microsoft, apresenta a possibilidade de criar programas ou funções para o usuário personalizá-lo. Uma das formas de fazer-se isso é através do *Visual Basic* ou *Visual Basic Aplicado* (VBA), neste caso aplicado ao *Ms Project*.

Para o usuário ativar o Editor do *Visual Basic* no *Ms Project* basta acessar o menu *Ferramentas>>Macro>>Editor do Visual Basic*. Em seguida, aparecerá a janela ilustrada na figura 2-23.



**Figura 2-23 – Tela do Editor Visual Basic no Ms Project**

O sistema de programação é o mesmo caso se o usuário estivesse usando o *Software Visual Basic*.

### **2.3.3 AutoCAD**

#### **2.3.3.1 Histórico**

CAD significa Desenho Auxiliado por Computador. O CAD teve início com a indústria aeroespacial e automobilística, nos fins da década de 60. Até esse

período os desenhos eram feitos de forma manual. Com a evolução dos computadores PCs e devido ao baixo custo dos equipamentos, teve início uma revolução dos programas de informática. Na área de desenho, o *AutoCAD* foi um dos que mais se sobressaiu no mercado.

O *AutoCAD* foi criado pela *AutoDesk Inc.* nos EUA e foi apresentada a Versão 1.0 na COMDEX, em Las Vegas, em novembro de 1982 (WALKER, 1994). Nesta primeira versão o software era voltado para desenhos mecânicos, passando em seguida para as mais diversas áreas. Devido ao fato de ele apresentar uma arquitetura aberta, logo se tornou um padrão para desenvolvedores de sistemas. Atualmente, existem milhares de aplicativos desenvolvidos por usuários do mundo todo que, por aproveitarem os recursos disponíveis no *AutoCAD*, este tornou-se uma ferramenta aplicada às mais diversas áreas (MATSUMOTO, 2001), como por exemplo na mecânica, agrimensura, engenharia, arquitetura, topografia, estradas e modelagem (REZENDE, 2003).

O *AutoCAD* vem sendo atualizado periodicamente, tornando-se cada vez mais competitivo entre os softwares de CAD. Na tabela 4-1 é apresentada uma cronologia das atualizações deste programa segundo Autodesk (2005).

Tabela 2-2 – Cronologia das atualizações do AutoCAD

<b>Versão</b>	<b>Lançamento</b>
AutoCAD 2005 (Release 19)	Março de 2004
AutoCAD 2004 (Release 18)	Março de 2003
AutoCAD 2002 (Release 17)	Junho de 2001
AutoCAD 2000i (Release 16)	Julho de 2000
AutoCAD 2000 (Release 15)	Março de 1999
Release 14	Fevereiro de 1997
Release 13	Novembro de 1994
Release 12	Junho de 1992
Release 11	Outubro de 1990
Release 10	Junho de 1988
Release 9	Setembro de 1987
Versão 2.6 (Release 8)	Abril de 1987
Versão 2.5 (Release 7)	Junho de 1986
Versão 2.1 (Release 6)	Mai de 1985
Versão 2.0 (Release 5)	Outubro de 1984
Versão 1.4 (Release 4)	Outubro de 1983
Versão 1.3 (Release 3)	Agosto de 1983
Versão 1.2 (Release 2)	Abril de 1983
Versão 1.0 (Release 1)	Novembro de 1982

### 2.3.3.2 Estrutura do software

O *AutoCAD* usa como extensão padrão para seus arquivos o “dwg” (SILVEIRA, 2001). Apesar disso, o usuário pode abrir e salvar os arquivos em “dwt” (*drawing template*), usado principalmente para criar arquivos padrões ou arquivos protótipos

(SILVEIRA, 2004). Outra extensão muito usada no *AutoCAD* é a “dxf”. Este formato de arquivo é largamente usado para importação e exportação de arquivos, visto que grande maioria dos softwares de CAD possui a opção de abrir ou importar arquivos “dxf”.

Além das opções de arquivos apresentados, o *AutoCAD* ainda apresenta outras possibilidades de formatos para exportar arquivos, são esses:

- ◆ Bitmap (\*.bmp)
- ◆ Metafile (\*.wmf)
- ◆ ACIS (\*.sat)
- ◆ Lithography (\*.stl)
- ◆ Encapsulated OS (\*.eps)
- ◆ DXX Extract (\*.dxx)
- ◆ 3D Studio (\*.3ds)
- ◆ Block (\*.dwg)

O *AutoCAD* trabalha com dois sistemas de coordenadas.

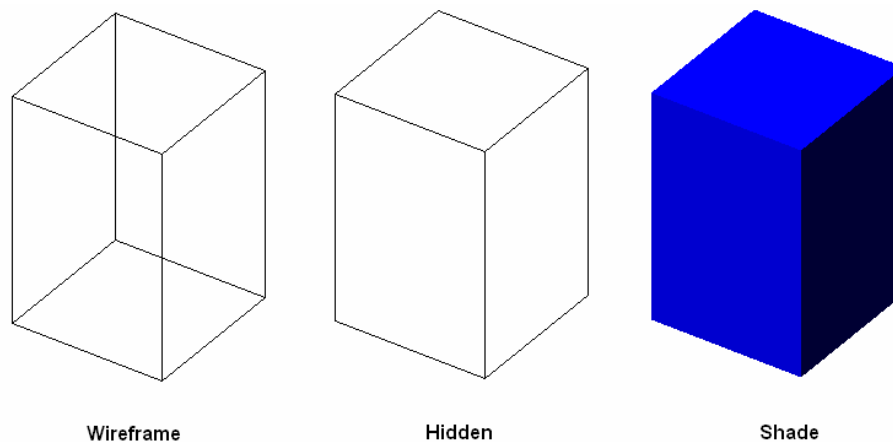
Um deles tem a principal característica de ser imutável, por isto é este que o *AutoCAD* usa internamente para fazer todas suas operações. Este sistema é conhecido como *WCS* (*World Coordinate System*). O outro sistema de coordenada é o *UCS* (*User Coordinate System*). É neste sistema que trabalhamos. Com ele podemos modificar a localização da origem, bem como a orientação dos planos *XY*, *XZ* e *YZ* em relação ao *WCS* (SILVEIRA, 2002).



Este software fornece três métodos para a entrada destas coordenadas: cartesianas, cilíndricas e esféricas (GÓMEZ et. Al, 1999). Na área da construção civil a mais usada é a cartesiana.

Dois comandos importantes que o *AutoCAD* oferece são o *list* e o *Massprop*. O primeiro é usado, principalmente, em objetos com duas dimensões. Este comando apresenta a área e o perímetro, bem como as coordenadas cartesianas dos pontos que compõem o objeto selecionado. O Segundo comando fornece dados como massa e volume do sólido selecionado. Estes comandos podem ser usados para levantamento de quantitativos da obra analisada.

Na parte de visualização o *AutoCAD* oferece três modos de visualização: *Wireframe*, *Hidden* e *Shade* (SILVEIRA, 2002). Na figura 2-23 é possível visualizar a diferença entre os três.



**Figura 2-24 – Modos de visualização em 3D**

Estes comandos podem de ser usados para facilitar a visualização da obra em 3D.

Outra ferramenta que auxilia na visualização em 3D é o comando *3D Orbit*. Através deste comando o usuário pode rotacionar o objeto no espaço e definir um ponto de visão que facilite a sua visualização no espaço. Os comandos *Zoom* e *Pan* também auxiliam na visualização dos projetos. O *Zoom* permite aproximar mais ou afastar o objeto, o resultado é como se estivesse aumentando-o ou diminuindo-o. O *Pan* desloca todo o projeto; o efeito é como se movesse todo o projeto.

Por fim, assim como outros programas de CAD, o *AutoCAD* usa *Layers* (camadas) para organizar os projetos. Através das layers é possível deixar visível ou invisível tudo que estiver na layer. O resultado é como se apagasse todos os objetos da layer invisível, com uma pequena diferença que, quando for necessário, os objetos podem voltar a aparecer. Esta estrutura pode ser usada para facilitar a visualização de interiores de obras, visto que se pode deixar invisível toda a cobertura e observar o interior do edifício.

### **2.3.3.3 Compatibilidade com o Visual Basic**

O *AutoCAD*, bem como o *Ms Project*, permite interagir com o *Visual Basic* de forma aplicada (*VBA*). O *Visual Basic Editor* pode ser acessado no *AutoCAD* através do menu *Tolls>> Macro>>Visual Basic Editor* ou indiretamente através do *VBA Maneger*.

A janela do *Visual Basic Editor* é idêntica à apresentada na figura 2-23, com uma pequena diferença na janela de projeto (*Project*). No caso do *AutoCAD*, aparecem informações referentes ao *AutoCAD*; já para o *Ms Project* aparecem informações do *Ms Project*.

## **2.3.4 Visual Basic**

### **2.3.4.1 Histórico**

O *Basic* foi o primeiro programa comercializado pela Microsoft. Devido ao sucesso deste programa, a microsoft conseguiu a permissão para fazer o sistema operacional, o *MS-DOS*, do primeiro PC lançado pela IBM que marcou o início do monopólio da Microsoft (BARROSO, 1998).

Com o lançamento do Windows pela Microsoft, tornou-se difícil o desenvolvimento dos programas que rodassem neste ambiente, pois era necessária muita experiência para fazer um programa, por mais simples que fosse.

Em 1991 foi lançado o *Visual Basic 1.0* (união do programa *Ruby*, desenvolvido por Alan Cooper, e o *Quick Basic*). Com este software foi possível a criação de programas simples para Windows, escrevendo-se poucas linhas de código de programação, e as telas gráficas eram criadas sem demandar esforços de programação. Desta forma, o *Visual Basic* se tornou a linguagem de programação

mais usada em todo o mundo, podendo ser considerada uma das causas do sucesso do Windows (BARROSO, 1998).

Após o seu último lançamento, o *Visual Basic* passou a ser incorporado nas linguagens que fazem parte do *Visual Studio.NET* (pacote desenvolvido pela Microsoft para a plataforma.NET). O *Visual Basic.NET* possui novos recursos de programação orientada a objeto, classes próprias, e não possui mais a dependência de DLL ou API do Windows.

A seguir é apresentada a seqüência das principais atualizações do *Visual Basic*:

- ◆ 1991 – Visual Basic 1
- ◆ 1992 – Visual Basic 2
- ◆ 1993 – Visual Basic 3
- ◆ 1995 – Visual Basic 4
- ◆ 1997 – Visual Basic 5
- ◆ 1998 – Visual Basic 6
- ◆ 2001 – Visual Basic.NET

### 2.3.4.2 Estrutura do software

O *Visual Basic* é uma linguagem de programação orientada a objetos, isto é, através do *Visual Basic* é possível o desenvolvimento de programas para Windows, utilizando programação orientada a objetos (OOP) (BARROSO, 1998). Além disso, ele apresenta uma estrutura de programação visual, na qual o usuário pode programar através das ferramentas visuais existentes no *Visual Basic*.

Na figura 2-25 pode-se visualizar uma tela inicial do *Visual Basic* 5.0, bem como as principais ferramentas disponíveis no *Visual Basic*.

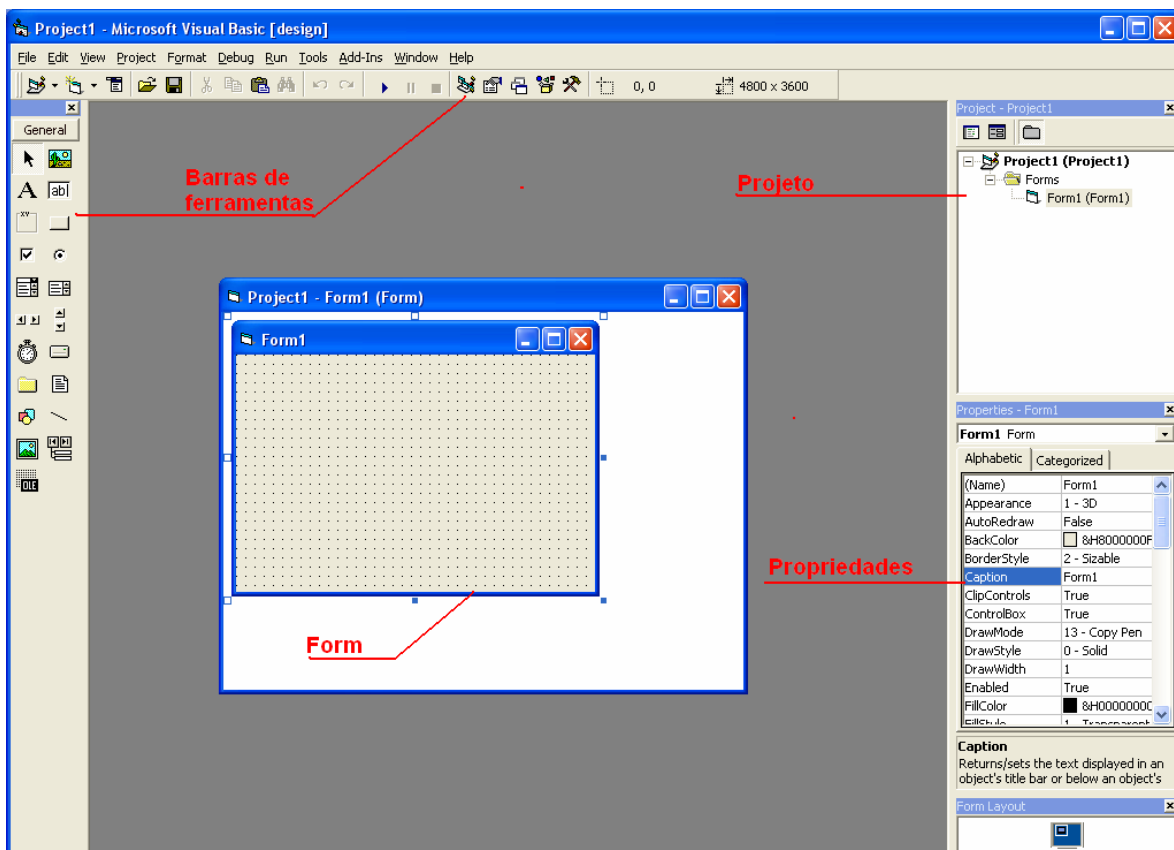


Figura 2-25 – Tela inicial do Visual Basic

**Form** - é a janela na qual se constrói a interface da aplicação do programa em desenvolvimento, é a principal área de trabalho. No *form* se adicionam controles, gráficos, figuras que definem a aparência final do programa.













**Projeto** – permite o acesso a todos os arquivos do projeto em questão, disponibilizando-os em uma visão estruturada em árvore.








**Propriedades** – apresenta as informações detalhadas do objeto selecionado.

**Barras de ferramentas** – oferecem botões que funcionam como atalhos para a execução de comandos e controle do ambiente de programação.













A seguir são apresentadas as funções dos comandos das barras de ferramentas.

***Barra de ferramentas Standard:***

-  Insere um projeto padrão;
-  Adiciona um novo formulário;
-  Mostra o menu Editor (editor de menus);
-  Abre um projeto existente;
-  Salva o projeto atual;
-  Corta uma área selecionada;
-  Copia um objeto selecionado;
-  Cola um objeto da área de transferência;
-  Localiza uma palavra no código;
-  Desfaz operações;
-  Refaz operações;
-  Executa aplicação;

-  Pausa na execução da aplicação;
-  Finaliza a execução da aplicação;
-  Mostra a Janela de Projetos;
-  Mostra a Janela de Propriedades;
-  Mostra a Caixa de Layout do formulário;
-  Mostra o *Object Browser*;
-  Mostra a Caixa de Controles.

### **Barra de ferramentas de controles:**

-  Ferramenta de seleção;
-  *PictureBox*: permite inserir imagens gráficas;
-  *Label*: permite inserir texto informativo ou explicativo;
-  *TextBox*: cria caixas de edição, na qual o usuário interage com o programa;
-  *Frame*: cria uma moldura que agrupa controles;
-  *CommandButton*: Insere um botão que permite adicionar comandos para interagir com o programa;
-  *CheckBox*: cria um botão de checagem;
-  *OptionButton*: cria um botão de opção. Podem-se adicionar outros botões de opção para permitir que o usuário escolha entre as várias opções adicionadas;
-  *ComboBox*: cria uma lista de itens em uma caixa combo;
-  *ListBox*: apresenta uma lista de itens em uma caixa de lista para que o usuário escolha um deles.
-  *HScrollBar*: insere uma barra de rolagem horizontal.
-  *VScrollBar*: usada para inserir uma barra de rolagem vertical.



*Timer*: temporizador para controlar eventos. Invisível durante a execução da aplicação.



*Drivelistbox*: apresenta uma lista de drives.



*Dirlistbox*: mostra uma lista de diretórios.



*Filelistbox*: usada para mostrar uma lista de arquivos.



*Shape*: permite desenhar algumas figuras geométricas.



*Line*: desenha linhas.



*Image*: usada para mostrar imagens bitmaps, ícones ou metafile.



*Data*: permite acessar dados em banco de dados.



*OLÉ*: permite ligar ou embutir objetos de outras aplicações.



## Capítulo 3 - Metodologia

---

Nesta dissertação de mestrado será apresentada uma metodologia de integração entre os softwares de planejamento e editoração gráfica. Além disso, será discutido sobre uma técnica de definição de tarefas adequadas ao planejamento 4D, bem como o desenvolvimento de metodologias para fazer-se a maquete eletrônica.

Pretende-se, para atingir os objetivos, fazer uma proposta de integração dos programas MS Project e AutoCAD, de forma que permita a realização do planejamento e a sua visualização automática em 3D, neste último software, segundo o respectivo cronograma da obra.

A escolha do software Ms Project, o qual foi desenvolvido pela Microsoft, deve-se ao fato de este ser um dos programas mais usados para se fazer o planejamento de obras de construção civil. Quanto à parte de visualização gráfica, o AutoCAD (desenvolvido pela AutoDesk) apresenta-se como o software com maior número de usuários. Além dos dois softwares, já citados, serem um dos mais usados nas

respectivas áreas, o outro motivo pelo qual esses foram usados na pesquisa foi devido a base de programação dos dois serem o Visual Basic. Desta forma pode-se usar esse último Software para fazer a integração entre os dois programas.

Será apresentado um exemplo de um planejamento 4D realizado em um edifício com doze andares tipo e um térreo. Esse estudo de caso será desenvolvido manualmente. Para tanto, o processo consiste basicamente em analisar o planejamento realizado no Ms Project e determinar quais as atividades foram concluídas e quais estão em andamento na data analisada. Em seguida, no AutoCAD, será ocultado as camadas correspondentes às atividades que não foram iniciadas na data em análise. As atividades que foram verificadas como atividade em execução, serão mostradas com cor vermelha. As tarefas concluídas serão representadas na sua cor respectiva cor.

Concluído a simulação manual do planejamento 4D, elaborou-se uma pesquisa bibliográfica pertinente ao tema. Através dessa foi possível fazer uma análise e apresentar a metodologia proposta no capítulo 5.

As fontes de pesquisas usadas durante o decorrer dos estudos são bibliografias nacionais e internacionais recomendadas pelos professores do programa. Quanto à parte de planejamento, explorou-se o máximo possível do sítio infohab; já para a parte de planejamento 4D, pesquisou-se às bibliografias internacionais e, principalmente, exploraram-se os artigos disponibilizados pela Universidade de Teesside.

No início da pesquisa foi feito um contato com o professor Nashwan Dawood, da Universidade de Teesside, buscando-se assim a sua orientação e sugestões referentes ao material a ser usado nesta pesquisa. Suas sugestões e recomendações foram seguidas ao longo de toda pesquisa.

Para se chegar aos resultados desta pesquisa de mestrado, adotou-se o método de pesquisa bibliográfica. Neste, são feitos estudos baseados na literatura existente sobre o assunto e, a partir destes, são extraídas as soluções para os problemas em estudos.

Na pesquisa se faz necessário o uso de um computador com os softwares Ms Project, AutoCAD e o Visual Basic, além de outros aplicativos auxiliares.

A figura 3.1 apresenta o fluxograma da metodologia adotada nessa pesquisa.

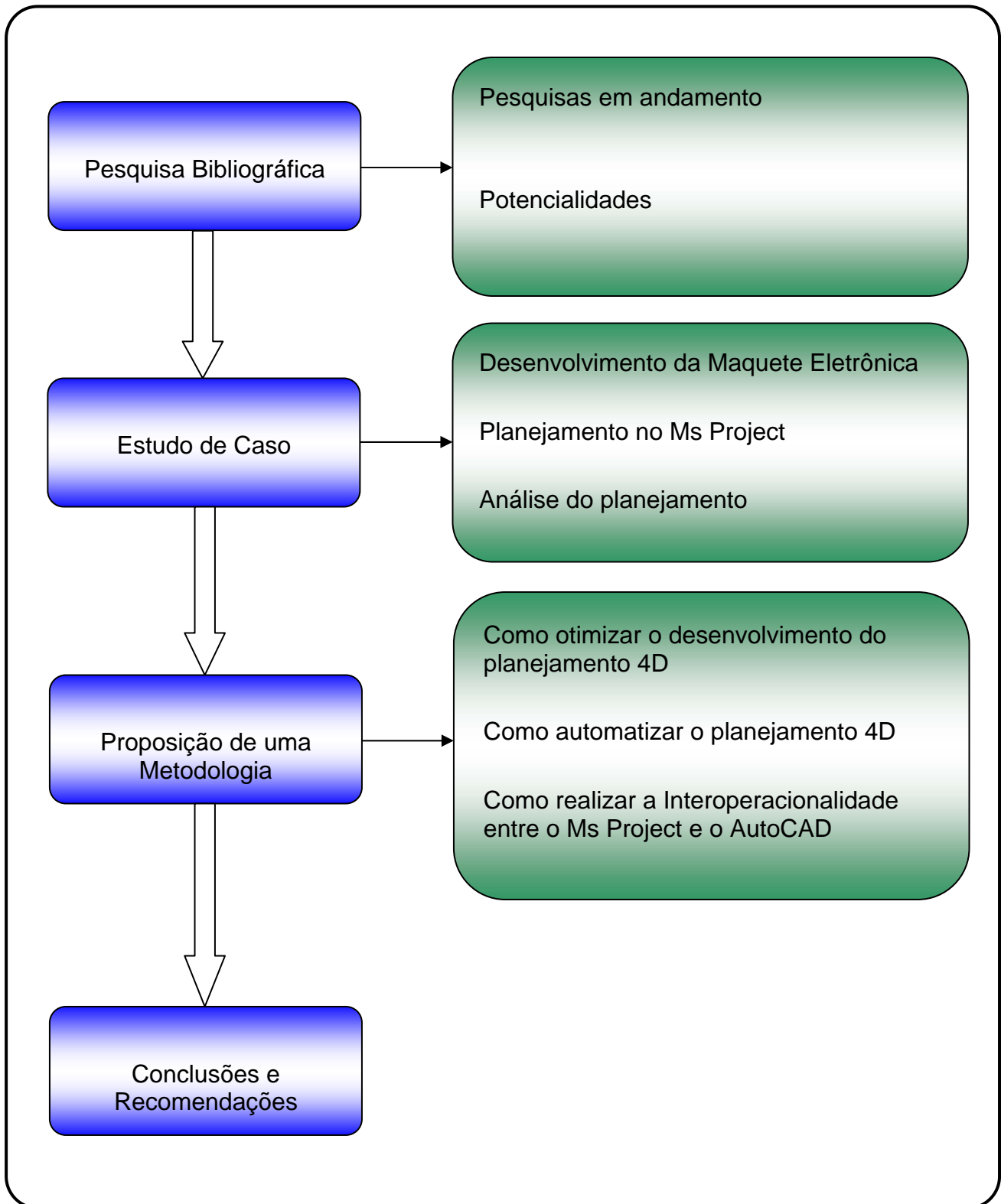


Figura 3-1 – Fluxograma da metodologia

## **Capítulo 4 - Estudo de caso**

---

### **4.1 Introdução**

Neste capítulo será apresentada uma simulação do planejamento 4D de um edifício com doze andares tipo e um térreo. O processo de desenvolvimento do planejamento 4D, que será ilustrado, é realizado manualmente.

O principal objetivo deste tópico é mostrar a importância de desenvolver uma metodologia para possibilitar novos avanços na integração de um software de planejamento com um de visualização gráfica, bem como aplicações do modelo 4D.

## **4.2 Apresentação da obra**

O edifício em estudo possui um total de doze andares tipo, um térreo e uma caixa de água sobre a cobertura.

O pavimento térreo é formado por três lojas comerciais, sendo estas uma padaria, um salão de beleza e uma lanchonete. A área total deste andar é de 165,78 m<sup>2</sup>. Na figura 4.1 é apresentada uma ilustração da planta baixa deste pavimento.

Nas áreas laterais ao prédio será feita uma calçada para permitir o acesso de veículos por todos os lados do edifício.

O pavimento tipo possui três apartamentos, sendo dois com um quarto e um com dois quartos. Todos os apartamentos possuem um banheiro, uma área de serviço e uma sacada. A área total deste andar é de 172,42 m<sup>2</sup>. A figura 4.2 apresenta a planta baixa deste pavimento.

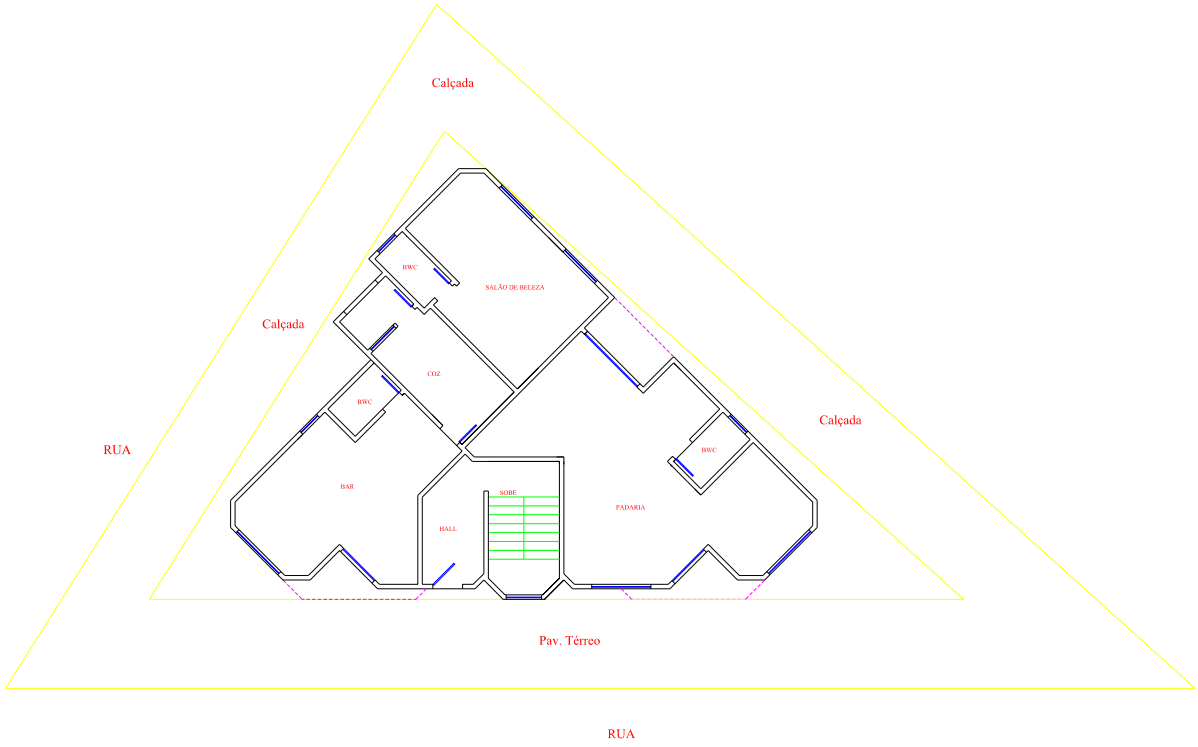


Figura 4-1 – Planta baixa do pavimento térreo.

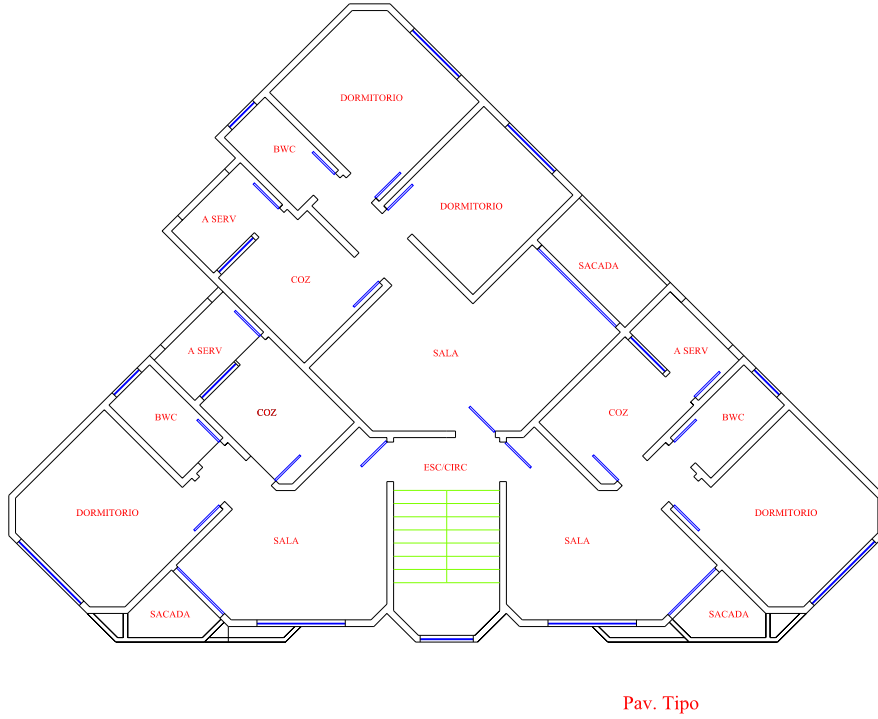


Figura 4-2 – Planta baixa do pavimento tipo

O projeto, inicialmente, foi desenvolvido para ser construído com quatro andares. No entanto, aproveitou-se o mesmo para fazer-se o planejamento 4D, pois era o único disponível em 3D, sendo necessário somente o acréscimo de alguns andares. Por esse motivo, este prédio não possui elevador.

A partir do projeto arquitetônico desenvolveu-se a maquete eletrônica do edifício (veja-se figura 4.3). Durante a confecção do modelo virtual tomou-se o cuidado de usar layers (camadas) diferentes para cada pavimento. Isto é, o andar térreo possui uma layer para a alvenaria, assim como o pavimento 1 tem uma layer própria para a alvenaria do seu andar, e os demais andares também têm uma layer específica para alvenaria dos respectivos andares. Esse procedimento fora adotado para qualquer outro tipo de material/atividade do edifício.

Foram criadas layers diferentes para cada atividade e andares, devido à necessidade de visualizar somente as atividades em andamento, bem como as quais já foram concluídas.

No desenvolvimento da maquete eletrônica, além da criação dos detalhes externos do projeto arquitetônico, confeccionaram-se também os itens que não aparecem após a conclusão da obra. Um grande exemplo disso são os detalhes do projeto estrutural (vigas, pilares e lajes), sendo que estes só podem ser vistos durante a construção.



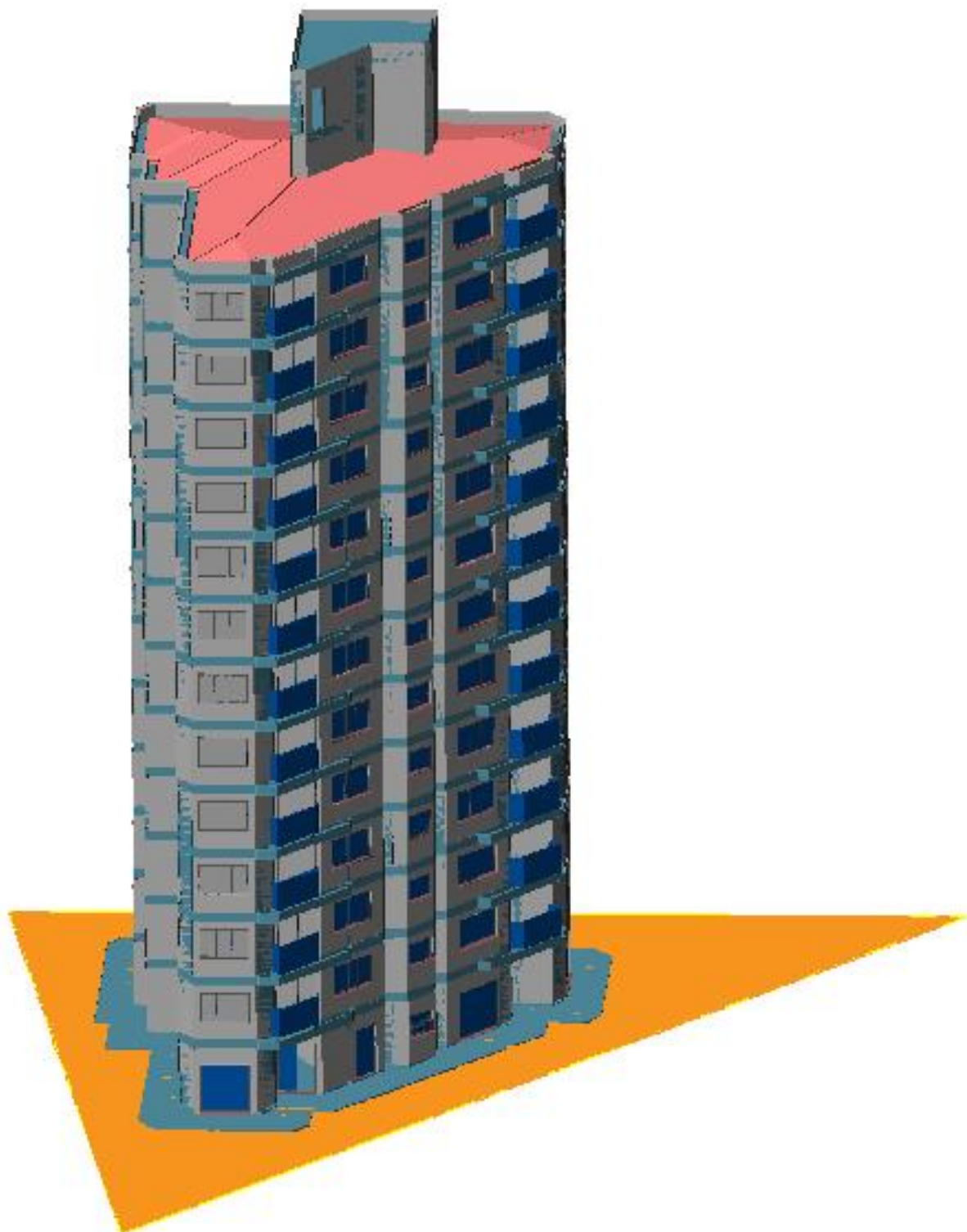


Figura 4-3 – Perspectiva eletrônica do edifício

### 4.3 Planejamento da Obra

A estrutura do planejamento da obra foi realizada segundo a metodologia apresentada por Knolseisen (2003), que compatibiliza o orçamento com o planejamento. No item 2.7 – *Planejamento integrado ao orçamento*, é apresentada uma descrição detalhada deste modelo de planejamento.

As durações das atividades foram estimadas através de uma média das durações das atividades realizadas pelas empresas de Florianópolis. Como o objetivo da pesquisa de mestrado é a apresentação das potencialidades do planejamento 4D, não se fez uma análise criteriosa das respectivas durações.

Na figura 4.4, está a ilustração de uma parte do planejamento realizado no MS Project.

As atividades no planejamento foram ilustradas com uma fonte na cor azul, e os resumos das tarefas, em verde, vermelho e preto para facilitar a interpretação do planejamento, sendo que o vermelho envolve o verde e o preto abrange o vermelho. Na figura 4.4, o colorido deixa mais clara a ordem dos agrupamentos.

As atividades recorrentes, como, por exemplo, *mat. de cons.* (Materiais de consumo), também foram representadas no cronograma da obra. Isso serve para mostrar que, ao fazer-se o planejamento, as tarefas que não são representáveis

na simulação virtual também devem estar presentes na programação das atividades.

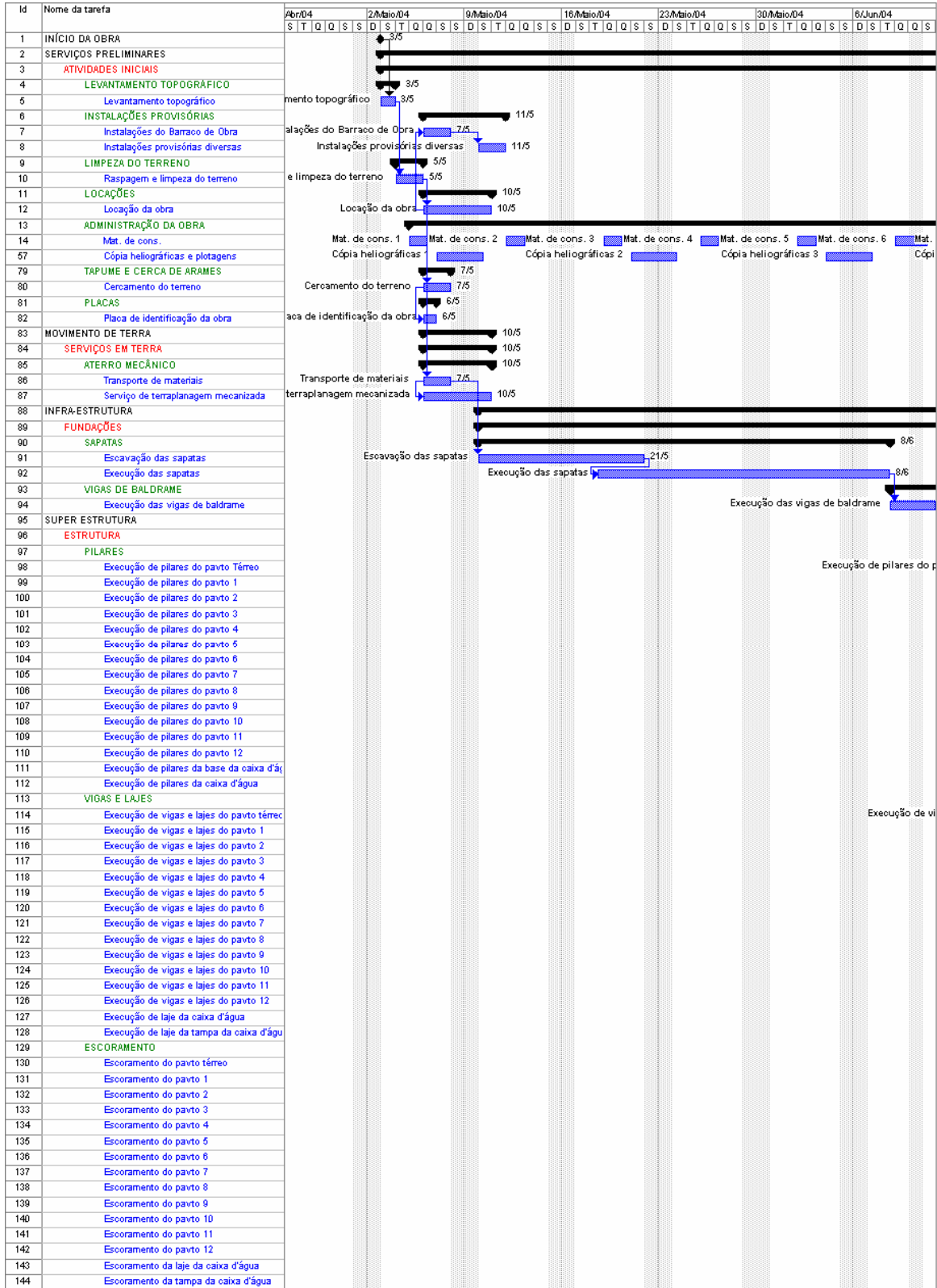


Figura 4-4 – Planejamento do início da obra (data de início 03/05/2004)

O responsável pelo planejamento, quando visar à confecção do planejamento 4D, pode planejar segundo qualquer tipo de ferramenta de programação. Para ilustrar esta asserção, além do gráfico de Gantt, desenvolveu-se o planejamento segundo a técnica da linha de balanço (veja-se figura 4.5).

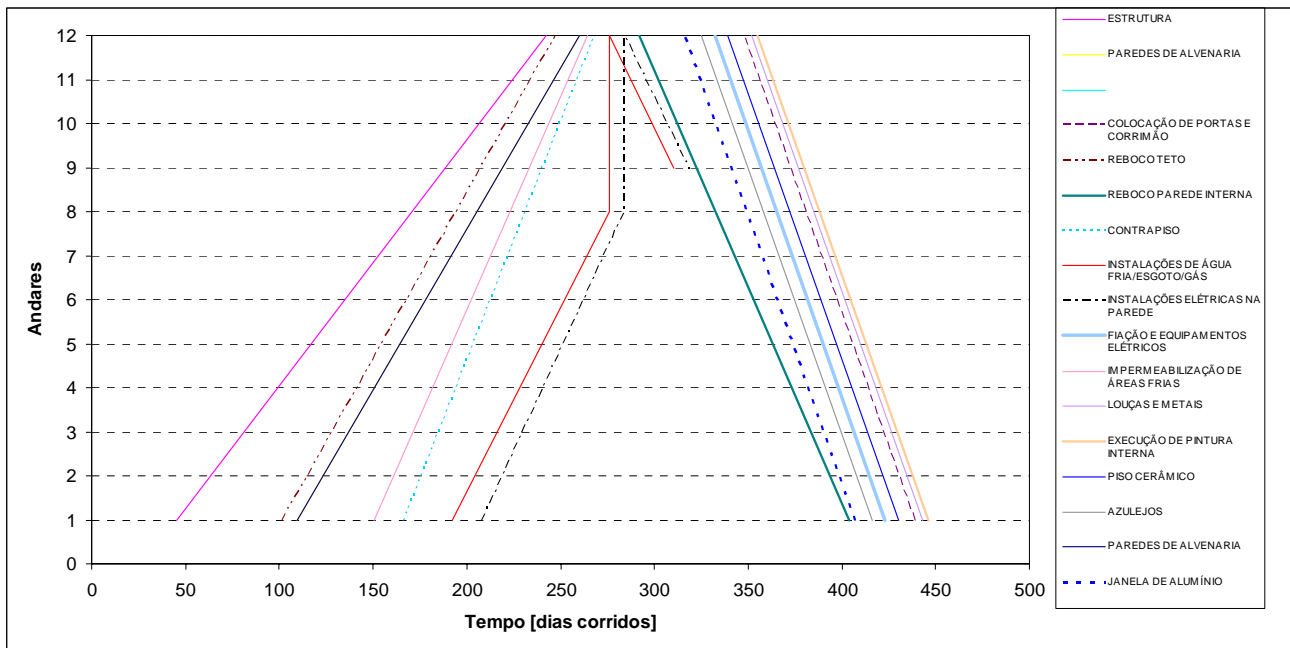


Figura 4-5 – Linha de balanço do edifício.

Para a confecção da linha de balanço adotou-se o dia corrido e não foi considerado período de folga para férias. Na necessidade de se levar em consideração as férias, basta definir uma data na linha de balanço e prolongar a linha no sentido horizontal por todo o período considerado de férias, ou seja, a linha de balanço fará um patamar e, no retorno das férias, a linha prosseguirá o andamento anterior.

## 4.4 Planejamento 4D

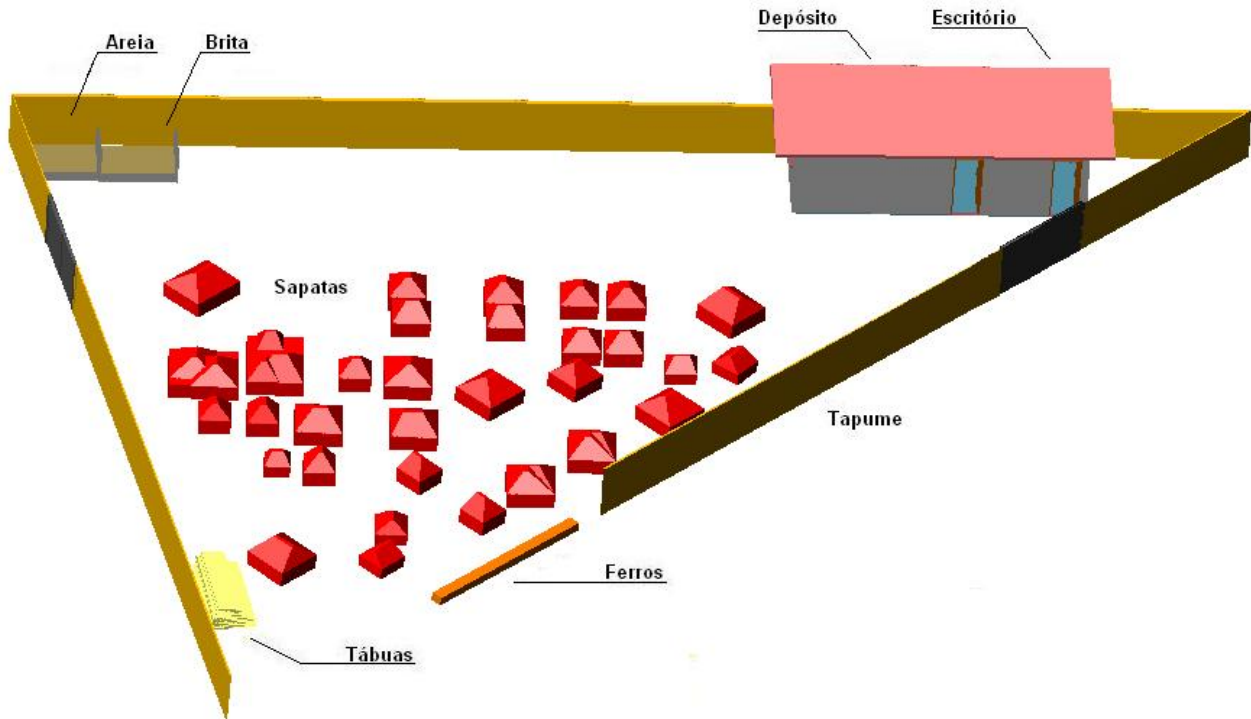
Conforme apresentado no capítulo 3, o planejamento 4D consiste basicamente em visualizar o andamento de uma obra num programa de visualização gráfica segundo um cronograma. Para tanto, é necessário fazer-se todo o planejamento e em seguida serem mostradas somente as atividades concluídas e as em andamento.

O planejamento 4D apresenta também o uso do espaço do canteiro de obras. Para tanto, é necessário, durante a confecção da maquete eletrônica, a criação dos itens que não aparecem no cronograma de obra, mas que são importantes para a análise do uso do canteiro ao longo de toda a construção.

Uma vez concluída a maquete eletrônica e o planejamento da obra, pode-se iniciar a confecção do planejamento 4D. Para isso, o primeiro passo é analisar-se o planejamento realizado e verificarem-se quais atividades foram concluídas e quais estão em andamento para a data em análise. Concluída a análise do diagrama de Gantt, verificaram-se as atividades concluídas e estas foram ocultadas no programa de editoração gráfica. As atividades em andamento foram representadas na cor vermelha. As tarefas concluídas foram ilustradas nas suas respectivas cores.

Para a primeira ilustração, será apresentado o planejamento 4D para o primeiro mês de andamento da obra.

Analisando-se a figura 4.4 pode-se perceber que os serviços preliminares foram concluídos e as sapatas estão praticamente prontas, faltando somente mais uma semana de atividade. A figura 4.6 apresenta uma visualização do planejamento 4D para os trinta primeiros dias de andamento da obra.



**Figura 4-6 – Visualização da obra no primeiro mês de construção**

Conforme pode ser visualizado na figura 4.6, os serviços preliminares, como, por exemplo, tapume, escritório e depósito, já foram concluídos. Parte do tapume frontal não foi representada para permitir a visualização dos ferros e de todas as sapatas. As atividades representadas na cor vermelha nesta figura indicam que elas estão em andamento. Nesse caso tem-se a representação das sapatas em

execução, visto que o planejamento ilustrado na figura 4.4 indica que para o primeiro mês de atividade da obra somente esta atividade está em andamento.

Outro fator importante a ser considerado é o fato de restar somente mais uma semana de atividade e, mesmo assim, na figura 4.6 todas as sapatas estão representadas como em andamento. Isso se deve ao nível de planejamento desejado. No presente caso, considerou-se a atividade sapatas como uma única atividade e, conforme já discutido, para cada tarefa é criado uma layer que associa todas as entidades que a compõem.

Dessa forma, criou-se uma layer e foram associadas todas as sapatas a essa layer. Como o modelo adotado de visualizar as atividades em andamento é através do uso da cor vermelha à layer, logo todas as sapatas foram representadas nesta cor.

Caso o objetivo do planejamento chegue a um nível maior de detalhamento e mostre especificamente as sapatas concluídas, as em andamento e as serem executadas, será necessário detalhar-se mais o planejamento. Para tanto, pode-se dividir a tarefa *Execução das sapatas* em subtarefas, sendo que esta representa uma sapata ou um grupo de sapatas.

A figura 4.7 apresenta o diagrama de Gantt do primeiro mês da obra, considerando as subtarefas da atividade *Escavação das sapatas* e *Execução das sapatas*, sendo que as duas tarefas citadas foram divididas em sete grupos para facilitar a explanação.



Dessa forma, analisando-se o cronograma apresentado na figura 4.7, percebe-se que quatro grupos de sapatas foram concluídos, dois estão em execução e um está iniciando. Com isso se pode chegar à visualização do planejamento 4D apresentado na figura 4.8.

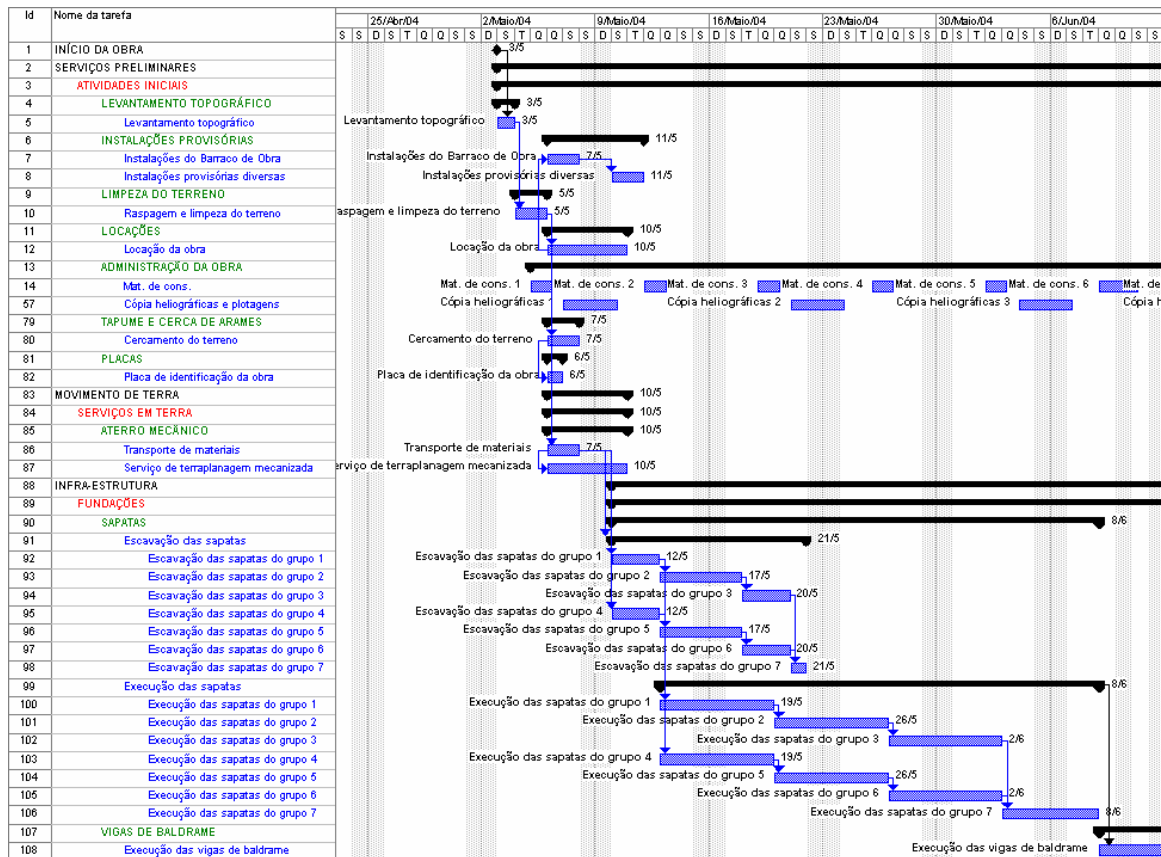
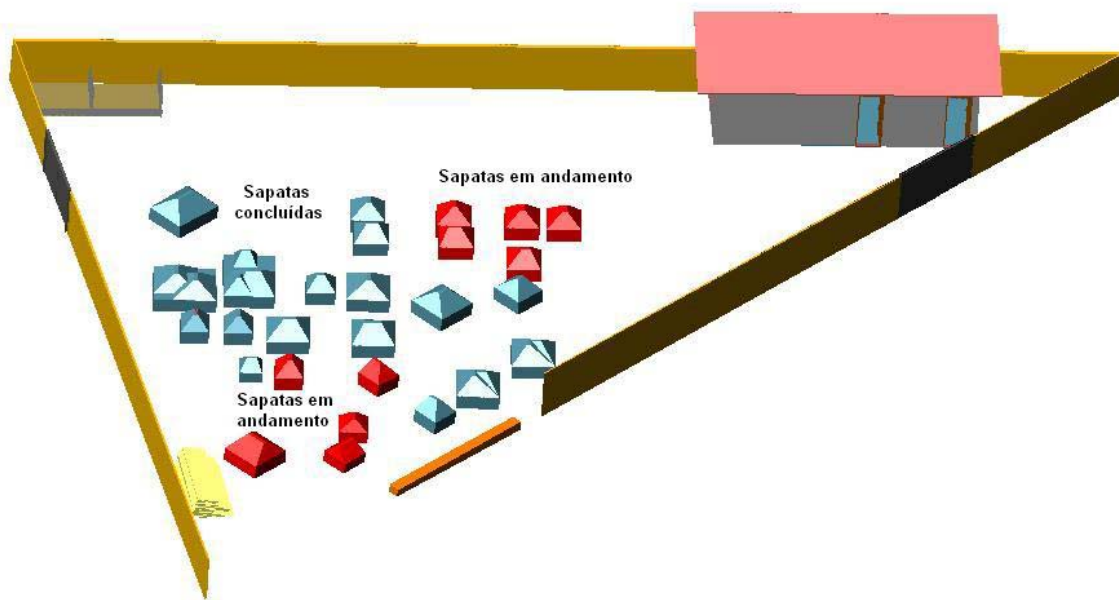


Figura 4-7 – Cronograma do andamento da obra para o primeiro mês, considerando-se as subtarefas da *Escavação das sapatas* e da *Execução das sapatas*.



**Figura 4-8 – Visualização da obra no primeiro mês de construção, considerando-se as subtarefas da *Escavação das sapatas* e da *Execução das sapatas*.**

Fazendo-se o planejamento mais detalhado, podem-se ver claramente quais sapatas estão em execução e quais ainda precisam ser feitas.

Será apresentada uma série de figuras da obra para determinados períodos de execução, para demonstrar mais claramente o funcionamento do planejamento 4D.

Inicia-se com a figura 4.9, a qual apresenta o edifício em estudo após os três meses de atividades no canteiro. Para se chegar a esse quadro é necessária uma análise atenta do planejamento (figura 4.10) e a verificação de quais atividades serão concluídas até o fim do terceiro mês (31/07). Além disso, também se precisam obter informações sobre as tarefas que estão sendo desenvolvidas durante o período analisado.

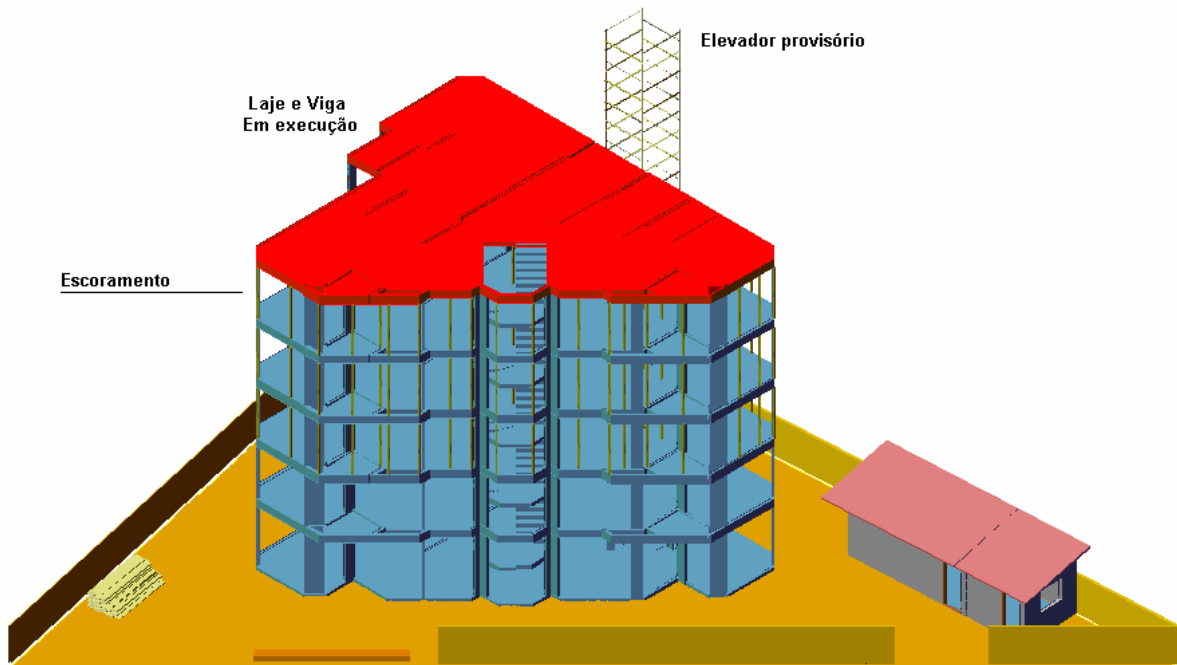


Figura 4-9 – Visualização da obra no terceiro mês de construção.

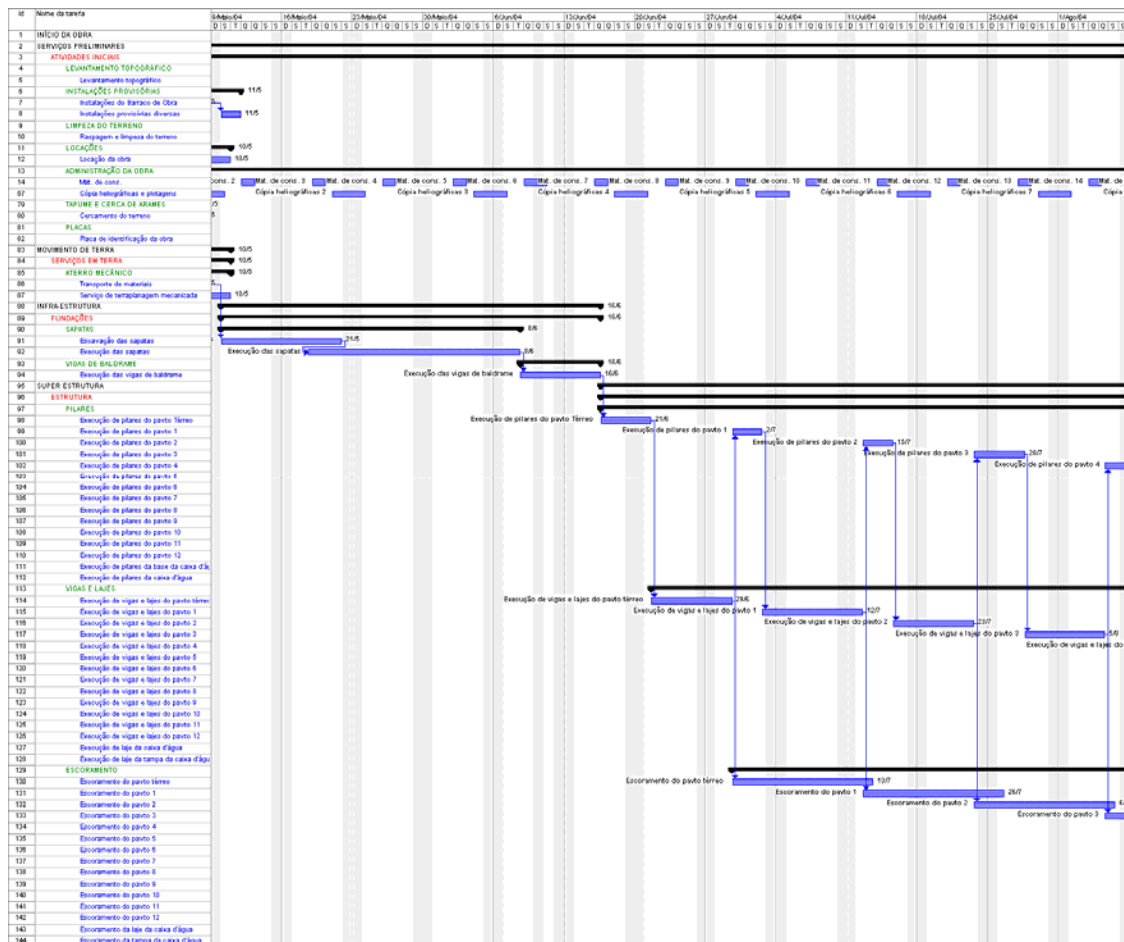


Figura 4-10 – Cronograma do andamento da obra para o terceiro mês de andamento da obra.

Conforme se pode verificar no cronograma de obra para o terceiro mês de atividade (figura 4.10), tem-se a estrutura concluída até os pilares do quarto pavimento, sendo que as vigas e lajes do mesmo pavimento estão em execução.

Na visualização do planejamento 4D, figura 4.9, além do detalhamento do escoramento, é possível visualizar-se o elevador provisório. Nesse caso, esta atividade não consta no cronograma da obra, isso porque, na metodologia apresentada por Knolseisen (2003), o planejamento da obra não chega nesse

nível de detalhamento, mas isso pode ser perfeitamente adicionado e visualizado no planejamento 4D.

A figura 4.11 apresenta o diagrama de Gantt para o quinto mês de andamento da obra. Como o número de atividade em execução é maior que a apresentada no terceiro mês de atividade, tem-se que o cronograma da obra passa a possuir uma dimensão relativamente superior ao último apresentado.

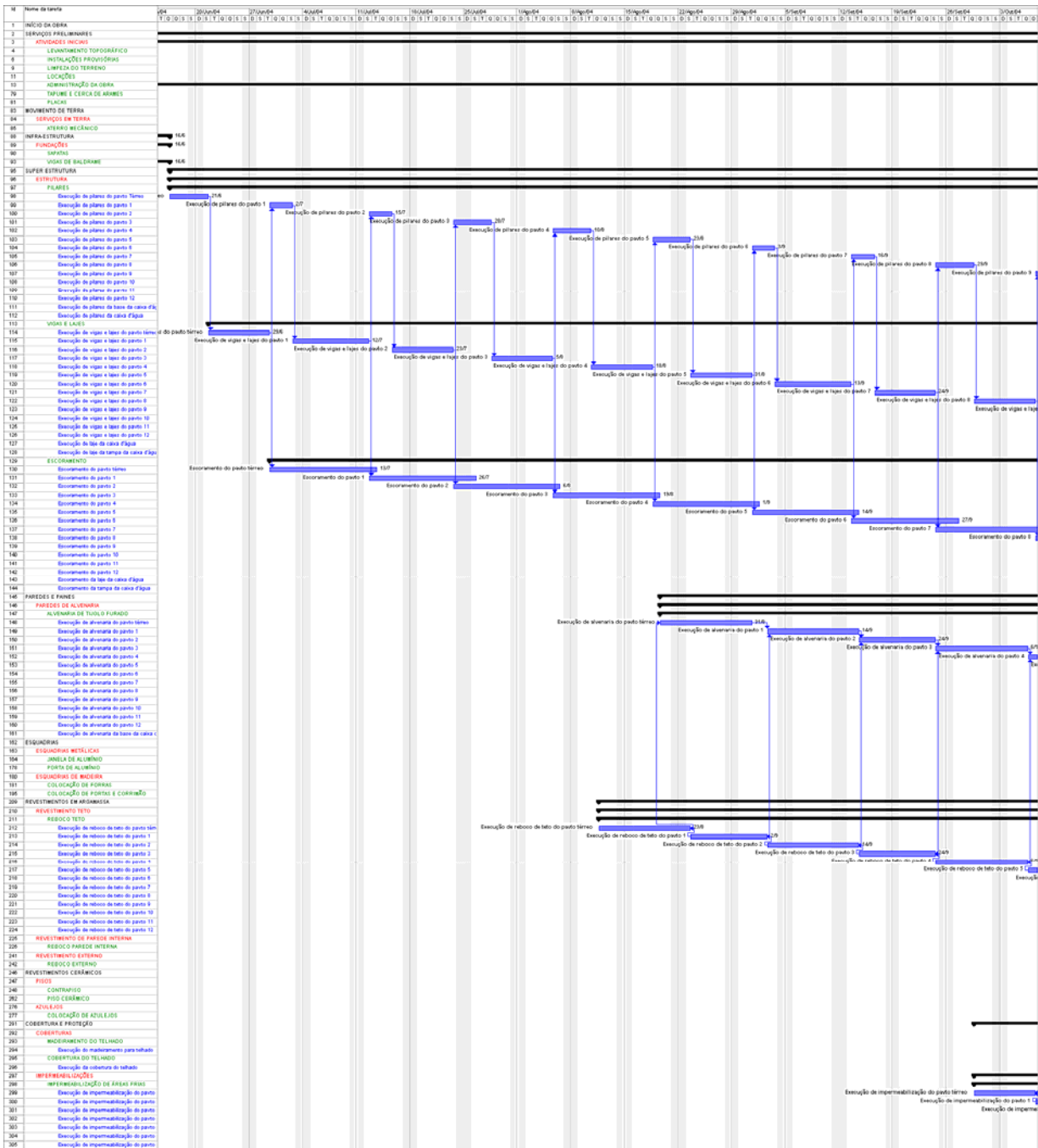
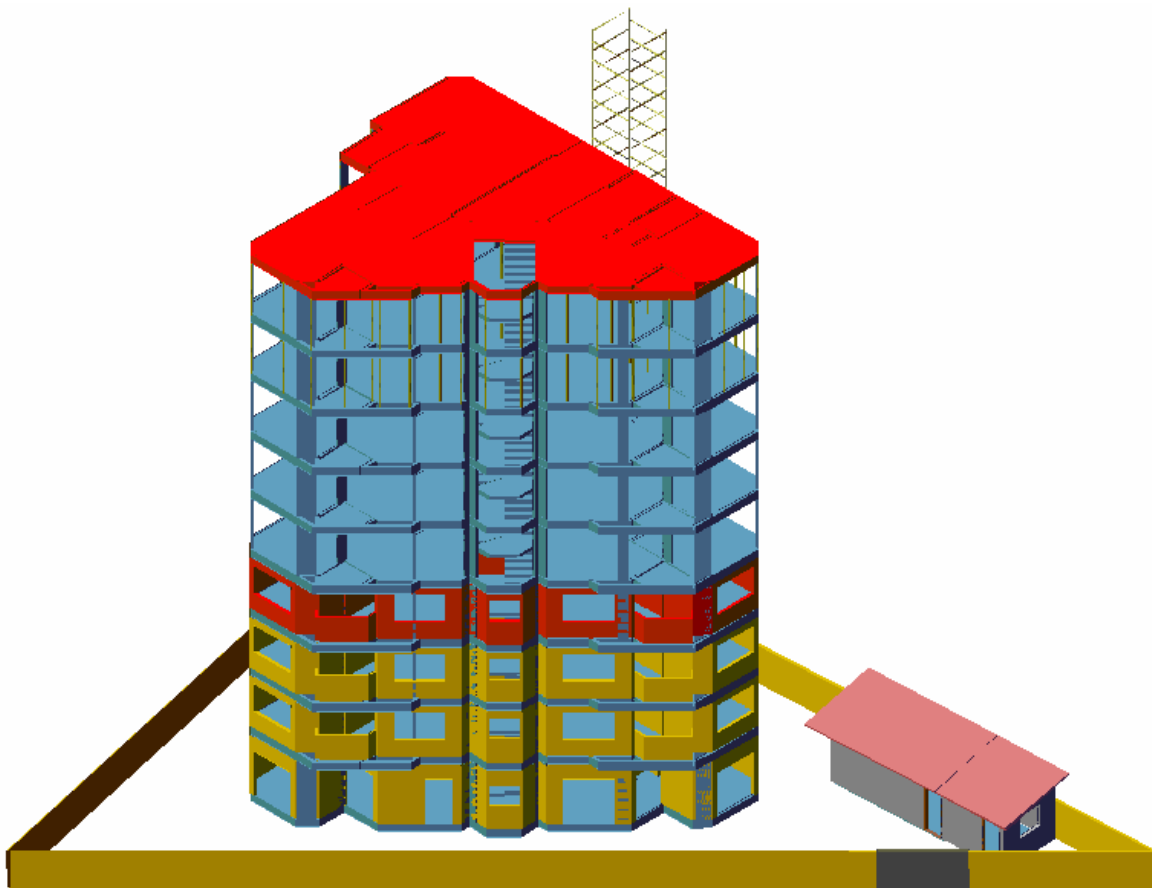


Figura 4-11 – Cronograma do andamento da obra para o quinto mês de andamento da obra.

Devido à dimensão do diagrama de gantt do quinto mês de execução, fica mais difícil a visualização das atividades em andamento, bem como as concluídas. Fazendo-se uma análise minuciosa, chega-se à visualização do planejamento 4D apresentado na figura 4.12.

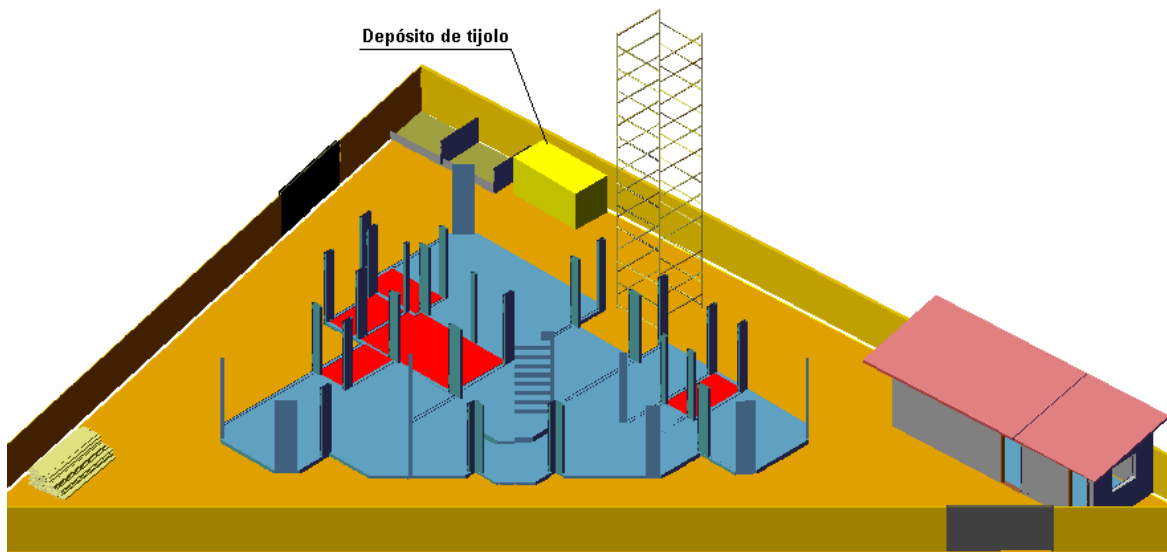


**Figura 4-12 – Visualização da obra no quinto mês de construção.**

Analisando-se a ilustração do planejamento 4D apresentada na figura 4.2, percebe-se claramente que as alvenarias dos pavimentos térreo e tipo 1 e 2 já

estão concluídas. Além disso, a alvenaria do pavimento tipo 3, a laje e viga do teto do pavimento tipo 8 estão em andamento.

Além das atividades em andamento apresentadas na figura 4.12, há mais duas que estão em execução, mas que não podem ser visualizadas na ilustração apresentada. Estas tarefas são: *Execução de reboco de teto do pav. 4* e *Execução de impermeabilização do pav. térreo*. Elas não são visíveis na visualização apresentada porque são atividades executadas no interior do edifício. Logo, para visualizá-las é necessário que seja visto por dentro do edifício. A figura 4.13 apresenta a ilustração da visualização do planejamento 4D para a atividade de *Execução de impermeabilização do pav. térreo*.



**Figura 4-13 – Visualização da obra no quinto mês de construção, detalhe de impermeabilização.**



Para se chegar à visualização apresentada na figura 4.13 é necessário somente ocultação das layers das atividades que ficam nos níveis acima. Se desejar, pode-se usar o comando *Camera* e visualizar por dentro dos ambientes sem ter de ocultar layers.

A impermeabilização é uma atividade que fica abaixo da camada de proteção mecânica, do contrapiso e do piso cerâmico. Por isso, ela não é representada nas maquetes eletrônicas. Sendo assim, pode-se aproveitar a representação do piso cerâmico para representar a impermeabilização. Para tanto, se faz uma cópia do desenho do piso cerâmico logo abaixo dele e se transfere o desenho para a layer que representa a atividade.

O mesmo procedimento pode ser adotado para o reboco do teto, sendo que, neste caso, pode-se copiar o forro ou, no caso de não haver forro, pode-se copiar o próprio piso cerâmico.

A figura 4.14 apresenta o diagrama de Gantt da obra para o sétimo mês de execução. Pode-se perceber que fica cada vez mais difícil de verificarem-se as atividades em andamento, bem como as concluídas. Como não é possível representar-se numa única figura de tamanho A4 o cronograma de Gantt completo do sétimo mês de execução da obra, este pode ser visualizado no anexo I.

A visualização do planejamento 4D para o sétimo mês de atividade da obra é apresentada na figura 4.15. Nessa imagem pode-se ver que a alvenaria do térreo ao oitavo andar tipo está concluída e a estrutura está com todas as lajes dos

pavimentos prontas, restando somente a parte referente à caixa d'água. No entanto, na ilustração do planejamento 4D apresentado, só se podem observar três atividades em andamento (escoramento, alvenaria e laje/viga), o que vai de encontro ao apresentado no diagrama de Gantt da figura 4.14 e no anexo I, nos quais, fazendo-se uma análise minuciosa, chega-se a oito atividades em andamento.

A discrepância apresentada entre o planejamento 4D e o diagrama de Gantt ocorre devido às tarefas estarem sendo executadas no interior do edifício, e como a visualização usada é uma visão externa, só são representadas as tarefas que estão sendo executadas externamente. Logo, para a visualização das demais atividades em andamento, pode-se repetir o procedimento usado na visualização da *Execução de impermeabilização do pavto térreo*.

Uma forma prática de visualizar as atividades em andamento no interior do edifício é mostrando somente as tarefas em andamento, deixando-se, portanto, de exibir as concluídas. Na figura 4.16, há uma ilustração do planejamento 4D para o sétimo mês de atividade da obra, porém exibindo somente as tarefas em execução.

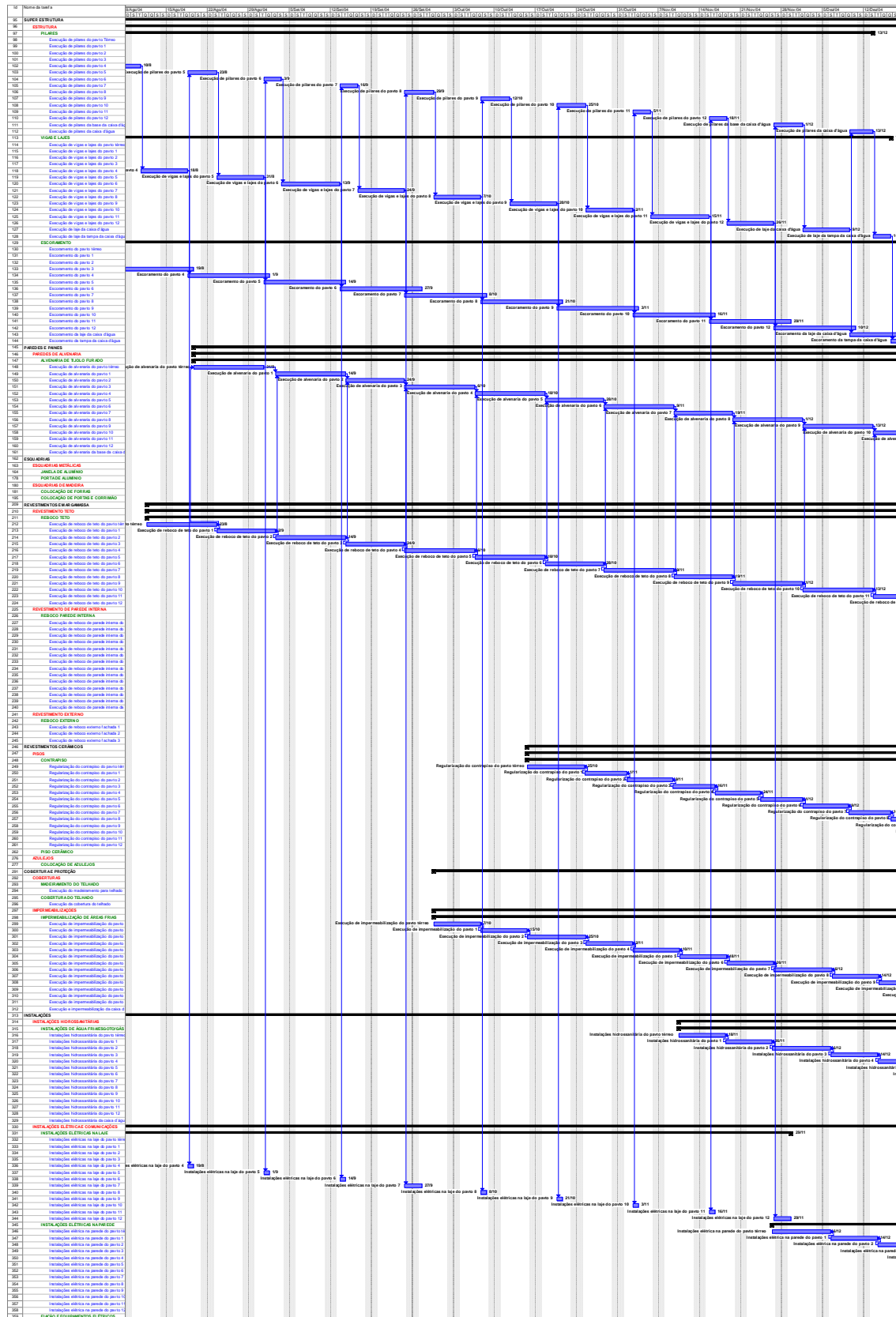


Figura 4-14 – Cronograma do andamento da obra para o sétimo mês de andamento da obra.

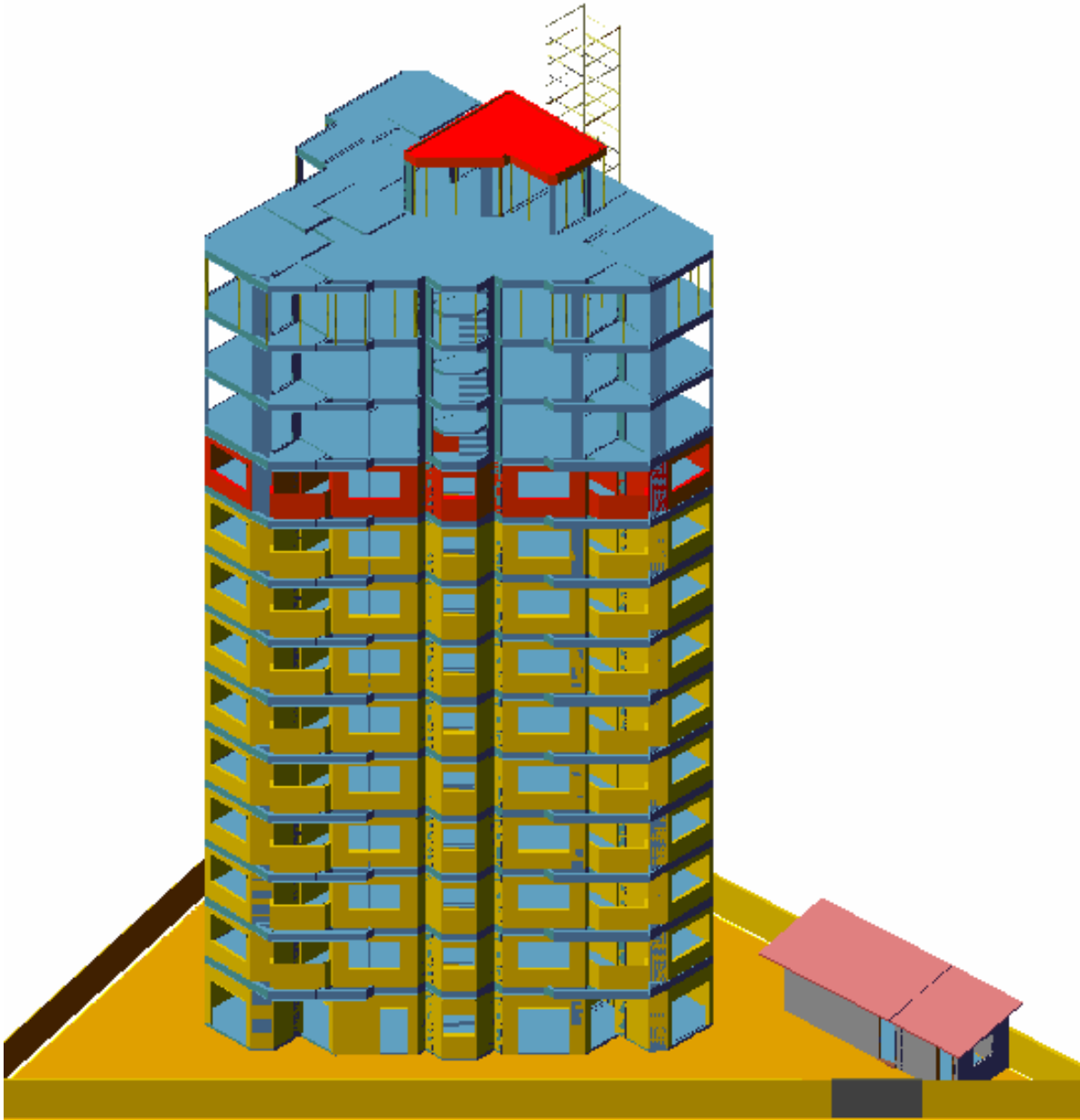
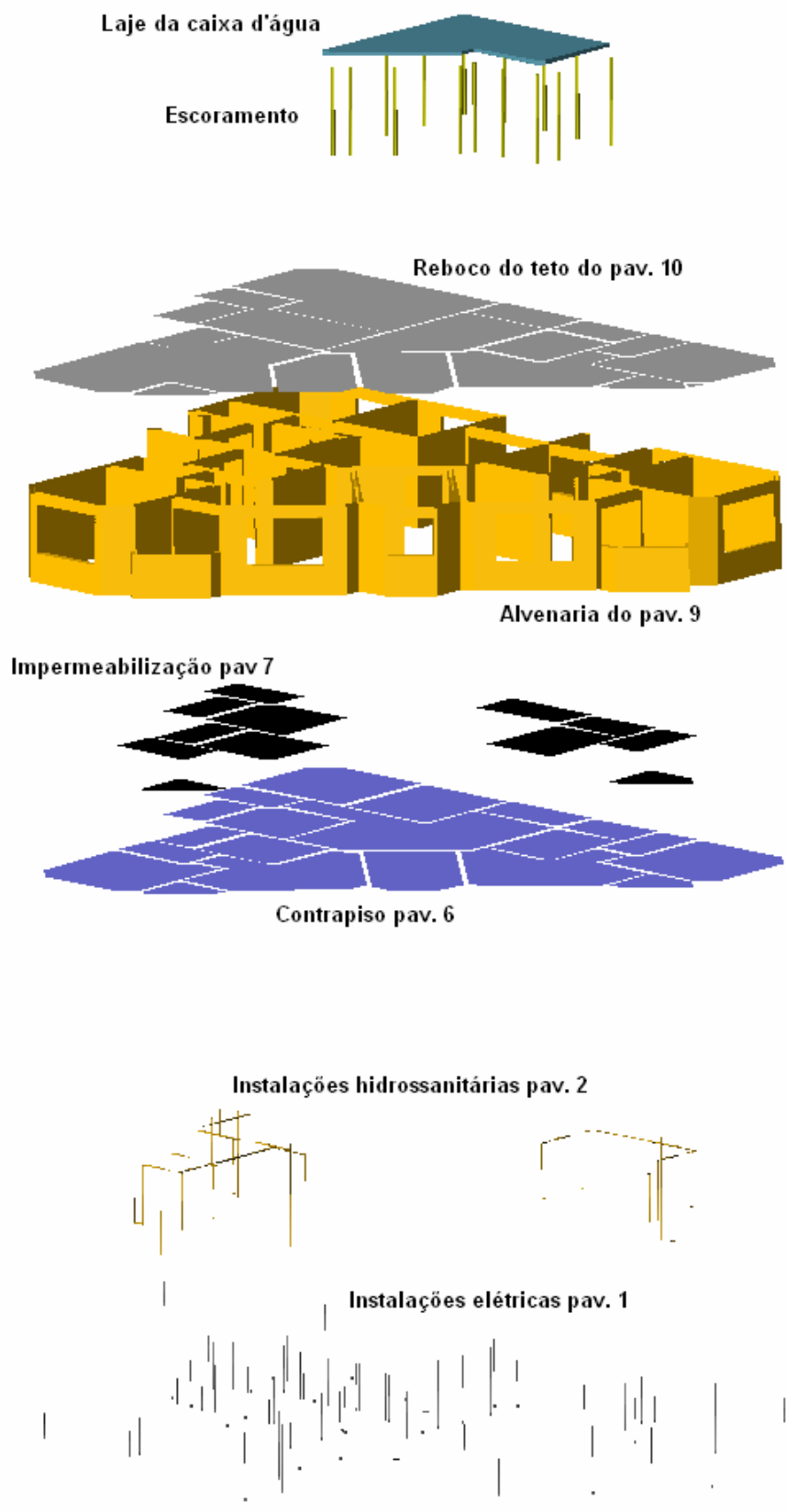


Figura 4-15 – Visualização da obra no sétimo mês de construção.



**Figura 4-16 – Visualização das atividades em andamento no sétimo mês de construção.** Na figura 4.16 pode-se ver claramente as atividades em andamento. Neste caso optou-se pela não representação das atividades em andamento na cor vermelha, a qual foi adotada como padrão, para facilitar a visualização das mesmas.

Quando se olha para as tarefas representadas na figura 4.16 não se podem identificar diretamente os andares das respectivas representações. No entanto, ao selecionar uma tarefa, o programa automaticamente mostra o nome da layer à qual a atividade está associada. Além disso, depois de concluir-se a integração entre os softwares de planejamento e visualização gráfica, o sistema poderá, ao selecionar a atividade, indicar também todas as propriedades referentes ao planejamento (como, por exemplo: nome da tarefa, duração, data de início e término) da respectiva tarefa (veja-se item 2.3.2.2).

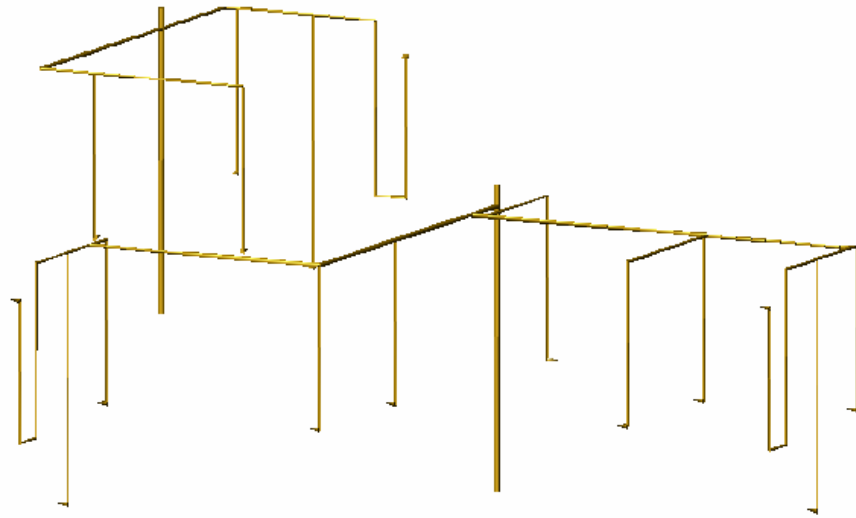
O ponto de visualização das atividades em qualquer momento pode ser alterado. O usuário pode aproximar, bem como alterar, o ângulo de visão da atividade desejada. A figura 4.17 apresenta pontos de visões diferentes para a atividade de instalações hidráulicas.

A visualização A da figura 4.17 apresenta uma visão geral das instalações hidráulicas do primeiro pavimento. Já a visualização B mostra de um ponto mais próximo às instalações de uma prumada de água fria.

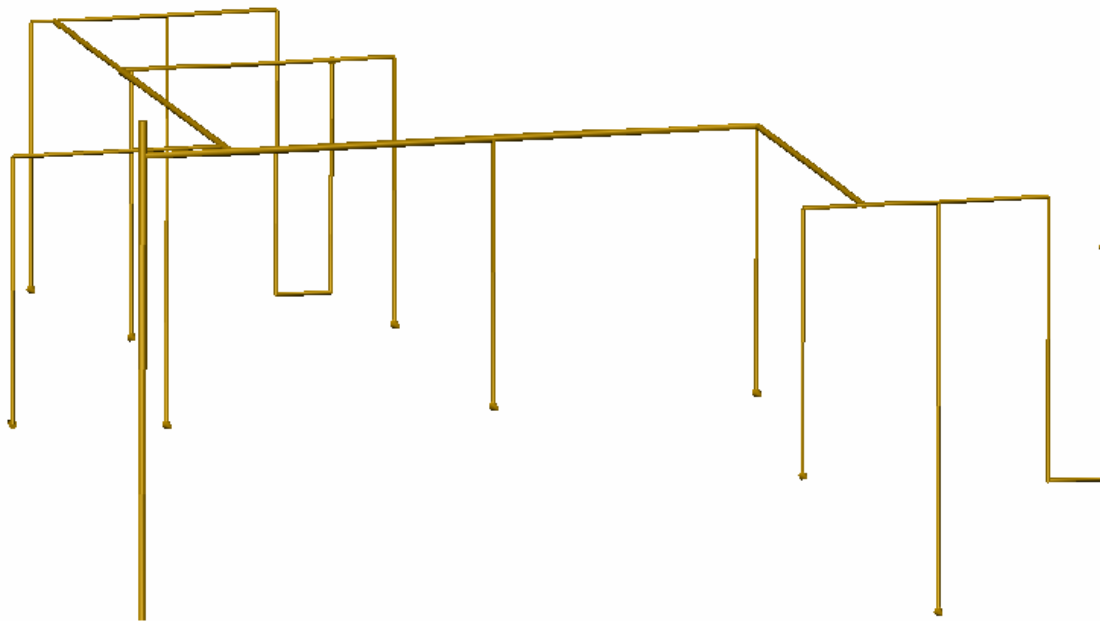
Dessa forma, pode-se proceder e fazer o restante do planejamento 4D da obra.

O procedimento manual adotado nesta simulação do planejamento 4D apresenta muita dificuldade e pouca produtividade. Assim, inviabiliza o uso da visualização 4D no planejamento da obra. Por isso é de extrema importância que se faça a comunicação entre os softwares de planejamento e de visualização gráfica, como o MS Project e AutoCAD, respectivamente.

No Brasil não há nenhum programa que faça a comunicação entre os dois softwares (Ms Project e o AutoCAD), de modo que o processo de visualização 4D seja automático. Por isso se pretende com esta pesquisa de dissertação elaborar uma metodologia para implementação de um programa que resolva este problema de integração.



Visualização A



Visualização B

Figura 4-17 – Visualizações da atividade de instalações hidráulicas.



# **Capítulo 5 - Resultado do Estudo: proposição de uma metodologia**

---

## **5.1 Introdução**

Este capítulo apresenta a metodologia proposta para desenvolver um software que auxilie na confecção do planejamento 4D.

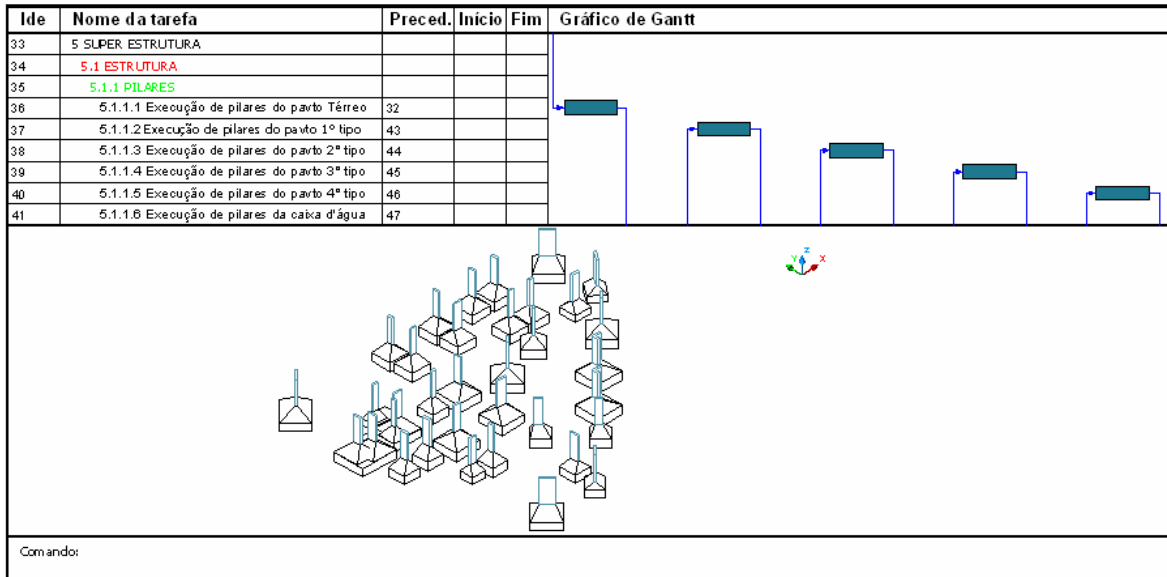
Em resumo, a metodologia consiste basicamente em integrar um programa de planejamento com um de editoração gráfica, a fim de se poder associar um objeto gráfico com a sua respectiva atividade no planejamento.

## **5.2 Integração entre os softwares**

Conforme foi apresentado no estudo de caso para desenvolver o planejamento 4D, foi necessário, primeiramente, confeccionar-se todo o projeto virtual do empreendimento, depois se fazer o planejamento e, por último, fazer-se o planejamento 4D de forma manual.

Para facilitar o desenvolvimento do programa de planejamento 4D, bem como o seu uso, uma solução seria integrar o software de planejamento desejado pelo usuário com o programa de editoração gráfica. Esta integração deverá ser feita de forma a permitir que os objetos gráficos sejam reconhecidos pelo programa de planejamento, bem como as atividades criadas, e todas as suas informações também sejam identificadas pelo editor gráfico.

Na figura 5.1 é apresentada uma esquematização do modelo de integração dos softwares sugeridos.



**Figura 5-1 – Visualização da integração entre os softwares de planejamento e gráfico.**

Conforme pode ser observado na figura 5.1, a integração entre os softwares deve ser feita de forma a permitir que o usuário visualize as atividades criadas no programa de planejamento e o diagrama de Gantt, bem como os objetos que compõem as atividades no programa de visualização gráfica.

Deste modo, durante o planejamento 4D será possível ter-se uma visão mais clara da forma como está sendo conduzido o planejamento.

### 5.3 Edição de atividades

Com a integração entre os softwares de planejamento e edição gráfica concluída, pode-se iniciar o planejamento das atividades. Para isso, a integração deverá permitir que o usuário crie uma atividade no planejamento e, em seguida, especifique quais objetos compõem esta tarefa no programa de visualização gráfica. Com isso, será possível fazer-se a associação entre uma atividade no programa de planejamento e os objetos selecionados no programa gráfico.

Nos casos dos trabalhos que não são representados graficamente, como, por exemplo, limpeza do terreno, remoção de terras e outros, ao criar-se uma nova atividade, o programa deverá ter a opção de o usuário não anexar nenhum objeto gráfico à tarefa criada. Dessa forma se poderá proceder com todas as atividades do planejamento.

Conforme apresentado no item 2.7 - *Planejamento integrado ao orçamento*, Knolseisen, em 2003, apresentou um plano de contas para fazer a integração entre o planejamento e o orçamento. Para que em estudos futuros seja possível uma integração entre o planejamento 4D e o orçamento, será adotada a mesma estrutura apresentada por Knolseisen na definição das atividades.

Quando o usuário selecionar os objetos gráficos para anexá-los às atividades, o programa criará uma *layer* (camada) para os objetos selecionados. Esta *layer* será criada com as mesmas propriedades do primeiro objeto selecionado e o nome

dela obedecerá à mesma estrutura dos nomes das atividades: os primeiros caracteres serão representados pelos números da estrutura de agrupamentos de atividades usadas no planejamento e os demais serão formados pelo próprio nome da atividade. A figura 5.2 ilustra como deverão ser formados os nomes das *layers*.

Ide	Nome da tarefa	Preced.	Início	Fim
33	5 SUPER ESTRUTURA			
34	5.1 ESTRUTURA			
35	5.1.1 PILARES			
36	5.1.1.1 Execução de pilares do pavto Térreo	32		
37	5.1.1.2 Execução de pilares do pavto 1º tipo	43		
38	5.1.1.3 Execução de pilares do pavto 2º tipo	44		
39	5.1.1.4 Execução de pilares do pavto 3º tipo	45		
40	5.1.1.5 Execução de pilares do pavto 4º tipo	46		
41	5.1.1.6 Execução de pilares da caixa d'água	47		

**Nome da Layer:** 5.1.1.3 Execução de pilares do pavto 2º tipo

**Figura 5-2 – Estrutura dos nomes das *layers*.**

Esta estrutura de criar os nomes das *layers* é muito importante, porque permite facilmente reconhecer os níveis das atividades, bem como os componentes que compõem o grupo. Por exemplo, no caso ilustrado na figura 5.2, tem-se que a *layer* 5.1.1.3 Execução de pilares do pavto 2.º tipo possui nível 4 e forma o grupo de atividades 5.1.1 PILARES, juntamente com todas as demais tarefas cujas *layers* possuem iniciais 5.1.1.x. O x representa os números inteiros dos nomes dos *layers*.

A figura 5.3 apresenta o fluxograma da rotina que deverá ser desenvolvida no programa de planejamento 4D para a edição de atividades.

Conforme apresentado na figura 5.3, a estrutura do programa de planejamento deverá permitir que o usuário acesse um comando para criar uma nova tarefa (Nova Tarefa), de forma que automaticamente seja perguntado o nome da atividade criada (nome da tarefa). Em seguida, a rotina deverá solicitar que sejam selecionados os objetos que compõem a atividade. No próximo passo o programa deverá verificar se foi selecionado algum objeto. Caso não tenha sido (se não), a rotina deverá ser encerrada, visto que não há necessidade de criar uma layer. Caso tenha sido selecionado objeto, o programa criará uma layer (Criar layer) com o nome da atividade criada.

Depois de criada a layer, a rotina deverá verificar a cor do primeiro (Cor do 1.º objeto) objeto selecionado; em seguida, deverá definir a cor da layer criada igual à cor do primeiro objeto selecionado (Definir cor da layer). O próximo passo da rotina será transferir os objetos selecionados para a layer criada (Transferir objetos p/ layer).

Antes de encerrar o comando *Nova Tarefa*, a rotina deverá definir a cor dos objetos como cor por camada (Cor objetos por camadas), ou seja, a cor será alterada conforme a cor da layer. Além disso, deverá ativar a layer (Ativar a layer inicial) que estava em uso antes do uso do comando *Nova Tarefa*.

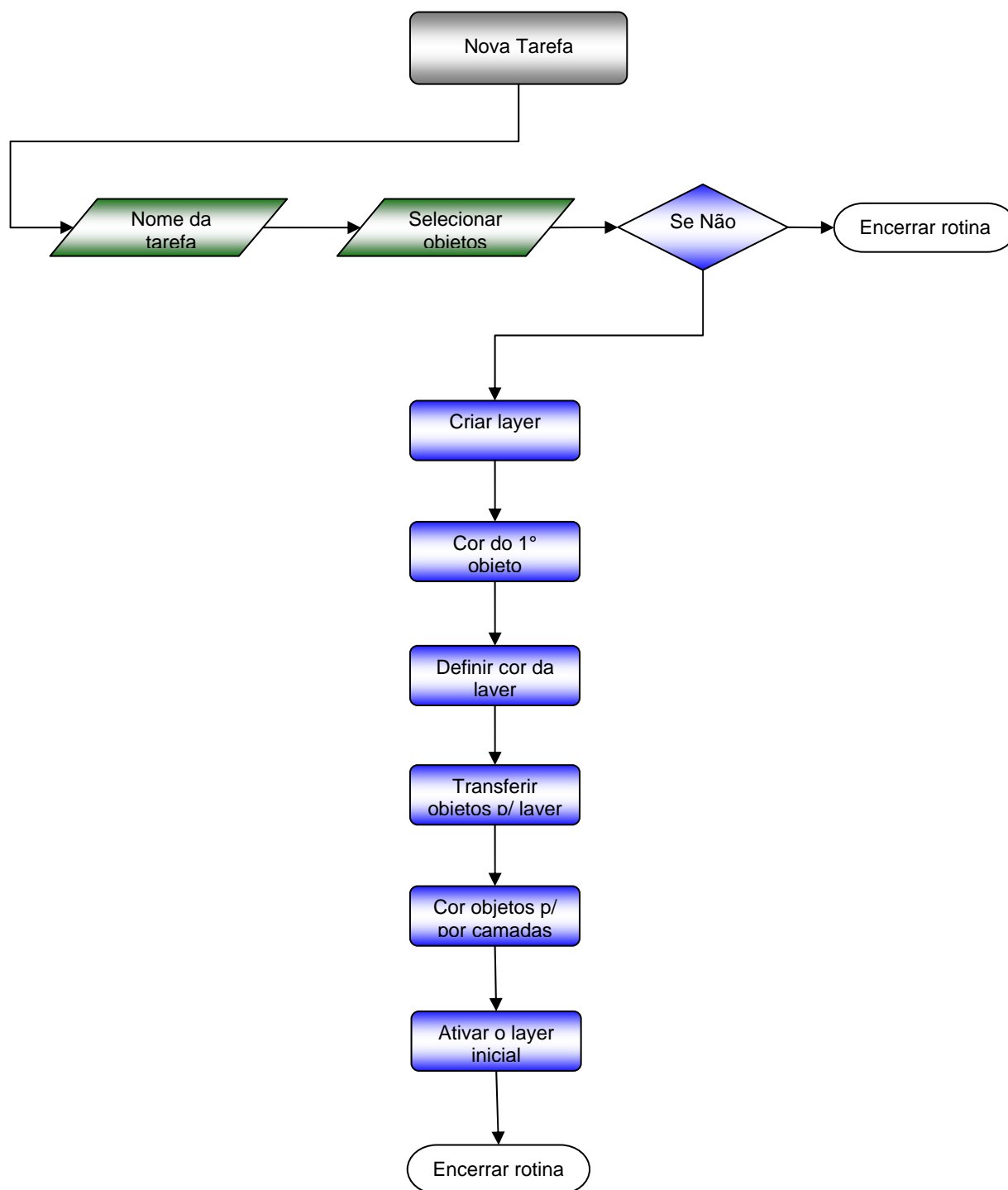
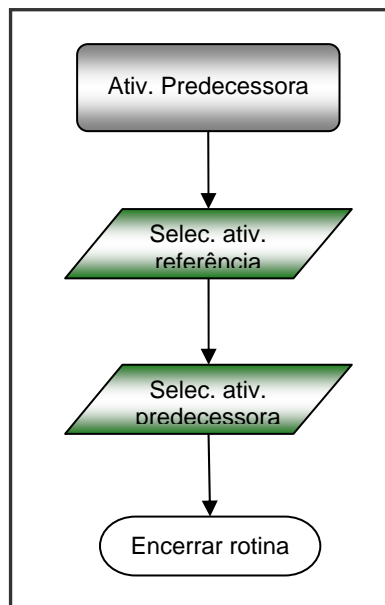


Figura 5-3 – Fluxograma da edição das atividades

## 5.4 Predecessora e sucessora

No processo tradicional de planejamento, a especificação da predecessora é especificada diretamente no programa de planejamento. Através do programa de planejamento 4D será possível especificar a predecessora de uma atividade selecionando a tarefa na maquete eletrônica.

A figura 5.4 apresenta o fluxograma da rotina que deverá ser criada para a definição da predecessora.



**Figura 5-4 – Fluxograma da edição de predecessora**

Conforme ilustrado na figura 5.4, a rotina para especificar a predecessora deverá permitir que o usuário selecione (Selecionar ativ. referência) a atividade de



referência. Esta atividade será usada para especificar a atividade que a precede, a predecessora. Após selecionar uma atividade, o programa pede para selecionar as tarefas que serão a sua predecessora. Neste caso deverá ser possível selecionar uma ou mais atividades. Concluída a seleção, a rotina é encerrada.

## **5.5 Duração das atividades**

A quantificação da duração das atividades poderá ser integrada ao sistema de planejamento 4D, visto que, com a maquete eletrônica desenvolvida num programa de editoração gráfica, é possível a determinação das grandezas de cada atividade inserida no projeto.

Além disso, com as quantidades das tarefas determinadas será possível usar-se um coeficiente de produtividade e a quantidade de equipes desejada para estimar a duração da atividade usando a quantidade de serviço a ser executada estimada do projeto.

Para tanto é necessário a criação de uma ferramenta que quantifique as atividades e insira o resultado num banco de dados do programa de planejamento. De posse dessa informação, a mesma função usaria este dado e verificaria a

quantidade de equipe desejada pelo usuário e, através da produtividade da equipe, determinaria a duração da atividade.

Além disso, a ferramenta deverá permitir que o usuário entre diretamente com a duração da atividade, visto que há atividades que não são possíveis de serem quantificadas, como, por exemplo, passagem de fios, limpeza, entre outras.

O fluxograma apresentado na figura 5.5 mostra como deverá ser a rotina que permitirá o cálculo da duração da atividade.

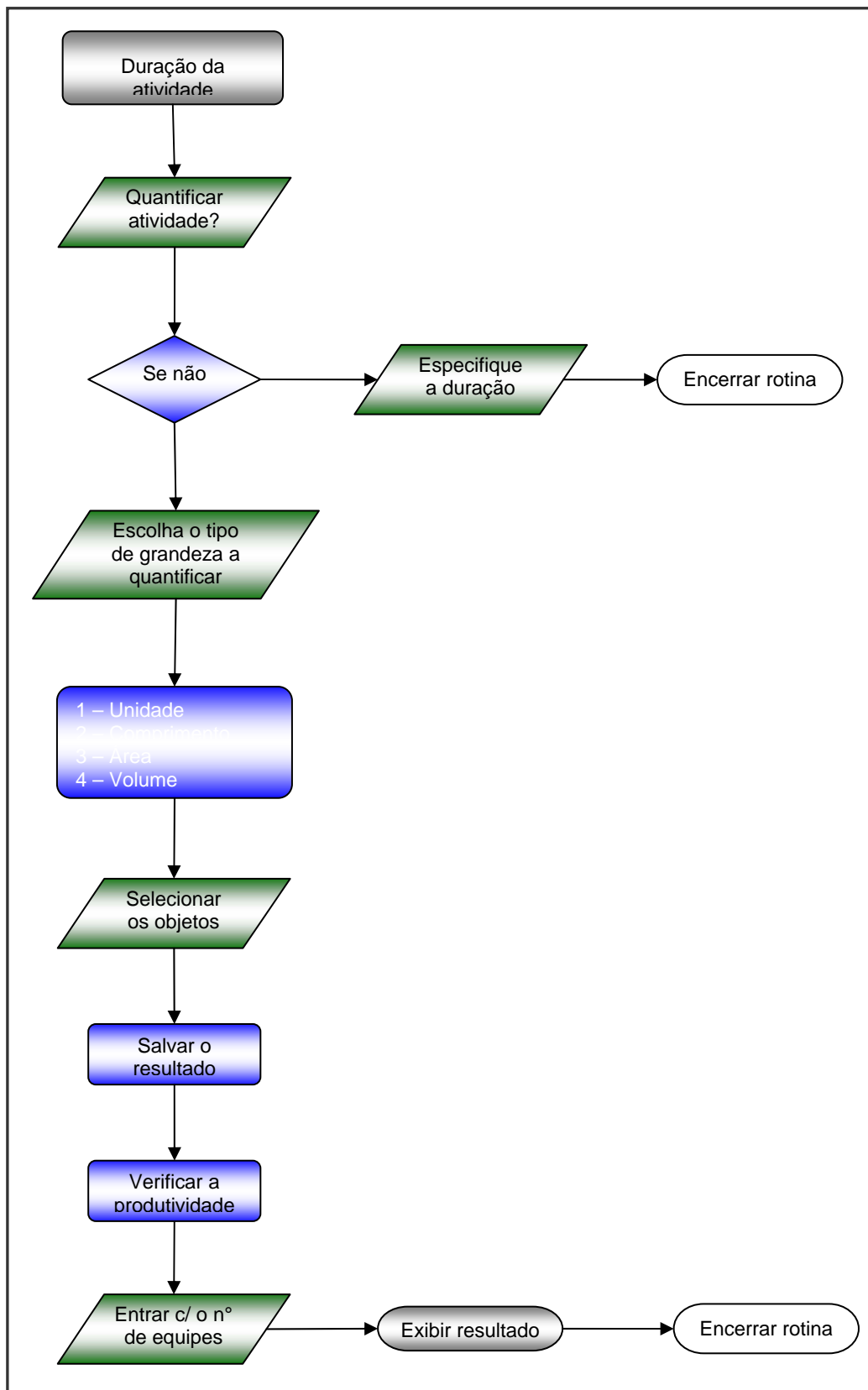


Figura 5-5 – Fluxograma determinação da duração da atividade

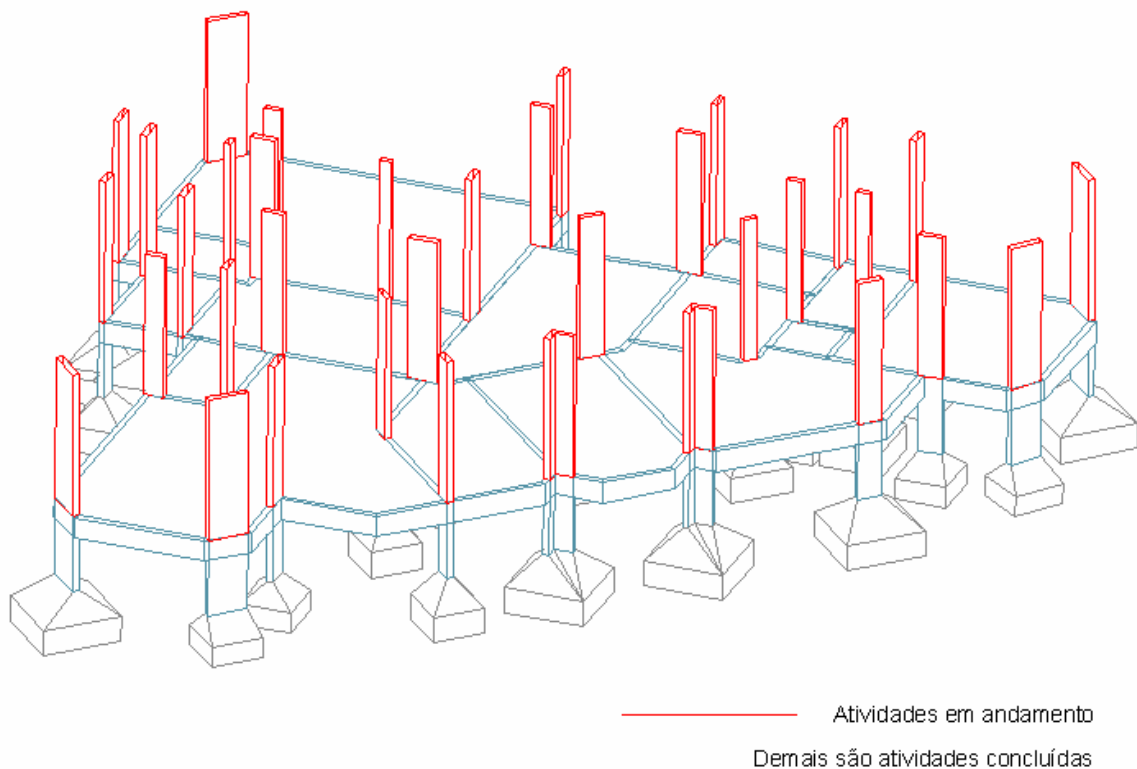
Desta forma, conforme apresentado na figura 5.5, a rotina para determinação da duração da atividade deverá questionar se o usuário deseja quantificar a atividade ou entrar com a informação da duração diretamente. Caso a resposta seja não, o programa solicitará a duração da atividade. Para a resposta positiva, a rotina solicitará que seja especificado o tipo de grandeza a quantificar. Em função da escolha, o programa determinará o tipo de ferramenta a ser usada para a determinação da grandeza da atividade. Em seguida, a rotina pedirá que sejam selecionados os objetos que formam a atividade. Concluída a seleção, automaticamente o programa armazena o resultado num banco de dados e solicita o número de equipes que será usado. Por fim, o resultado é armazenado e exibido no programa de planejamento.

## **5.6 Visualização 4D**

Através do uso de uma *layer* para cada atividade, o programa de planejamento 4D conseguirá facilmente apresentar as tarefas trabalhadas no momento analisado, bem como mostrar as concluídas. Para tanto, o programa verificará no planejamento quais atividades foram concluídas até a data analisada e tornará estas *layers* visíveis, bem como as que estiverem em andamento.

Além disso, será possível a exibição, com cores diferenciadas, das tarefas em andamento. Para tanto, será necessário somente alterar as cores das camadas que representam as atividades em andamento e defini-las com a cor padrão adotada para representar essa situação. Conforme visto no estudo de caso, a cor vermelha é a adotada para representar as tarefas em andamento.

A figura 5.6 ilustra como deverão ser exibidas as atividades concluídas e as em andamento.

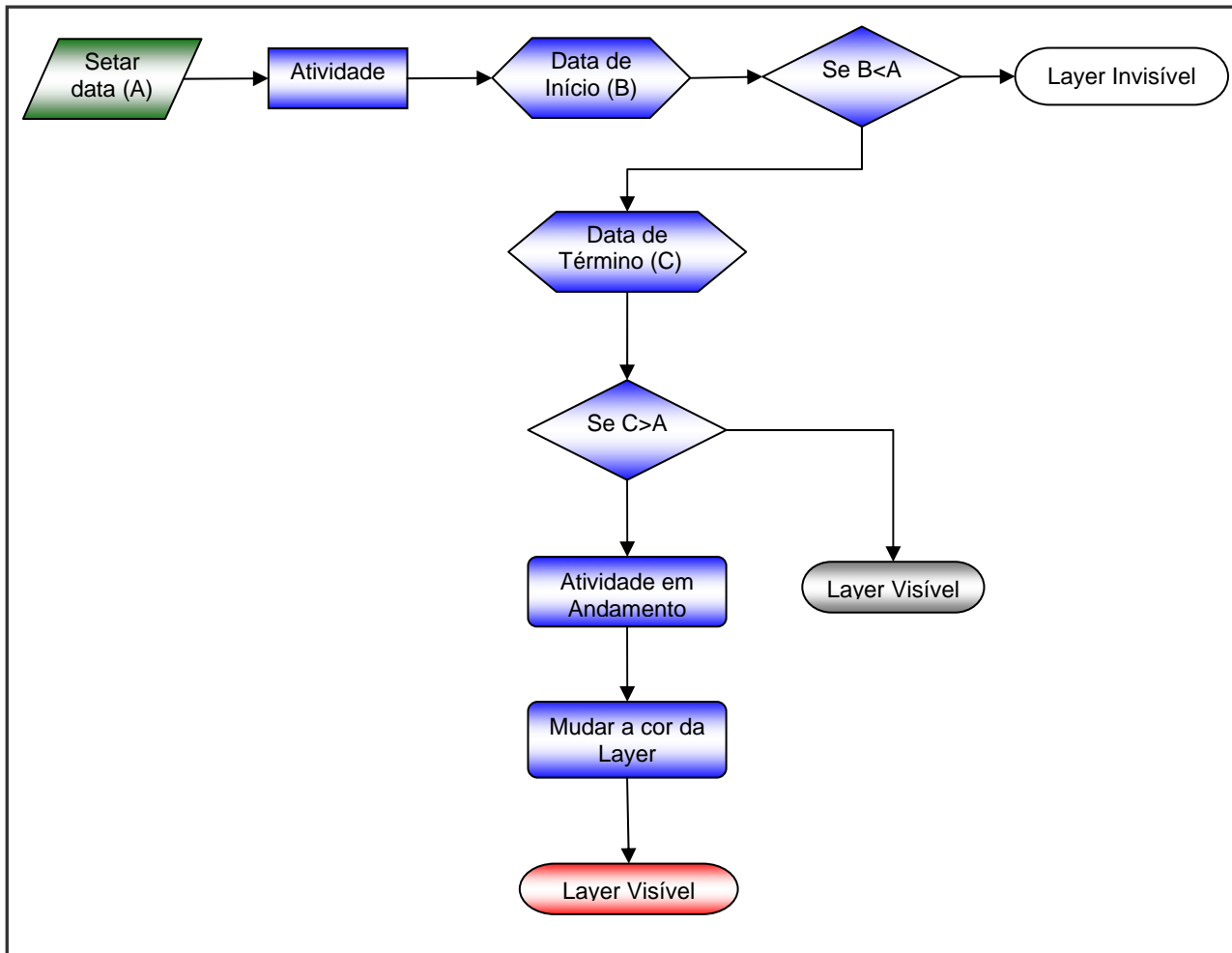


**Figura 5-6 – Visualização das atividades concluídas e em andamento**

Conforme pode ser visto na figura 5.6, as atividades representadas em vermelho indicam que estas estão em andamento na data da análise do planejamento 4D.

Por outro lado, as atividades ilustradas com as demais cores indicam que para o período em estudo estas já foram concluídas.

A figura 5.7 apresenta um fluxograma da rotina que o programa deverá seguir, para que seja possível gerar o planejamento 4D, conforme ilustrado na figura 5.6.



**Figura 5-7 – Fluxograma da visualização 4D**

Conforme é representado no fluxograma ilustrado na figura 5.7, primeiramente será definida uma data de visualização (Setar Data); em seguida, o programa verificará para cada atividade a data de início e a data de término. Caso a data de

início da atividade analisada seja posterior à data setada (A), isso significa que a tarefa ainda não foi iniciada, portanto, não deverá ficar visível. Dessa forma, a respectiva *layer* será apagada, ficará invisível.

No caso de a data de início ser anterior à data setada, isso implicará em duas possibilidades: a atividade estará concluída ou estará em andamento. Para ocorrer a primeira possibilidade, a data de término precisará ser anterior à data especificada. Nesse caso, a tarefa deverá ficar visível, logo, a *layer* deverá ser ligada. Para o segundo caso, a data de término necessita ser posterior à data setada, logo a *layer* deverá ser ligada. No entanto, antes disso, como nesse caso a tarefa está em andamento, a *layer* deverá ter a sua cor alterada para então ser ligada. Ao alterar a cor da *layer* para vermelho (atividades em andamento), automaticamente os objetos que compõem esta atividade terão suas cores modificadas também.

## **5.7 Visualização das atividades**

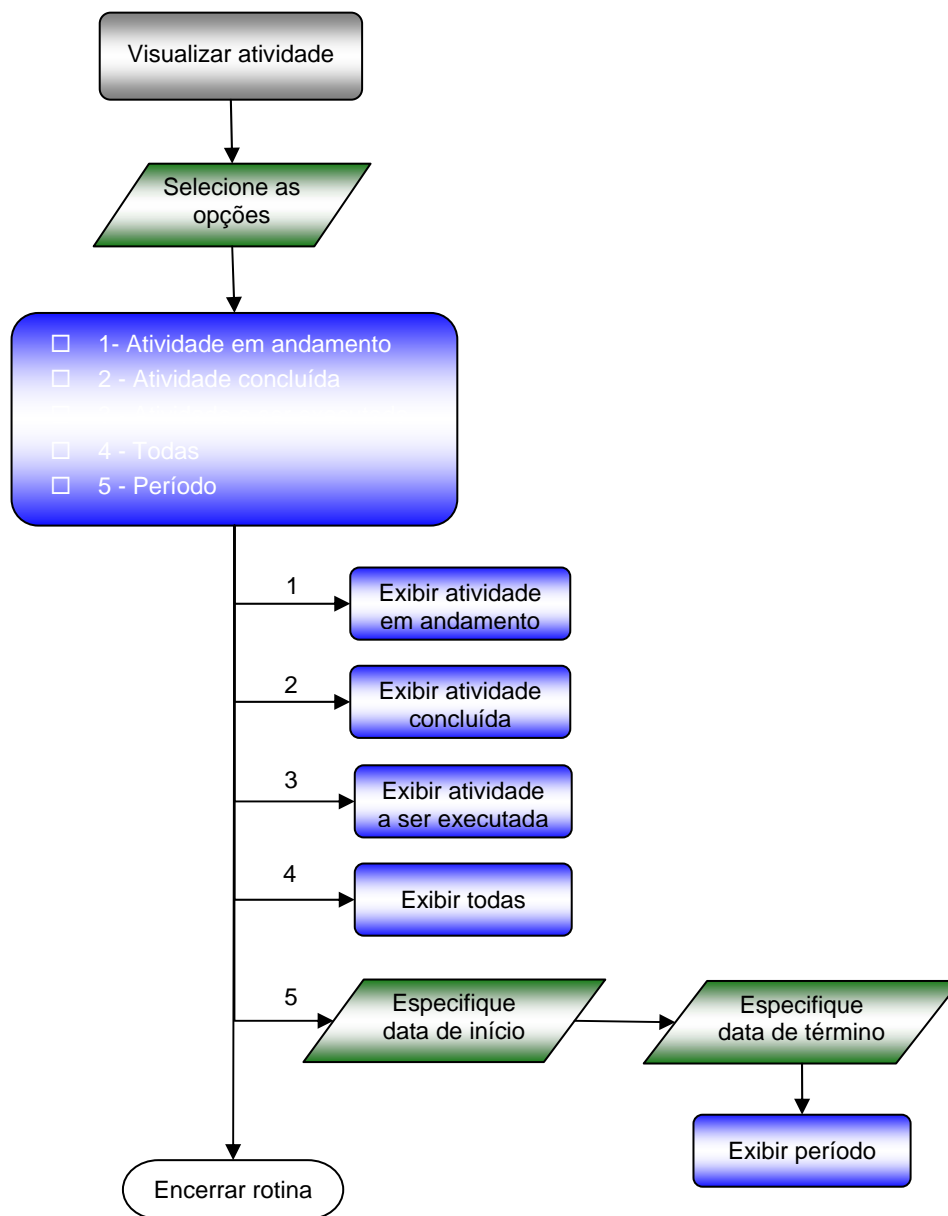
O programa de visualização gráfica a ser escolhido para o desenvolvimento do programa de planejamento 4D deverá permitir que o usuário possa ligar ou desligar as *layers* individualmente ou até mesmo em grupos.

Para facilitar a visualização das atividades, deverá ser desenvolvida uma ferramenta que auxilie no ligamento e desligamento das layers, isto é, layer visível e invisível.

A ferramenta deverá permitir que o usuário tenha opção de deixar somente as atividades em andamento visível, ou somente as concluídas, ou somente as que faltam ser executadas e ainda poder definir um período (data inicial e data final) para visualizar as atividades que serão executadas no intervalo escolhido. Com esta última ferramenta poderá ser feita a programação de médio, curto e longo prazo.

A figura 5.8 apresenta o fluxograma da rotina da visualização das atividades.





**Figura 5-8 – Fluxograma da visualização das atividades**

Conforme pode ser visualizado na figura 5.8, a rotina para facilitar a visualização das atividades deverá permitir que o usuário selecione a opção desejada e, em seguida, exiba o resultado.

A programação deverá ser feita de forma que o usuário possa selecionar todas as opções ou quantas desejar. No caso da opção período, o programa, em seguida, deverá solicitar que seja indicado um período desejado (data de início e término) e, na seqüência, deverá exibir o resultado.

## **5.8 Fluxograma geral do programa**

A figura 5.9 apresenta o fluxograma geral do programa de planejamento 4D.

Ao iniciar o programa esse abre o AutoCAD e o Ms Project, o primeiro na parte inferior da tela e o último na parte superior. No AutoCAD o usuário poderá abrir a maquete eletrônica da obra a ser desenvolvida o planejamento, criar novas atividades no AutoCAD, assim como no Ms Project, especificar a duração das atividades, definir as atividades predecessora e sucessora, especificar qual tipo de visualização de atividades e, por fim, obter a visualização 4D.

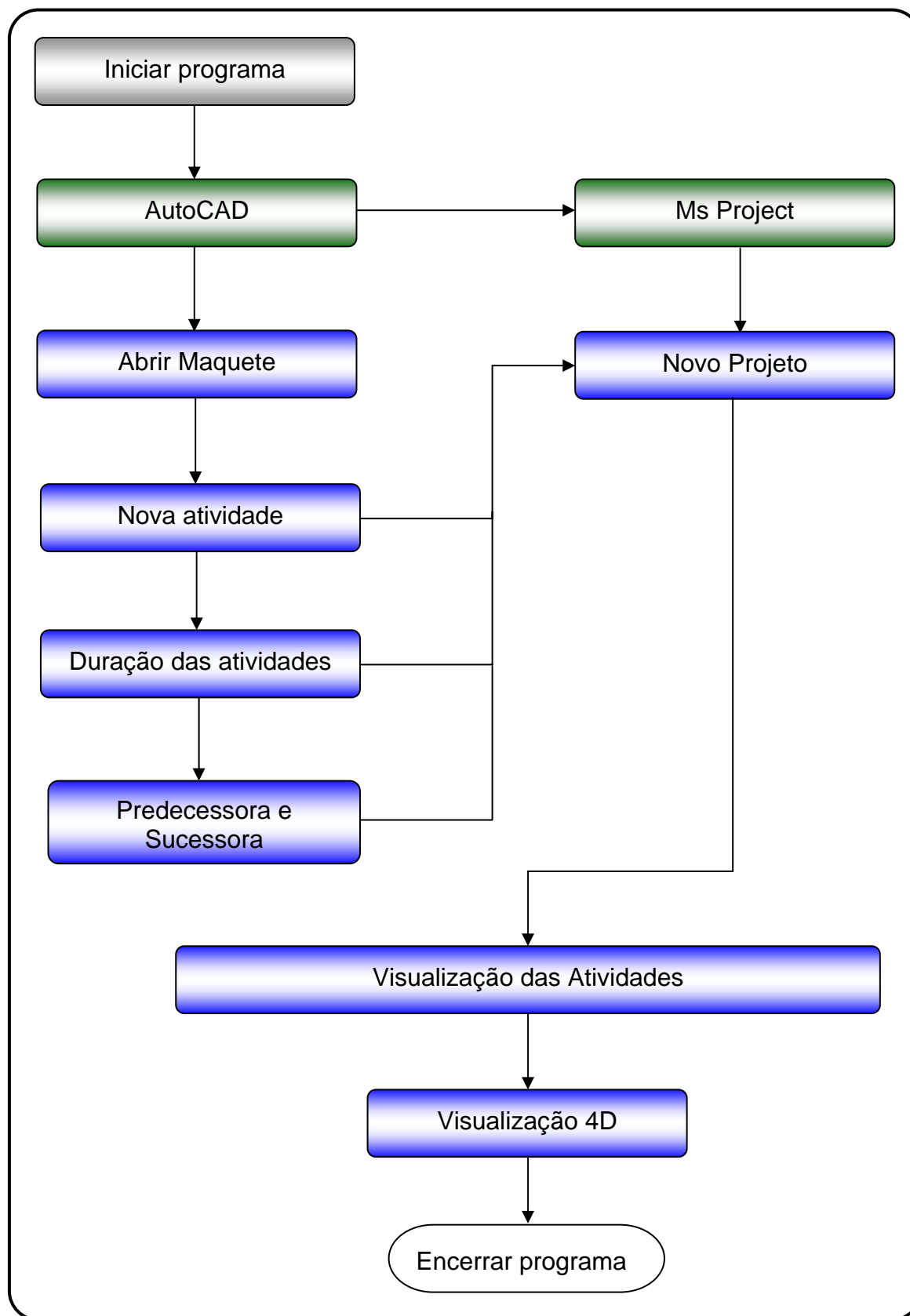


Figura 5-9 – Tecla de atalho do programa Planejamento 4D

## 5.9 Aplicação da metodologia

Uma proposta de integração recomendada para trabalhos futuros seria a integração entre os softwares de planejamento Ms Project e o editor gráfico AutoCAD. Na figura 5.10 é apresentado um modelo da tecla de atalho do programa proposto.



**Figura 5-10 – Tecla de atalho do programa Planejamento 4D**

A estrutura do programa de Planejamento 4D deverá ser feita de forma que, ao iniciar, o programa automaticamente abre a tela com a integração entre os softwares de planejamento e edição gráfica, comentado anteriormente. Na figura 5.11 é possível visualizar como deverá ficar a integração segundo a metodologia apresentada anteriormente.

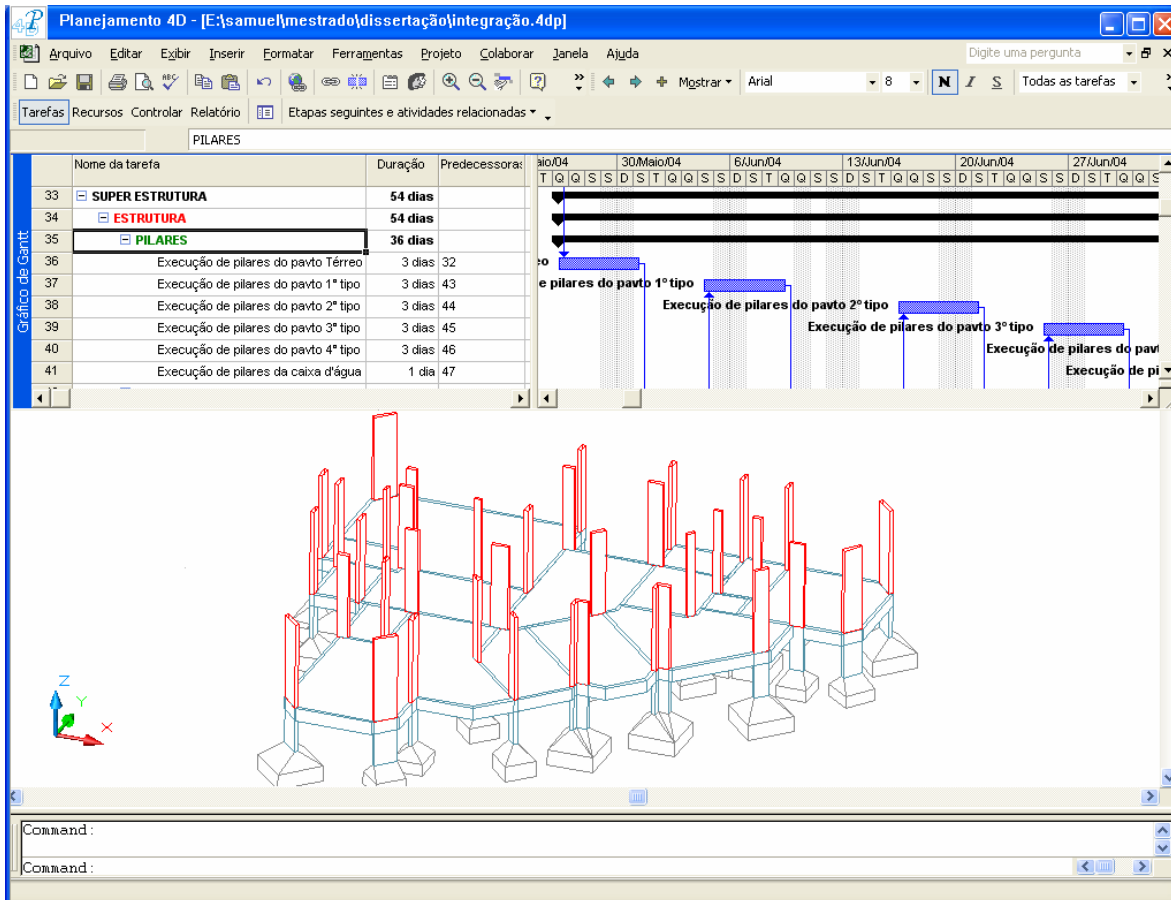


Figura 5-11 – Tela de abertura do programa de planejamento 4D.

Desta forma, tem-se o MS-Project na parte superior do programa e o AutoCAD na inferior.

O objetivo principal desta dissertação é a apresentação da metodologia para a integração dos softwares de planejamento e edição gráfica. Com a metodologia definida, partiu-se para a sua aplicação. A seguir, serão apresentados os avanços conseguidos no desenvolvimento do programa de planejamento 4D. No anexo II é apresentado com mais detalhe o programa desenvolvido para o auxílio do planejamento 4D.

### ◆ **Comunicação entre os programas MS-Project e AutoCAD**

Através do VBA aplicado no AutoCAD foi possível desenvolver uma rotina que inicie o Ms-Project e salve um arquivo com o nome desejado pelo usuário. Este arquivo criado fica à disposição do AutoCAD para ser usado no planejamento 4D.

### ◆ **Nova tarefa**

A rotina desenvolvida apresenta um comando que permite criar uma tarefa no Ms-Project através do AutoCAD. Ao selecionar o comando nova tarefa, o programa solicita ao usuário o nome da nova tarefa criada. Esta interação ocorre através de uma caixa de diálogo na qual se pode digitar o nome da tarefa. O resultado será uma nova tarefa na tela do programa Ms-Project.

### ◆ **Seleção de objetos para as atividades**

Ao criar uma nova tarefa, o comando *Nova tarefa*, automaticamente, após definir o nome da tarefa a ser criada, solicita que sejam selecionados os objetos que formam a atividade criada. Dessa forma, inicia a integração entre os objetos do AutoCAD com as atividades do Ms-Project.

### ◆ **Nova Layer**

Após selecionar os objetos para a atividade, o programa verifica quantos foram selecionados. Caso a resposta seja zero, o sistema encerra o comando e não cria uma nova camada. No caso de ter sido selecionado, a rotina cria uma nova layer com o mesmo nome da tarefa criada.

### ◆ **Definição de cores**

Com a nova layer criada, o comando verifica a cor do primeiro objeto selecionado no início da função e associa à nova layer a cor do referido objeto. No passo seguinte da rotina, o comando transfere todos os objetos selecionados para a layer criada com o nome da tarefa que tais objetos formam. Além disso, as cores dos objetos selecionados são definidas conforme a cor da layer, ou seja, por camadas. Dessa forma, se a layer for azul, todos os objetos que pertencem a esta

layer serão definidos na cor azul; caso a cor da layer seja trocada, todos os seus objetos também terão suas cores alteradas.

#### ◆ **Extração das datas de início e término das atividades**

A rotina de extração de datas de início e término das atividades consulta no Ms Project as datas de início e de fim de todas as atividades selecionadas e as transporta para o AutoCAD. Desta forma torna possível o desenvolvimento do programa para a visualização 4D. O procedimento da rotina é simples: seleciona-se no Ms Project as atividades e, em seguida, clica-se na função data de início e data de término. O resultado é exibido na tela.

#### ◆ **Visualização 4D**

A rotina usa os dados das outras rotinas para apresentar na tela as atividades concluídas e as em andamento na cor vermelha. O primeiro passo é especificar no campo data 4D a data desejada. Em seguida seleciona-se a opção visualização 4D que a rotina automaticamente verificará as datas de início e término das atividades selecionadas no Ms Project e as compara com a data especificada no campo data 4D. Por fim, o programa exhibe as atividades concluídas, altera a cor das quais estão em andamento e elimina da visualização as atividades que ainda não iniciaram.



## Capítulo 6 - Conclusões e Recomendações

---

### 6.1 Conclusões

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo principal de elaborar uma metodologia de integração de softwares de planejamento com o de editoração gráfica visando o desenvolvimento do planejamento 4D.

A metodologia apresentada no capítulo 5 – Resultado do Estudo: proposição de uma metodologia, mostrou que o objetivo principal do trabalho foi atingido e que a mesma demonstrou ser facilmente aplicável na integração entre o MS Project e AutoCAD, bem como outros aplicativos de planejamento e visualização gráfica.

O programa desenvolvido atende a todos os objetivos desejado no início da pesquisa. Com ele é possível criar uma tarefa no MS Project a partir do AutoCAD, criar uma layer com o mesmo nome da atividade criada e associar essa layer aos objetos da maquete eletrônica que correspondem a essa tarefa. Pode-se

determinar a data de início e de término de cada atividade planejada no MS Project e exportá-la para o AutoCAD. Além disso é possível especificar uma data para o planejamento 4D (data 4D) e visualizar as atividades concluídas na data setada com suas respectivas características, visualizar as tarefas que estão em andamento na data especificada com a cor vermelha e ocultar as atividades que não iniciaram na data indicada no campo data 4D.

O planejamento 4D realizado para o edifício de doze andares tipo, um térreo e uma caixa d'água demonstrou a dificuldade que é fazer um planejamento 4D sem ter o auxílio de um programa específico para esse fim. Sem um programa de planejamento 4D perde-se muito tempo analisando o cronograma para ver quais atividades foram concluídas, quais estão em andamento e as quais ainda não iniciaram.

O uso do planejamento 4D apresenta ser uma grande ferramenta para demonstrar a investidores como será o andamento da obra ao longo do tempo, visto que a é mais fácil de demonstrar a nível espacial o andamento da mesma para leigos. Além disso o acompanhamento da obra com este sistema demonstra ser uma grande ferramenta de gestão da construção.

A dificuldade em visualizar o andamento das obras no espaço demonstrou ser minimizada com a metodologia de integração de softwares de planejamento e de CAD visando o planejamento 4D. Desta forma, a hipótese inicial foi confirmada.

## 6.2 Recomendações

As atividades descritas neste trabalho servem, na verdade, como ponto de partida para investigações posteriores. São sugeridos trabalhos procurando desenvolver o programa de planejamento 4D a fim do mesmo ser viável o uso no desenvolvimento do planejamento 4D.

Recomenda-se que seja desenvolvido um programa para a quantificação das atividades através da maquete eletrônica. Com essa quantificação poderá ser integrados o programa de planejamento 4D com um programa de orçamento.

Para a integração entre o planejamento 4D com o orçamento poderá ser usado o Microsoft Access. Esse último poderá armazenar um banco de dados contendo as composições das atividades planejadas e os respectivos coeficientes de produtividades. Através das quantidades obtidas com o programa de quantificação, e com a integração entre o Access e o planejamento 4D poderá determinar a duração de cada atividade, bem como o custo e a composição da mesma.

Desta forma será possível desenvolver um sistema que quantifica, realiza o planejamento 4D e elabora o orçamento.

Recomenda-se o estudo da aplicação da metodologia desenvolvida nessa pesquisa usando softwares livres.

Outra sugestão para trabalhos futuros seria a aplicação da metodologia em obras reais de construção civil visando o planejamento 4D, bem como o seu uso como ferramenta de acompanhamento.

## Referências Bibliográficas

---

AKBAS, R. **4D modeling and product model transformations in experience music project**. <http://www.stanford.edu/group/4D/4D-home.html>, last visited: 08-08-2001

ÁVILA, Antônio Victorino. **Planejamento**. Apostila de planejamento e gerenciamento de obras. UNISUL e UFSC, Florianópolis, 2002.

DAWOOD, N.; HOBBS, B.; AKINSOLA, A.; MALLASI, Z.; MAHDJOUBI, L.; HEESOM, D.; WINCH, G.; PENN, A.; KELSEY, J.; EDKINS, A. e NORTH, S. The virtual construction site: a decision support system for construction planning (VIRCON). **Conference on construction applications of virtual reality: current initiatives and future challenges**. Teeside, Uk, 2000.

DAWOOD, N; SRIPRASERT, Eknarin; MALLASI, Zaki; HONNS, Brian. 4D visualisation development: Real Life Case Studies. **International Council for Research and Innovation in Building and Construction CIB W78 conference 2002**, Aarhus School of Architecture, 2002-a.

DAWOOD, N; SRIPRASERT, Eknarin; MALLASI, Zaki; HONNS, Brian. **Development of an integrated information resource base for 4D/VR**

**construction processes simulation.** Centre for construction innovation research, school of science and technology, University of Teesside, Middlesbrough, UK. Ed Elsevier, 2002-b.

FISCHER, Martin e KAM, Calvin. PM4D Final report – Product Model – 4D CAD. CIFE – Center for Integrated Facility Engineering, **Technical Report Number 143**, Stanford University, USA, 2002.

FISCHER, Martin e KAM, Calvin: 4D Modeling - Application Case Studies. **SIENE Workshop on 4D Modeling**, United Kingdom, 2001.

FISCHER, Martin. 4D Applications and Technologies. **Trends in Construction Information Technologies**, HBG, Zoetemeer, The Netherlands, 2000.

FISCHER, Martin. **4D CAD: Building Better by Building Virtually.** Presentation to Better Jacksonville Program, Jacksonville, FL, 2001-a

FISCHER, Martin. Introduction to 4D research. **4D CAD Research**, <http://www.stanford.edu/group/4D/>, acessado em 07/06/2004. Última modificação na página em 02/2001-b.

HAYMAKER, John e FISCHER, Martin: **Challenges and Benefits of 4D Modeling on the Walt Disney Concert Hall Project.** CIFE – Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University, 2001.

HEESOM, David; MAHDJOUBI, Lamine. Technology opportunities and potential for the virtual construction site – **Volume 1: Emerging Research Initiatives**. Universidade de Wolverhampton, 2003-a.

HEESOM, David; MAHDJOUBI, Lamine. **Visualisation development: Emerging Research Initiatives**. Universidade de Wolverhampton, 2003-b.

KÄHKÖNEN, Kalle e LEINONEN, Jarkko: Modelling and simulation of construction processes using VR technology - 4D. **VTT Building and Transport**. Finland, <http://cic.vtt.fi/4D/4d.htm>, acessado em 08/06/2004. Última atualização em 2003.

KAMAT, V. R.; MARTINEZ, J. C. 3D Visualization of Simulated Construction Operations. **Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference**, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Piscataway, NJ, 1933-1937, 2000.

KAMAT, V. R.; MARTINEZ, J. C. Comparison of Simulation-Driven Construction Operations Visualization and 4D CAD. **Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference**, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Piscataway, NJ, 1765-1770, 2002.

KAMAT, V. R.; MARTINEZ, J. C. Visualizing Fuzzy Construction Materials Using VITASCOPE's ParticleWorks Add-On. **Proceedings of the 2003 Construction Research Congress**, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, 1-8, 2003.

KELSEY, John; WINCH, Graham; PENN, Alan. **Understanding the project planning process: requirements capture for the virtual construction site**. The

Bartlett school of architecture, building, environmental design and planning faculty of built environment, 2003.

KNOLSEISEN, Patrícia Cecília. **Compatibilização de orçamento com o controle de processos de trabalho para obras de edificações**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC. 2003.

LAUFER, Alexandre; TUCKER, Richard L; SHAPIRA, Aviad e SHENHAR, Aaron J. The multiplicity concept in construction Project planning. In: **Construction Management and Economics**, London, V. 12, nº 1, p. 53-65, jan. 1994.

LAUFER, Alexandre; TUCKER, Richard L. s construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, London, n.5, p. 243-266, 1987.

LISTON, Kathleen.; FISCHER, Martin.; WINOGRAD, Terry. Focused sharing of information for multidisciplinary decision making by project teams. **ITcon** Vol. 6, pg. 69-82, 2001.

MCKINNEY, K. e FISCHER, M Generating, evaluating and visualizing construction schedules with CAD tools. **Automation in Construction**, Volume 7, Issue 6, September 1998.

NORTH, S. e WINCH, G. VIRCON: a proposal for critical space analysis in construction planning. **Proceedings of ECPPM Conference**, 9-11, Potoroz, Slovenia, 2002.



RISCHMOLLER, Leonardo; Fisher, Martin; FOX, Robert e ALARCÓN, Luis: 4D Planning and Scheduling (4D-PS): Grounding Construction IT Research in Industry Practice. ***Proceedings of Construction Information Technology CIB W78*** International Conference - IT in Construction in Africa, Mpumalanga, Sud-Africa, 2001.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine; HARRISON, Alan e JOHNSTON, Robert. ***Administração da produção***. São Paulo/SP: Atlas S.A, 1997.

SRIPRASERT, Eknarin; DAWOOD, Nashwan. Requirements identification for 4D constraintbased construction planning and control system. ***International Council for Research and Innovation in Building and Construction CIB W78 conference 2002***, Aarhus School of Architecture, 2002.

STAUB-French, Sheryl e FISCHER, Martin. Constructibility Reasoning based on a 4D Facility Model. ***Structural Engineering World Wide***, T191-1 (CD ROM Proceedings), Elsevier Science Ltd, 1998.

STAUB-French, Sheryl e FISCHER, Martin: Industrial Case Study of Electronic Design, Cost, & Schedule Integration. CIFE – Center for Integrated Facility Engineering, ***Technical Report Number 122***, Stanford University, USA, 2001.

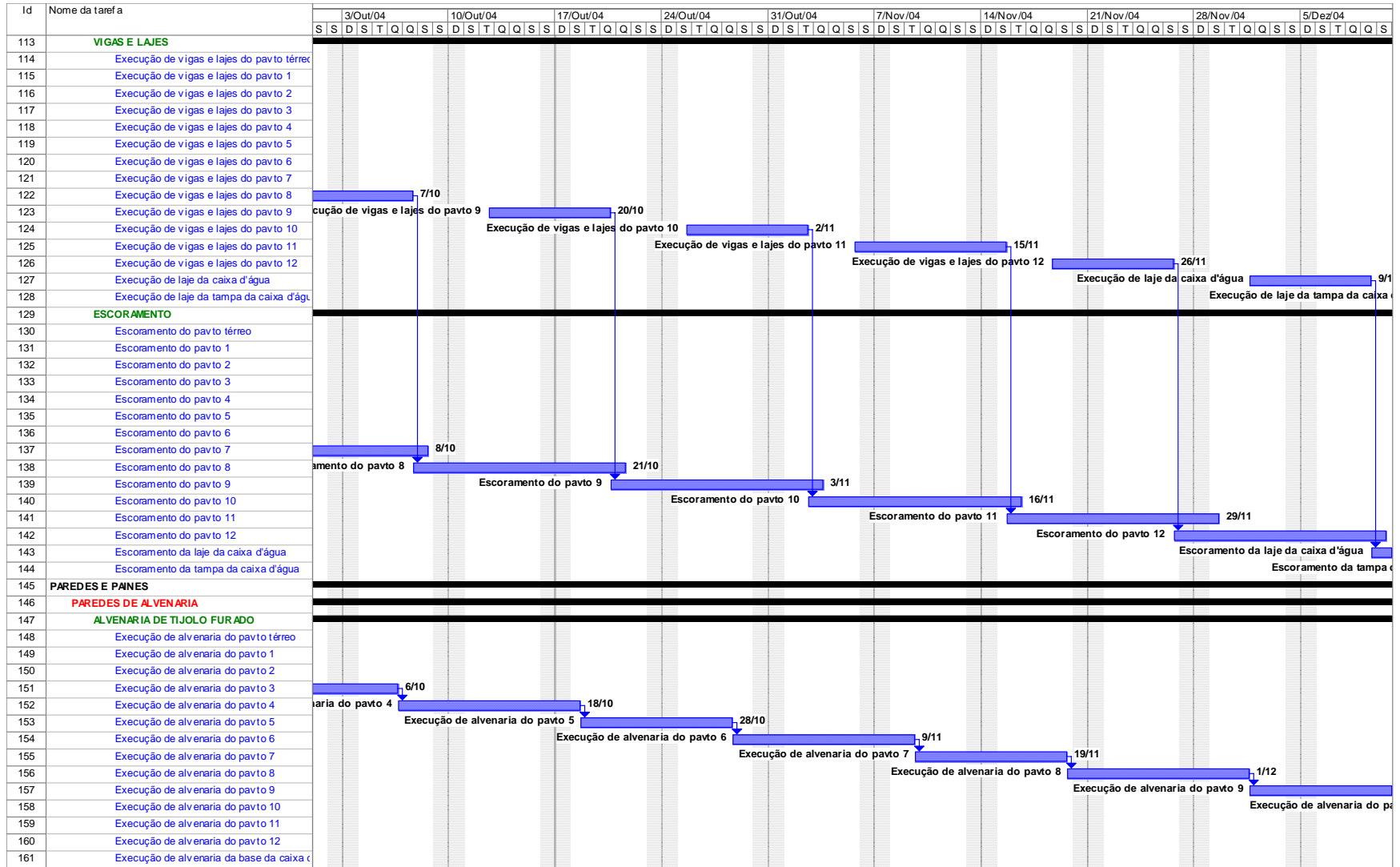
TANYER, Ali Murat e AOUAD, Ghassan: Moving beyond the fourth dimension with an IFC-based single project database. ***Automation in Construction***, junho 2004.

WALY, Ahmed F,; THABET, Walid Y. ***A virtual construction environment for preconstruction planning***. Department of building construction, college of architecture and urban studies. Virginia Tech, Blacksburg, USA. Ed. Elsevier, 2002.

## **Anexos**

---

















## Anexo II – Programa para auxílio no planejamento 4D

A figura II-1 apresenta a tela do programa desenvolvido para o auxílio no desenvolvimento do planejamento 4D.



Figura II-1 – Janela do programa de planejamento 4D

Na seqüência será apresentado as funções e as rotinas de cada comando apresentado na figura II-1

### ◆ *Carregar MS Project*

Através desse comando o AutoCAD inicia o software MS Project, torna visível o mesmo e permite salvar um novo arquivo de planejamento.

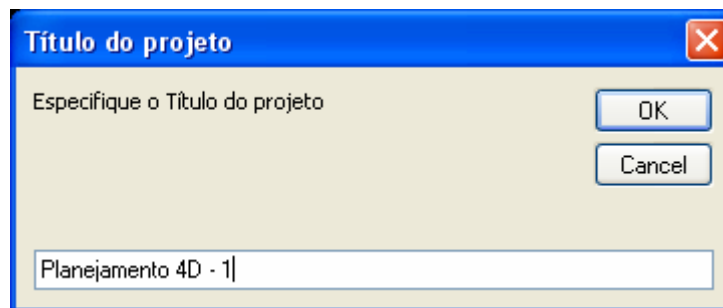
A rotina associada a esse comando é apresentada na seqüência:

```
On Error Resume Next
UserForm1.Hide
Err.Clear
Set Projectapp = New MSPProject.Application
If Err <> 0 Then
  Err.Clear
  Set Projectapp = New MSPProject.Application
  If Err <> 0 Then
    MsgBox "Could not star MS Project", vbExclamation
  End
End If
End If
Projectapp.Visible = True
Set Projectobj = Projectapp.Projects.Add
Projectobj.SaveAs

UserForm1.Show
```

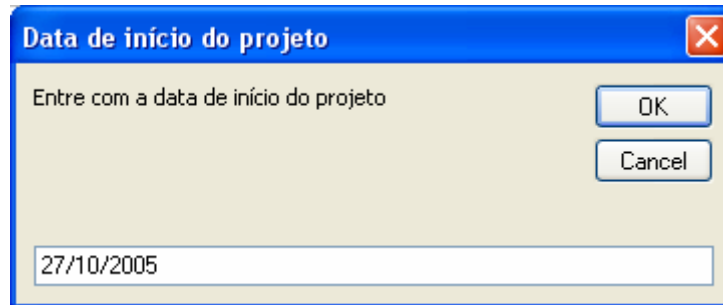
### ◆ ***Novo projeto***

Esse comando permite especificar as características do novo projeto. A primeira informação solicitada é o título do novo projeto. Essa informação é obtida através de uma janela de interação, a qual é apresentada na figura II.2.



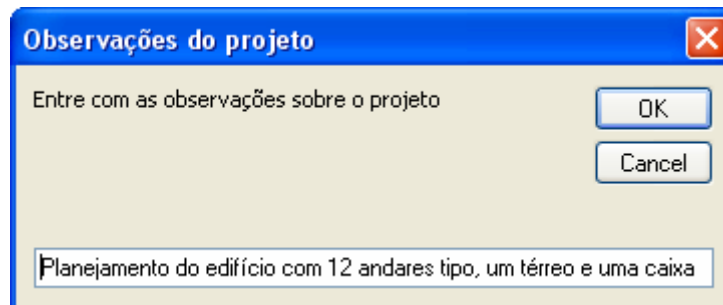
**Figura II-2 – Janela Título do projeto**

Na seqüência a rotina solicita a data de início do projeto. A iteração é realizada da mesma forma adotada com o título do projeto. Na figura II-3 é apresentada a figura da data de início do projeto.



**Figura II-3 – Janela Data de início do projeto**

Por último é solicitado ao usuário que entre com as observações desejada sobre o projeto. A figura II-4 mostra a janela de iteração.



**Figura II-4 – Janela Observações do projeto**

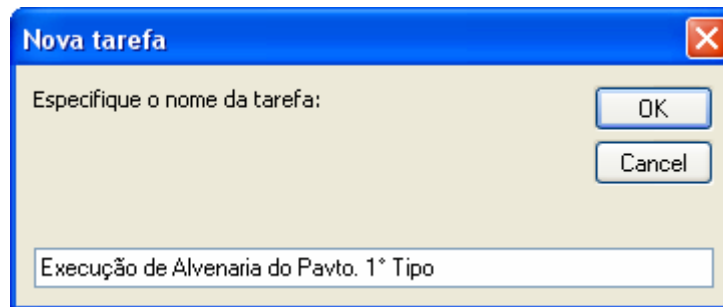
A rotina associada a esse comando é apresentada na seqüência:

With ActiveProject

```
.ProjectSummaryTask.Name = InputBox("Especifique o Título do projeto",  
"Título do projeto", .Name)  
.ProjectStart = InputBox("Entre com a data de início do projeto", "Data de início  
do projeto", Date)  
.ProjectNotes = InputBox("Entre com as observações sobre o projeto",  
"Observações do projeto")  
End With
```

### ◆ **Nova tarefa**

Através desse comando o usuário cria uma nova tarefa no MS Project e cria uma nova layer no AutoCAD com o mesmo nome. Em seguida a rotina pede que sejam selecionados os objetos que compõem a atividade. Automaticamente a rotina verifica a cor do primeiro objeto selecionado e especifica essa a cor da layer associada a esse objeto. A figura II-5 apresenta a janela de iteração desse comando.



**Figura II-5 – Janela Nova tarefa**

A rotina associada a esse comando é apresentada na seqüência:

```
UserForm1.Hide  
ActiveProject.Tasks.Add 'adicionando uma tarefa ao arquivo do Ms project ativo  
With ActiveProject.Tasks(ActiveProject.Tasks.Count)
```

```
NomeTask = InputBox("Especifique o nome da tarefa: ", "Nova tarefa")
.Nome = NomeTask
End With
```

```
Set Camadas = thisdrawing.Layers
Set Camada = Camadas.Add(NomeTask)
MsgBox ("Uma camada chamada " & NomeTask & " foi criada")
Set Grupos = thisdrawing.SelectionSets
```

```
If Grupos.Count = 0 Then
    Set Grupo = Grupos.Add("Teste")
Else
    Set Grupo = thisdrawing.SelectionSets.item("Teste")
End If
Grupo.Clear
```

```
Grupo.SelectOnScreen
MsgBox "Número de objetos selecionados: " + Str$(Grupo.Count)
If Grupo.Count = 0 Then
    UserForm1.Show
End If
```

```
Set Cor = Grupo.item(0).TrueColor
j = 0
For Each Camada In Camadas
    If NomeTask = Camadas(j).Name Then
        k = j
    End If
    j = j + 1
Next
thisdrawing.Layers(k).TrueColor = Cor
```

```
j = 0
For Each entity In Grupo
    Grupo.item(j).Layer = NomeTask 'Camadas(k)
    Grupo.item(j).color = acByLayer
    j = j + 1
Next
```

```
UserForm1.Show
```

### ◆ ***Fechar MS Project***

Essa rotina simplesmente fecha o software MS Project.

Na seqüência é apresentada a rotina associada a esse comando:

```
On Error Resume Next
UserForm1.Hide
Err.Clear
Set Projectapp = GetObject(, "MSproject.Application")
If Err <> 0 Then
    Err.Clear
    MsgBox "No MS Project session running.", vbExclamation
End If
Projectapp.Quit
UserForm1.Show
```

### ◆ ***Planejamento 4D***

Esse comando realiza o planejamento 4D propriamente dito. Primeiramente ele verifica a data desejada para a visualização do planejamento 4D no campo Data 4D, em seguida analisa a data de início e término de cada atividade selecionada no MS Project. Por último deixa visível a layer cuja atividade foi concluída, mantém visível também a layer que possui atividade em andamento, mas altera a cor para vermelho. Por fim, torna invisível as layers das atividades que ainda não iniciaram na data especificada no campo Data 4D.

A rotina associada a esse comando é apresentada na seqüência:

```
'Dim Data4D As Date
Set Camadas = ThisDrawing.Layers
Data4D = TextBox1.Text
```



```
With ActiveProject
For Each TskTarefa In ActiveSelection.Tasks

With TskTarefa

inicio = .Start
Inicio2 = DateFormat(inicio, pjDate_mm_dd_yyyy)
termino = .Finish
termino2 = DateFormat(termino, pjDate_mm_dd_yyyy)
nome = .Name
j = 0
For Each Camada In Camadas
If nome = Camadas(j).Name Then
    k = j
End If
j = j + 1
Next

Dif_date4D_inic = DateDiff("d", Inicio2, Data4D)
dif_date4D_term = DateDiff("d", termino2, Data4D)

If Dif_date4D_inic < 0 Then
    ThisDrawing.Layers(k).Freeze = True
    MsgBox ("A atividade " & .Name & " ainda não iniciou.")

Else
    If dif_date4D_term > 0 Then
        ThisDrawing.Layers(k).Freeze = False
        MsgBox ("A atividade " & .Name & " já foi concluída.")
    Else
        ThisDrawing.Layers(k).color = acRed
        ThisDrawing.Layers(k).Freeze = False
        MsgBox ("A atividade " & .Name & " está em andamento.")
    End If
End If

End If

End With

Next TskTarefa

End With
```