

FICHA CATALOGRÁFICA

Camargo, Andrey Capecci

Revisão do processo de desenvolvimento de projetos de máquinas em uma indústria de refrigeração / A.C. Camargo. -- São Paulo, 2009.

120 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Projeto mecânico 2. Engenharia simultânea 3. Manufatura enxuta I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

ANDREY CAPECCI CAMARGO

REVISÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE
MÁQUINAS EM UMA INDÚSTRIA DE REFRIGERAÇÃO

SÃO PAULO

2009

ANDREY CAPECCI CAMARGO

REVISÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE
MÁQUINAS EM UMA INDÚSTRIA DE REFRIGERAÇÃO

Trabalho de Formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do Diploma de Engenharia de
Produção.

Orientador:
Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake

SÃO PAULO
2009

Dedico este trabalho à Edna, Andrea, José Júlio,
Anderson, Jonas, Fausto e Luiza.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Dario Ikuo Miyake, pela orientação e pelo constante estímulo transmitido e incansável dedicação durante todo o trabalho.

Aos amigos Luis Eduardo do Amaral Bertazi, Felicio Boscolo Matos, Michele Araújo de Camargo e Osni Alves do Santos e todos que colaboraram direta ou indiretamente com a execução deste trabalho.

“A educação exige os maiores cuidados, porque
influi sobre toda a vida”.

(Sêneca)

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo sobre o procedimento de desenvolvimento de projetos em uma indústria de refrigeração. Visualizando o processo a partir de um Mapeamento do Fluxo de Valor, o objetivo do estudo realizado foi reduzir o tempo de processo envolvendo apenas atividades do Departamento de Engenharia da empresa. A partir do Mapeamento do Fluxo de Valor foram identificadas propostas de melhoria para o processo, com o objetivo de atingir um processo mais eficiente e menos sujeito a atraso no Estado Futuro. Para reduzir o tempo de desenvolvimento de projetos foram estudadas possibilidades para a realização das atividades de maneira mais efetiva, de modo a evitar desperdícios. Ao final da revisão são apresentados os resultados obtidos e duas comparações de desenvolvimentos realizados conforme o processo atual e conforme o processo revisado em projetos similares. As comparações serão realizadas com o intuito de verificar a validade e a viabilidade da utilização da proposta de melhoria apresentada. No final deste estudo são apresentados os resultados obtidos e a conclusão sobre a importância das metodologias utilizadas.

Palavras Chaves: Projetos de Máquina, Produção Enxuta, Mapeamento do Fluxo de Valor, Engenharia Simultânea.

ABSTRACT

This paper presents a study on the process of developing a project in the refrigeration industry. Viewing the proceedings from a Value Stream Mapping, the objective of the study was to reduce time to process involving only activities of the Department of Engineering of the company. From the Value Stream Mapping proposals were identified for improvement to the process, aiming to achieve a more efficient and less subject to delays in Value Stream Mapping of Future State. To reduce the development time of projects were studied possibilities for carrying out activities more effectively to avoid wastage. At the end of this work are presented the results and comparisons of two developments achieved as the current process and reviewed as the process in similar projects. Comparisons will be made in order to verify the validity and feasibility of using the proposed improvements presented. At the end of this study are the results and conclusion about the importance of the methodologies used.

Keywords: Projects Machine. Lean Production. Value Stream Mapping. Simultaneous Engineering

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1-1 - PORCENTAGEM DE ATRASOS - MAIO/07 A MAIO/08	17
FIGURA 1-2 - ATRASOS EM PROJETOS ESPECIAIS	17
FIGURA 2-1 – ESTRUTURA DE PROJETO	29
FIGURA 3-1 – CICLO DE REFRIGERAÇÃO DE CARNOT	38
FIGURA 3-2 - FLUXOGRAMA GLOBAL	40
FIGURA 3-3 – FOTO DA PASTA DE ENGENHARIA	42
FIGURA 3-4 – FOTO DA PASTA DE FABRICAÇÃO	42
FIGURA 3-5 – FOTO DA PASTA DE ENGENHARIA (FORMULÁRIO DE GUIA DE ENTREGA DE DESENHOS)	43
FIGURA 3-6 – FOTO DA LISTA DE MATERIAIS EM FORMATO DIGITAL	46
FIGURA 4-1 – REPRESENTAÇÃO DO BLOCO DE ATIVIDADE	51
FIGURA 4-2 – EXEMPLO DE FLUXO DE INFORMAÇÃO NO MFV	55
FIGURA 4-3 – MAPA DO ESTADO PRESENTE	56
FIGURA 4-4 – TEMPO PROGRAMADO PARA OS DEPARTAMENTOS	57
FIGURA 4-5 – SEQUÊNCIA DE SETORES DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO	58
FIGURA 4-7– MAPA DO ESTADO ATUAL PROPOSTAS	61
FIGURA 5-1 – EXEMPLO DE DOCUMENTO DE CRONOGRAMA	65
FIGURA 5-2 – ATIVIDADES 5 E 6 NO MAPA DO ESTADO ATUAL	66
FIGURA 5-3 – ATIVIDADES 5 E 6 NO MAPA DO ESTADO FUTURO	66
FIGURA 5-4 – EXEMPLO DE DESENHO DIMENSIONAL PARCIAL	68
FIGURA 5-5 – EXEMPLO DE DESENHO DIMENSIONAL DE FABRICAÇÃO	69
FIGURA 5-6 – NOVO ENCADEAMENTO DAS ATIVIDADES 10, 16 E 25	71
FIGURA 5-7 – DIVISÃO DA ATIVIDADE 10	73
FIGURA 5-8 – NOVO BLOCO DE ATIVIDADES DE FUNILARIA	73
FIGURA 5-9 – NOVO BLOCO DE ATIVIDADES DE MECÂNICA E ELÉTRICA	74
FIGURA 5-10 – DIVISÃO DA ATIVIDADE 13	75
FIGURA 5-11 – EXEMPLO DE DESENHO DIMENSIONAL DE FUNILARIA DE CÂMARA CLIMÁTICA (0,7M ³)	76
FIGURA 5-12 – EXEMPLO DE DESENHO DIMENSIONAL CASA DE MÁQUINA E PAINEL DE CONTROLE	77
FIGURA 5-13 – EXEMPLO DE DESENHO DIMENSIONAL DE UMA CÂMARA CLIMÁTICA (0,7M ³)	78
FIGURA 5-14 – EXEMPLO DE DESENHO DE FABRICAÇÃO MECÂNICA	79
FIGURA 5-15 – DESENHO DE FABRICAÇÃO DE QUADRO ELÉTRICO	80

FIGURA 5-16 - DIVISÃO DA ATIVIDADE 16	81
FIGURA 5-17 - NOVO ENCADEAMENTO DAS ATIVIDADES 10, 16 E 25 COM TEMPO DE ESPERA	83
FIGURA 5-18 – ATIVIDADES DE TESTE NO MFV FUTURO	84
FIGURA 6-1– MAPA DO ESTADO FUTURO PARA O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS PROPOSTO	86
FIGURA 6-2 – GRÁFICO DE GANTT SUPONDO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 1 PELO PROCESSO PROPOSTO	89
FIGURA 6-3 – DESENHO DIMENSIONAL DOS CONDICIONADORES DE AR 1 E 2	93
FIGURA 6-4 – GRÁFICO DE GANTT DO PROJETO DO CONDICIONADOR DE AR 1 ..	94
FIGURA 6-5 – GRÁFICO DE GANTT DO PROJETO DO CONDICIONADOR DE AR 2 ..	95
FIGURA 6-6 – DESENHO DIMENSIONAL DOS PROJETOS DAS ESTUFAS CLIMÁTICAS	97
FIGURA 6-7 – GRÁFICO DE GANTT DO PROJETO DA ESTUFA CLIMÁTICA 1	98
FIGURA 6-8 – GRÁFICO DE GANTT DO PROJETO DA ESTUFA 2	99
FIGURA D-1 – GRÁFICO DE GANTT SUPONDO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 2 PELO PROCESSO PROPOSTO	110
FIGURA D-2 – GRÁFICO DE GANTT SUPONDO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 3 PELO PROCESSO PROPOSTO	111
FIGURA D-3 – GRÁFICO DE GANTT SUPONDO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 4 PELO PROCESSO PROPOSTO	112
FIGURA D-4 – GRÁFICO DE GANTT SUPONDO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 5 PELO PROCESSO PROPOSTO	113
FIGURA D-5 – GRÁFICO DE GANTT SUPONDO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 6 PELO PROCESSO PROPOSTO	114
FIGURA D-6– GRÁFICO DE GANTT SUPONDO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 7 PELO PROCESSO PROPOSTO	115
FIGURA D-7 – GRÁFICO DE GANTT SUPONDO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 8 PELO PROCESSO PROPOSTO	116
FIGURA D-8 – GRÁFICO DE GANTT SUPONDO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 9 PELO PROCESSO PROPOSTO	117
FIGURA D-9 – GRÁFICO DE GANTT SUPONDO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 10 PELO PROCESSO PROPOSTO	118
FIGURA D-10 – GRÁFICO DE GANTT SUPONDO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 11 PELO PROCESSO PROPOSTO	119
FIGURA D-11 – GRÁFICO DE GANTT SUPONDO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 12 PELO PROCESSO PROPOSTO	120

LISTA DE TABELAS

TABELA 2-1- DESPERDÍCIOS OHNO X LAREAU	35
TABELA 4-1 – OPERADORES DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS.....	53
TABELA 4-2 – FORMAS DE FLUXO DE INFORMAÇÃO.....	54
TABELA 4-3 – SIMBOLOGIA DO MODELO DO MFV	55
TABELA 4-4 – TEMPO DE PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS	60
TABELA 5-1 – TEMPOS DAS ATIVIDADES 10, 16 E 25 (HORAS).....	72
TABELA 6-1 – ATIVIDADES DE TESTE NO MAPA FUTURO	88
TABELA 6-2 – COMPARAÇÃO ENTRE OS PROJETOS DE CONDICIONADORES DE AR 1 E 2.....	93
TABELA 6-3 – COMPARAÇÃO ENTRE OS PROJETOS DE ESTUFAS CLIMÁTICAS 1 E 2	97
TABELA A-1 –TEMPO DE DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES DOS PROJETAS DA AMOSTRA ANALISADA (EM HORAS)	106
TABELA A-1 –TEMPO DE DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES DOS PROJETAS DA AMOSTRA ANALISADA (EM HORAS) (CONTI.).....	107
TABELA B-1 – TEMPO DE DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES DA AMOSTRA – GRÁFICOS DE GANTT (EM HORAS).....	108
TABELA C-1 –TEMPO DAS ATIVIDADES DOS PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS CONDICIONADOR 1 E ESTUFA 1 PELO PROCESSO ATUAL.....	109
TABELA C-2 –TEMPO DAS ATIVIDADES DOS PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DA ESTUFA 2 E CONDICIONADOR 2 PELO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO PROPOSTO.....	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD	Informação em Formato de Desenho
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CP	Coordenador de Projeto
ETO	<i>Engineering to Order</i>
GE	Gerente de Engenharia
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
MTO	<i>Make to Order</i>
NSVA	Necessária Sem Valor Agregado
OS	Ordem de Serviço
PJ	Projetista
PMI	<i>Project Management Institute</i>
RO	Responsável da Ordem de Serviço
SE	Secretária de Engenharia
SI	Sistema de Informação
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Dies</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
SVA	Sem Valor Agregado
TE	Tempo de Espera
TP	Tempo de Processo
TPDP	Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projetos
VA	Valor Agregado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA DO TEMA.....	15
1.2 OBJETIVO	18
1.3.1 OS PROJETOS	20
1.3.2 O MERCADO.....	21
1.3.3 DESCRIÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA	21
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	24
2.2 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	26
2.3 ESTUDO DE PROJETO.....	28
2.4 O LEAN OFFICE.....	30
2.5 ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	35
3 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS.....	36
3.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS	37
3.1.1 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO.....	37
3.1.2 SISTEMA DE AQUECIMENTO	38
3.1.3 SISTEMA DE GERAÇÃO DE VAPOR	39
3.1.4 SISTEMA MOVIMENTAÇÃO DE AR	39
3.2 DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS.....	39
3.2.1 VISÃO GERAL.....	39
3.2.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO	40
4 ESTUDO DO MAPA DO FLUXO DE VALOR ATUAL.....	51
4.1 DESCRIÇÃO DO MODELO	51
4.2 MFV DO ESTADO ATUAL	55
4.2.1 TEMPO DE PROCESSO DE DESENVOLVIMENTOS DE PROJETOS (TPDP).....	57
4.3 PONTOS A SEREM ANALISADOS	59
5 DESENVOLVIMENTO DE PROPOSTAS DE MELHORIA.....	64
5.1 P1 – RELAÇÃO DE PRECEDÊNCIA DESNECESSÁRIA.....	64
5.2 P2 – CHECAGEM DESNECESSÁRIA	67
5.3 P3 – SUB-OTIMIZAÇÃO	67
5.4 P4 – PROCESSO DEMORADO.....	70
5.5 P5 – ESPERA.....	82
5.6 P6 – RELAÇÃO DE PRECEDÊNCIA DESNECESSÁRIA PARA UMA PARTE DA ATIVIDADE DE ELABORAÇÃO DO MANUAL DE INSTRUÇÕES.....	83
7 CONCLUSÃO	101
REFERÊNCIAS.....	103
APÊNDICE A – TEMPOS DAS ATIVIDADES DOS PROJETOS DAS AMOSTRAS.....	105
APÊNDICE B – TEMPO DAS ATIVIDADES DA AMOSTRA (GANTT)	2
APÊNDICE C – TEMPOS DAS ATIVIDADES DOS PROJETOS DO CONDICIONADOR 1 E 2 E ESTUFA 1 E 2.....	108
APÊNDICE D – SIMULAÇÃO DE GRÁFICOS DE GANTT DOS PROJETOS DA AMOSTRA CONFORME PROPOSTA DE MELHORIA	110

1 INTRODUÇÃO

A motivação deste estudo se baseia na possibilidade de por em prática os conhecimentos adquiridos pelo autor no curso de graduação em Engenharia de Produção, frente a um problema identificado em uma indústria que tem suas atividades relacionadas ao mercado de equipamentos para refrigeração e engenharia térmica. Este trabalho foi desenvolvido no Departamento de Engenharia da empresa, mais especificamente, em uma divisão do departamento chamada de “Grupo de Projetos Especiais”. O Grupo de Projetos Especiais desenvolve projetos específicos e sob encomenda, ou seja, desenvolve projetos de máquina em um ambiente *Engineering to Order* (ETO). A empresa também possui produtos padronizados e sob encomenda, que são fabricados de acordo com princípios de *Make to Order* (MTO).

O contato com as diferentes atividades de projeto permitiu a compreensão de todo o processo de definição de escopo, desenvolvimento e execução de projetos, das ferramentas de controle de projetos, as dificuldades de conciliar as etapas internas do Departamento de Engenharia com as atividades de outros departamentos (Vendas, Suprimentos e Produção), o atendimento de prazos e o tratamento de todas as informações referentes ao processo.

Outros fatores relevantes para o estudo do desenvolvimento de projetos são a complexidade da utilização de recursos, o controle de qualidade, o controle do tempo e dos recursos humanos, a integração do projeto e a definição do escopo e custos (Carvalho e Rabechini, 2005). Todos estes fatores são diretamente ligados ao fluxo de informações e ao tratamento que é dado a estas informações durante o projeto.

Este estudo aborda as atividades realizadas pelo Departamento de Engenharia e considera como as ferramentas de Sistema Toyota de Produção (STP) podem auxiliar nos esforços de redução de desperdícios e aumento de valor destas atividades bem como no controle de informações.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TEMA

A empresa onde o presente estudo foi desenvolvido é uma das mais tradicionais do mercado brasileiro no segmento de equipamentos para refrigeração, porém com o surgimento de novos ingressantes no mercado, a concorrência tem-se acentuado cada vez mais devido ao

desenvolvimento acelerado dos concorrentes em seus processos produtivos. Este desenvolvimento ocorre devido ao aprimoramento e adoção de novas tecnologias, à aplicação de métodos de redução de custos e ferramentas de redução de prazos.

A aposta na qualidade, confiabilidade dos produtos e em tecnologia superior para se manter como líder no mercado é a principal estratégia competitiva da empresa. Porém, cada vez mais o atendimento a prazos tem sido um fator determinante para a realização de vendas e para que os contratos já estabelecidos com clientes sejam honrados.

Os equipamentos produzidos pela empresa são equipamentos de apoio a outros processos maiores, por exemplo, sistemas de água gelada para controle de temperatura de moldes em processos de extrusão de plástico ou estufas climáticas para ensaios de componentes mecânicos para a indústria automobilística. Isso indica a importância da confiabilidade dos equipamentos fornecidos pela empresa, porém estes produtos não fazem parte do processo fim dos clientes, ou seja, são recursos necessários para o funcionamento dos processos produtivos, mas alocados como suporte ao processo. O atraso na entrega ou falha destes equipamentos em operação pode gerar grandes prejuízos ao cliente e problemas de imagem à empresa frente ao mercado.

A empresa vem enfrentando problemas de atrasos na entrega de equipamentos, principalmente em equipamentos resultantes de projetos. A Figura 1-1 mostra a evolução dos dados de atraso de todos os equipamentos (Projetos Especiais e Equipamentos Padrão) no período de Maio de 2007 à Maio de 2008.

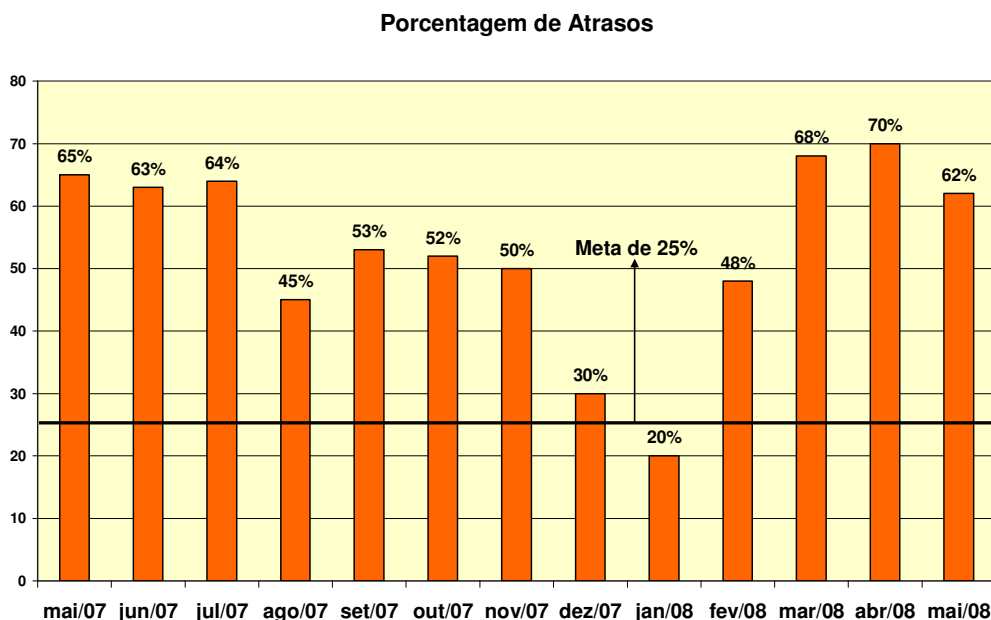


Figura 1-1 - Porcentagem de Atrasos - Maio/07 a Maio/08

Apesar de estabelecer como meta a redução de atrasos para que se limite a 25% do total de equipamentos, no período considerado a empresa atingiu esta meta em apenas um mês. Para os Projetos Especiais, a situação no período foi mais desfavorável, como indicam os resultados apresentados na Figura 1-2.

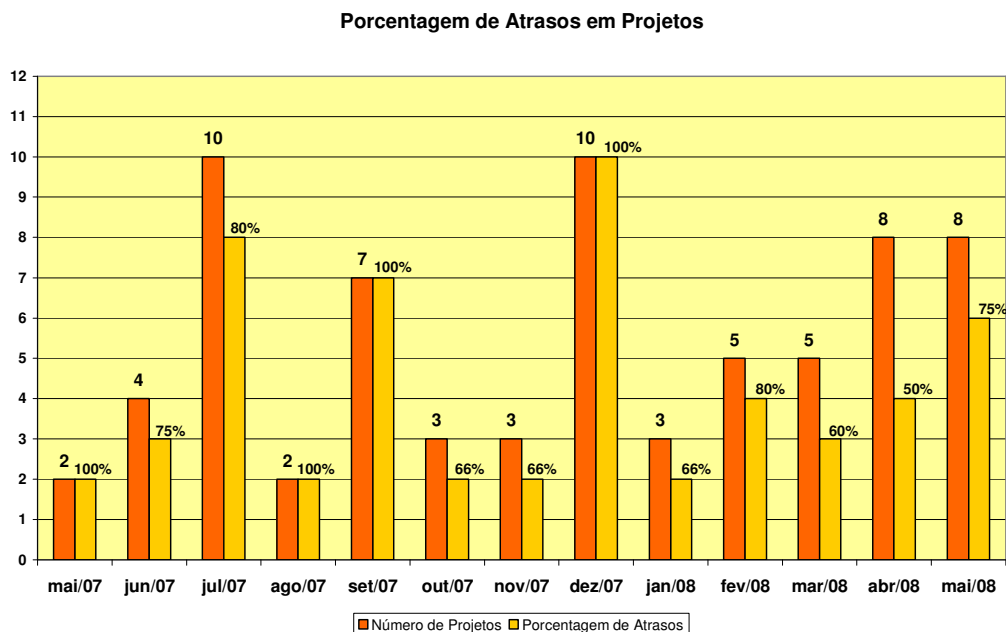


Figura 1-2 - Atrasos em Projetos Especiais

Na entrega de Projetos Especiais, os atrasos atingiram porcentagens maiores ou iguais a 50% em todos os meses apresentados, indicando que o Departamento de Engenharia não tem cumprido a meta de 25% de atraso estipulada pela empresa.

Devido à situação apresentada acima, é necessário o desenvolvimento de um estudo que promova uma melhora no indicador de atrasos apresentados na entrega de Projetos Especiais, de modo que o Departamento de Engenharia atinja a sua meta controlando melhor a execução e conclusão de projetos.

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo é construir uma proposta de melhoria para o Processo de Desenvolvimento de Projetos a fim de eliminar o problema do atraso apresentado na seção anterior.

A redução dos atrasos torna-se objetivo central deste estudo, pois auxiliará a empresa a utilizar os recursos de forma mais eficiente, atender as necessidades de seus clientes de forma mais rápida e honrar os prazos estipulados em contratos no fechamento do negócio. A importância de possuir um sistema de organização e de desenvolvimento de projetos bem estruturado e confiável, é cada vez mais relevante dado o contexto competitivo do mercado.

Para alcançar os objetivos propostos o presente estudo apoiar-se-á numa análise estruturada do Processo de Desenvolvimento de Projetos da empresa com atenção aos tempos das atividades e às etapas de execução dos projetos.

Os objetivos específicos deste estudo são a redução do tempo de ciclo de projetos pela melhoria de eficiência de seu Processo de Desenvolvimento de Projetos e a diminuição do índice de atrasos registrados na empresa nos últimos 12 meses. A busca destas melhorias foi baseada na análise do valor atribuído ao Processo de Desenvolvimento de Projetos na visão dos clientes, contemplando as atividades que compõem o atual fluxo deste processo na empresa.

1.3 A EMPRESA

A empresa a ser analisada é uma empresa nacional fundada em 1960, sendo uma Indústria de Refrigeração especializada em sistemas de água gelada e sistemas semelhantes que utilizam o princípio de aquecimento e refrigeração de fluídos. É líder no fornecimento de Sistemas de Água Gelada e *Chillers* utilizados em inúmeras aplicações na indústria, sendo a única empresa estabelecida no Brasil com larga experiência no projeto e produção de câmaras e estufas para ensaios climáticos. Possui investimentos de capital 100% nacional e fornece equipamentos para clientes em todo o Brasil.

O negócio se iniciou com o fornecimento de unidades de água gelada para equipamentos de extrusão e injeção de plástico no resfriamento de moldes. A partir das experiências com este mercado a empresa expandiu sua linha de produtos e conseqüentemente as aplicações de seus produtos para outros mercados, por exemplo, a linha hospitalar para o resfriamento de reatores de equipamentos de ressonância magnética.

O histórico de excelência em qualidade teve como marco inicial a implantação da norma ISO 9001 em 1997. Esta iniciativa justifica seu sucesso e liderança no mercado e proporcionou as bases para a melhora da qualidade de seus produtos e processos.

A empresa conta hoje com um número aproximado de 110 funcionários distribuídos entre os departamentos de Produção, Engenharia, Assistência Técnica, Vendas, Suprimentos/Almoxarifado, Finanças, Recursos Humanos, Marketing e Informática.

Para o atendimento das necessidades dos processos de seus clientes, a empresa conta com produtos padronizados dentro de sua linha de produção, além de um grupo de projetos especiais que é acionado em casos onde os produtos de linha não atendem as especificações do cliente, há a necessidade de alteração de algum produto para atendimento das especificações ou desenvolvimento de um novo conceito de produto.

A empresa descreve seu negócio como desenvolvimento de soluções em processos onde a necessidade de refrigeração e aquecimento é crucial para a produção (de plástico, produtos químicos, alimentos, etc.) ou para aplicação em ensaios e testes climáticos. Suas linhas de produtos atendem o mercado automobilístico (montadoras, fornecedores de insumos, fabricantes de acessórios, etc.), indústria de plástico, o segmento hospitalar (ressonância magnética), indústria farmacêutica (estabilidade de medicamentos e processo produtivo) e a indústria de papel e celulose, entre outros mercados.

Todas as soluções e equipamentos fornecidos pela empresa passam por um processo de análise de viabilidade e de análise crítica, a fim de garantir o atendimento das necessidades e expectativas do cliente, mesmo nos casos em que os produtos pertencem à linha de equipamentos padronizados.

1.3.1 OS PROJETOS

A empresa apresenta um setor do Departamento de Engenharia que trata exclusivamente de projetos. Este setor é denominado de Grupo de Projetos Especiais, por se tratar de uma equipe que se envolve apenas com equipamentos projetados sob encomenda para aplicações específicas. Isso demanda uma aproximação com o cliente para que as necessidades da aplicação sejam esclarecidas e que o escopo do projeto seja bem definido.

O escopo é definido pelo dicionário como sinônimo de objetivo e propósito (Dicionário Michaelis, 2008). Neste caso, o escopo do projeto é definido pelas restrições técnicas da aplicação, condições contratuais e atribuições específicas do equipamento a serem consideradas no desenvolvimento do projeto.

Os projetos apresentam características técnicas de Engenharia Térmica, sendo na sua maioria, aplicações de refrigeração para processo de ensaios climáticos, dispositivos para a realização de testes e equipamentos de suporte a processos produtivos. Como exemplos de projetos podem ser citados:

- Estufas climáticas com volume entre 1m³ e 320m³ e temperaturas que podem ser ajustadas de -80°C a 200°C, sendo aplicadas em ensaios climáticos principalmente no setor automotivo;
- Estufas de estabilidade com variação de volume entre 1m³ e 2m³, com temperaturas que simulam situações severas de medicamentos em gôndolas, sendo aplicadas na indústria farmacêutica para ensaios com medicamentos e;
- Unidades condicionadoras de ar que geram ar frio com temperaturas de até 5°C e ar quente em temperaturas que podem alcançar até 50°C. Estas unidades são aplicadas, na sua grande maioria, em indústrias de plástico e no setor automotivo.

A empresa também é voltada ao desenvolvimento de soluções especiais para novas necessidades que surgem nos clientes. Sendo assim, há a possibilidade do surgimento de outros tipos de projetos, não sendo restritas às opções enumeradas acima e suas variações. Contudo, a variação do tipo de projeto e seu escopo de aplicação estão ligados diretamente ao

tipo de necessidade apresentada pelo cliente, sendo o atendimento deste escopo o fator determinante para o sucesso de um determinado Projeto Especial.

Em sua maioria, os projetos assim desenvolvidos são de sistemas para as trocas térmicas a partir da movimentação de ar por trocadores de calor. Os trocadores de calor podem ser de aquecimento ou de refrigeração, dependendo da aplicação, sendo o ar o principal fluido para a realização do transporte de calor nos equipamentos deste tipo de projeto.

1.3.2 O MERCADO

O mercado de projetos nessa indústria, considerando a categoria de Projetos Especiais, é dominado por empresas internacionais. No mercado nacional, a empresa fornece cerca de 90% dos projetos que envolvem equipamentos com as características citadas na seção 1.3.1, sendo que os demais 10% são de projetos referentes a estufas de estabilidade destinadas à indústria farmacêutica fornecidas por empresas regionais.

Considerando projetos de grande porte e de novas aplicações para testes e ensaios climáticos, o mercado nacional é dividido apenas com empresas internacionais, principalmente empresas alemãs, italianas e francesas. O fato de estar presente no Brasil e próximo aos clientes favorece a empresa competitivamente, pois a taxa de importação imposta aos produtos dos concorrentes estrangeiros e as flutuações de mercados e moedas estrangeiras, geralmente supera os gastos com a compra do equipamento e transporte no âmbito nacional.

O Departamento de Assistência Técnica também é um diferencial na competição dentro do mercado nacional. A reposição de peças e o atendimento rápido a chamados são fundamentais para a realização da venda, por eliminarem os tempos de espera de importação de peças ou a disponibilidade de representantes e técnicos para atendimento e suporte de clientes.

A valorização dos diferenciais de qualidade, atendimento e preço competitivo, no mercado de projetos, são os principais motivos para a liderança alcançada pela empresa no mercado nacional.

1.3.3 DESCRIÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

O Departamento de Engenharia é composto por 16 profissionais divididos em dois grupos: um grupo responsável pelo desenvolvimento de Projetos Especiais e um grupo responsável pela produção de equipamentos da linha e equipamentos que necessitam de apenas pequenas alterações para atender as necessidades dos clientes. O presente estudo foi desenvolvido no Grupo de Projetos Especiais que é composto por 3 Responsáveis por Ordens de Serviço (RO), 2 Projetistas (PJ), 1 Coordenador de Projeto (CP), o Gerente da Engenharia (GE) e a uma Secretária (SE).

Neste grupo as Ordens de Serviços (OS's) são distribuídas de acordo com a disponibilidade e capacidade técnica dos envolvidos. As ferramentas utilizadas para a execução dos Projetos são softwares de construção de cronogramas, softwares dedicados à construção de esquemas elétricos, softwares dedicados a desenvolvimentos de desenhos de fabricação e engenharia, planilhas de cálculo, catálogos físicos e eletrônicos de fabricantes de componentes e um sistema integrado de organização de listas de materiais criado pela própria empresa para gerenciar os pedidos de materiais enviados ao Departamento de Suprimentos e gerenciar as OS's.

As OS's são entregues ao Departamento de Engenharia pelo Departamento de Vendas 3 dias após a efetivação da venda. O Departamento de Engenharia é responsável pela concepção, dimensionamento, documentação, elaboração, teste e verificação da qualidade do projeto. A atribuição destas responsabilidades entre os departamentos da empresa é definida por procedimentos de execução de trabalho em cada departamento.

As relações do Departamento de Engenharia com os demais departamentos da empresa são baseadas em diferentes formas de relação cliente-fornecedor. O Departamento de Engenharia atua como um cliente do Departamento de Vendas, pois apenas recebe as informações necessárias para a realização das atividades necessárias para a execução de um equipamento. A relação com o Departamento de Suprimento e com o Departamento de Produção é de fornecimento e colaboração, pois em alguns casos, os equipamentos por possuírem características que fogem ao escopo das atividades de conhecimento da empresa ou por demandarem uma nova tecnologia, requerem que o desenvolvimento de métodos de produção e aquisição de componentes sejam realizados em conjunto por estes departamentos e o Departamento de Engenharia.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente estudo está estruturado da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Introdução: apresentação da justificativa e relevância do tema; apresentação e descrição da empresa e dos tipos de projetos realizados pela empresa; situação da empresa no mercado e a estrutura do trabalho;
- Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica: apresentação dos fundamentos para a realização do estudo de melhoria, com uma breve descrição dos principais conceitos a serem utilizados. Neste trabalho, o estudo os conceitos e métodos do Sistema Toyota de Produção (STP), Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), Gestão de Projetos e *Lean Office*;
- Capítulo 3 – Descrição do Processo de Desenvolvimento de Projetos: descrição das etapas e atividades referentes a este processo dentro do escopo de análise deste estudo;
- Capítulo 4 – Estudo do Fluxo de Valor: apresentação do método de Mapeamento do Fluxo de Valor e sua aplicação para as atividades de Desenvolvimento de Projetos, definindo assim o estado atual do processo;
- Capítulo 5 – Desenvolvimento de Propostas de Melhoria: apresentação dos pontos relevantes para a redução do tempo de desenvolvimento de projetos, com detalhamento das propostas de melhoria, possíveis resultados e métodos de implantação das soluções;
- Capítulo 6 – Delineamento do Mapa do Fluxo de Valor do Estado Futuro: apresentação das propostas de melhoria mostradas no Mapa do Estado Futuro. Resultados e Discussões: apresentação dos resultados alcançados e comparação entre projetos.
- Capítulo 7 – Conclusão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O Sistema Toyota de Produção (STP) nasceu da necessidade das empresas japonesas se adaptarem às restrições do mercado, após o fim da Segunda Guerra Mundial (meados da década de 40 do século passado), na produção de uma grande variedade de modelos em pequenas quantidades. Foi neste contexto, que a Toyota Motor Corporation, por iniciativa de Kiichiro Toyoda e Taiichi Ohno dentre outros, conceberam o Sistema Toyota de Produção (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).

Todo o STP evoluiu da necessidade de superar as dificuldades econômicas enfrentadas pelo Japão e pelas empresas japonesas durante as crises do petróleo e de recessão econômica tendo ainda a necessidade de alcançar os altos níveis de produção e eficiência da indústria americana. As soluções para este desafio foram baseadas no uso de idéias de bom senso, na possibilidade de utilizar equipamentos e recursos com mais inteligência, no nivelamento e na sincronização da produção (Ohno, 1997).

A partir destas necessidades foram desenvolvidas ferramentas como *Kanban* para controle de estoque e movimentação de materiais, a SMED técnica de redução do tempo de *setup* de máquinas, as atividades dos 5S para limpeza e organização de recursos, etc.

O STP atualmente é referenciado como “Sistema de Produção Enxuta”, do original em Inglês “*Lean*”, devido à sua obsessão pela eliminação de desperdícios e excessos. O “Sistema de Produção Enxuta” se tornou mundialmente conhecido a partir da publicação do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” em 1990 pelos autores Daniel T. Jones, James P. Womack e Jones D. Roos. Este livro descreve principais as características do STP que o distinguem do sistema de produção em massa.

As ferramentas e soluções do STP para as necessidades de aumento da produtividade foram criadas sobre uma política de redução de custos a partir de uma análise global dos desperdícios, considerando que o aumento da eficiência depende fundamentalmente da redução de desperdícios (Ohno, 1997). O termo em japonês para desperdício é *muda*, que corresponde a qualquer atividade desnecessária que gera custos, não agrega valor ao produto e consome recursos sem contribuir para a empresa.

Segundo Ohno (1997) os desperdícios nos processos produtivos e nas atividades de produção podem ser divididos em sete categorias:

- Desperdício por Superprodução: produzir além das necessidades do próximo processo de produção ou dos clientes internos ou externos à empresa. É considerado o pior dos desperdícios, pois pode ser a causa da origem dos demais seis tipos de desperdício;
- Desperdício por espera: espera dos operadores em um processo enquanto a máquina opera, por falha de equipamento, por componentes ou ferramentas necessárias que não estão disponíveis, etc.;
- Desperdício por Transporte: transferência desnecessária de produtos, peças ou ferramentas como de uma etapa de processamento a um almoxarifado ou setor de suprimentos e dali a outra etapa do processo, quando a segunda poderia estar próxima à primeira ou num arranjo físico conveniente para que a etapa seguinte seja realizada sem a transferência do material;
- Desperdício no Próprio Processamento: realizar etapas incorretas, desnecessárias ou redundantes, geralmente devido ao processamento de produtos, projeto ruim ou planejamento inadequado;
- Desperdício por Estoque: possuir estoques maiores que o mínimo necessário para um sistema puxado precisamente conforme a demanda;
- Desperdício por Movimentação: operadores realizando movimentações desnecessárias tais como procurar equipamento, peças, documentos, ferramentas, etc.;
- Desperdício por Fabricação de Produtos Defeituosos: Perdas relacionadas ao material perdido por refugo e a conseqüente necessidade dos operadores realizarem inspeções e retrabalhos.

Um conjunto de diversas ferramentas são propostas por autores como Ohno (1997), Shingo (1989) e Rother e Shook (2003) para eliminar estes tipos de desperdício dentre os quais podemos citar: utilização de mecanismos de prevenção de falhas, sistema de troca rápida de ferramentas, mapeamento do fluxo de valor, manutenção preventiva, células de manufatura e busca do fluxo contínuo.

No STP, a redução de custos é buscada a partir da análise do mapa do fluxo de valor para identificar as oportunidades de eliminação de perdas no processo. Para o caso apresentado neste trabalho, os processos, atividades e etapas pelas quais o projeto atravessa dentro do Departamento de Engenharia deverão ser mapeados. O mapeamento é completado

pela análise das atividades realizadas nas etapas do processo para a identificação daquelas que não geram valor para o produto final.

2.2 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma representação abrangente de um processo para a avaliação do valor que cada atividade agrega ao produto. Segundo Rother e Shook (2003), é uma forma de melhorar o todo e não apenas as partes individuais, seguindo um princípio de visão sistêmica do processo.

Em aplicações produtivas, o MFV auxilia o analista a enxergar o fluxo de materiais e informações podendo abranger diversos setores de uma organização como também transpor as fronteiras da organização e se estender a outras organizações. Esta ferramenta também mostra a importância da informação no processo produtivo, pois prover a informação correta é um dos princípios fundamentais do pensamento enxuto.

Rother e Shook (2003) definem o MFV como uma ferramenta essencial para qualquer organização que vise à construção de um sistema produtivo enxuto por:

- Ajudar a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais, proporcionando uma visão geral do conjunto de processos;
- Ajudar a identificar os desperdícios, e mais do que isso, auxiliar a encontrar as fontes de desperdício;
- Fornecer uma linguagem comum para tratar os processos, mesmo sendo de características e fundamentos diferentes;
- Tornar as decisões sobre o fluxo visíveis, ou seja, com o MFV há a possibilidade de se prever os impactos de uma decisão ou mudança não só na atividade diretamente envolvida como também na cadeia de atividades como um todo;
- Juntar conceitos e técnicas enxutas, de modo a evitar a implementação isolada de ferramentas;
- Formar a base de um plano de implementação de melhorias com foco nas atividades que se mostram mais críticas para as mudanças;
- Mostrar a relação entre o fluxo de material e o fluxo de informação e;

- Oferecer uma ferramenta qualitativa com a qual se descreve graficamente em detalhe como a unidade produtiva mapeada deveria operar para a criação de um fluxo contínuo. Esta ferramenta auxilia a descrever como alcançar os resultados e metas estipulados.

Para as aplicações comuns, seria necessário selecionar uma família de produtos para a realização da análise do MFV. Como no presente trabalho será considerado o fluxo de informação e seus meios de transmissão, não é definida uma família de produtos a ser mapeada, mas um processo genérico de desenvolvimento de projetos na empresa estudada.

A abordagem do MFV se baseia na identificação e eliminação de desperdícios provenientes das atividades conjugadas do processo analisado, para que esse se torne cada vez mais enxuto, porém essa não é a única atribuição desta ferramenta. O MFV também inclui a análise das atividades com Valor Agregado (VA), as atividades Necessárias Mas Sem Valor Agregado (NSVA) e as atividades Sem Valor Agregado (SVA). Esta classificação deve ser baseada nos valores atribuídos ao produto que realmente importam para o cliente.

A metodologia continua com o desenho do Mapa do Estado atual, este mapa representa uma “fotografia” do processo realizado atualmente, mostrando como as atividades são realizadas considerando as seguintes informações:

- **Tempo de Processo:** o tempo gasto para a realização de cada atividade, considerando o tempo total para a sua conclusão. Desperdícios nas atividades podem ser identificados a partir do tempo de processo, pois certas atividades podem levar muito mais tempo atrasando os processos posteriores;
- **Tempo de Espera:** tempo para que a atividade comece a ser realizada, ou seja, tempo para a chegada da informação, material ou pessoas necessárias para que a atividade possa ser iniciada ou completada;
- **Frequência:** algumas atividades dentro do MFV podem não ser realizadas em todas as passagens pelo fluxo do processo, por exemplo, atividades de inspeção por amostragem, que não são realizadas em todos os produtos; e
- **Número de Operadores:** mostra o número de pessoas necessárias para realizar a atividade.

Com o MFV do Estado Presente procura-se encontrar as causas de desperdício (para eliminação) e as fontes de valor (para priorização). A eliminação de desperdícios e um melhor controle das atividades que agregam valor possibilitam evoluir para um fluxo de valor mais eficiente no Estado Futuro.

O Mapa do Estado Futuro, segundo Rother e Shook (2003), tem como meta representar uma cadeia de processos constituído de um fluxo contínuo e puxado, em que cada processo se aproxime o máximo do princípio de produzir apenas o que os clientes precisam e quando precisam. Os autores sugerem alguns procedimentos:

- Desenvolver um fluxo contínuo onde for possível: buscar fluxo contínuo significa procurar produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente para o processo seguinte sem nenhuma parada e;
- Representar de um modo que facilite a visualização das melhorias necessárias para viabilizar o fluxo idealizado, assim como os pontos que podem ser melhorados futuramente.

Por fim, o planejamento da implantação do fluxo do Mapa do Estado Futuro deve descrever o que fazer e como mudar para alcançá-lo, pois o Estado Futuro deve ser encarado como uma meta a ser atingida. A utilização desta ferramenta deve ser continuada, ou seja, o ideal é a realização de uma nova análise de MFV após a implantação do Mapa do Estado Futuro.

2.3 ESTUDO DE PROJETO

Existem algumas conceituações de projeto na literatura acadêmica atual, a mais utilizada é a realizada pelo PMI em 2004:

“Um empreendimento temporário feito para criar um produto, serviço ou resultado único”.

Na empresa considerada, os produtos de Projetos Especiais, são equipamentos que não fazem parte do conjunto de produtos de linha da empresa, porém envolvem conceitos de Engenharia Térmica, e que necessitam de tratamento único de suas atividades e funções para se atingir um resultado que atenda as expectativas do cliente.

Todos os Projetos Especiais surgem das necessidades de clientes que precisam realizar ensaios e testes de componentes ou processos produtivos sob condições peculiares. A unicidade de cada projeto é dada pelas especificações e restrições impostas por cada aplicação especificada pelo cliente. Há casos onde os equipamentos possuem algumas funções comuns, porém as restrições de espaço e tamanho interferem para tornar as características de um projeto únicas.

A definição da Norma ISO 10006 (1997) ressalta a unicidade e a composição de atividades que caracterizam um projeto, que tem como objetivo alcançar um resultado pré-determinado considerando restrições de tempo, custo e recursos. Os objetivos a serem alcançados por um Projeto Especial estão diretamente ligados às funcionalidades do equipamento. A avaliação operacional do Projeto Especial é o melhor indicador de resultado para as circunstâncias, escopo e restrições do Projeto.

A coordenação das atividades é realizada a partir de um procedimento definido pela empresa que pode ser aplicado a qualquer tipo de Projeto. Este procedimento define com detalhes as funções e as atividades a serem realizadas por cada um dos envolvidos no Projeto.

Este tipo de estrutura de projeto pode ser classificada de acordo com a Estrutura Projetizada (PMI, 2004), que segundo Kerzner (2001), traz como principal vantagem o controle do projeto ser realizado por um único gerente ou coordenador, mantendo a autoridade completa sobre todo o projeto. Neste tipo de estrutura, diferentes projetos são geridos por diferentes equipes de projeto de acordo com a Figura 2-1.

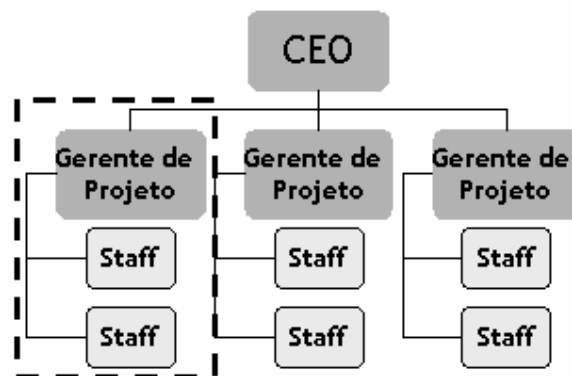


Figura 2-1 - Estrutura de Projeto

A estrutura da Figura 2-1 permite a realização de diferentes Projetos ao mesmo tempo, ou que diferentes projetos sigam as mesmas etapas sem que um influencie no andamento do outro.

Algumas vantagens deste tipo de estrutura, além das apresentadas acima, são enumeradas por Carvalho e Patah (2002) da seguinte maneira:

- Os membros do Projeto se encontram sob a responsabilidade do gerente do Projeto;
- Os membros do time possuem forte identidade própria, com isso tendem a desenvolver alto nível de comprometimento com o projeto;

- A possibilidade de tomadas de decisões rápidas é maior;
- Sempre há uma unidade de comando dentro do Projeto;
- A estrutura organizacional tende a permitir uma abordagem holística ao Projeto;
- Os canais e meios de comunicação entre os membros da equipe são fortes;
- É proporcionada uma resposta mais rápida aos Clientes e mais adequada para cada tipo de Projeto e;
- Existe flexibilidade na avaliação e determinação de tempo, custo e desempenho.

2.4 O LEAN OFFICE

As aplicações e ferramentas do STP e de *Lean Manufacture* para procedimentos de escritórios, na organização ou na administração de tarefas e atividades é chamado de *Lean Office*. De acordo com Oliveira (2005) a idéia de transpor os conhecimentos do STP para outras áreas de empresa que não seja o processo produtivo, tem sido bem aceita pelas empresas tanto no Brasil como no mundo. Porém, os desperdícios nos fluxos de informações e nas atividades administrativas, são bem mais difíceis de serem identificados e quantificados, em comparação aos processos de manufatura. A grande diferença é a característica intangível das informações em relação à característica tangível dos processos envolvendo materiais.

Para auxiliar na identificação dos desperdícios Lareau (2002) considera que diferentes desperdícios referentes a informações podem ocorrer em um fluxo administrativo. Para Lareau (2002) os desperdícios nos processos administrativos classificam-se da seguinte forma:

- Alinhamento de objetivos: é a energia gasta por pessoas trabalhando com objetivos mal entendidos e o esforço necessário para corrigir o problema e produzir o resultado esperado;
- Atribuição: é o esforço usado para completar uma tarefa inapropriada e não necessária;
- Espera: é o recurso perdido enquanto pessoas esperam por informações, reuniões, assinaturas, o retorno de uma ligação e assim por diante;

- Movimento: é o esforço perdido em movimentações desnecessárias;
- Processamento: um trabalho não executado da melhor forma é um desperdício de processamento;
- Controle: é a energia usada para controlar e monitorar sem produzir melhorias no desempenho;
- Variabilidade: é a utilização de recursos para compensar ou corrigir resultados que variam do esperado;
- Alteração: é o esforço usado para mudar arbitrariamente um processo sem conhecer todas as consequências e os esforços seguintes para compensar as consequências inesperadas;
- Estratégia: é o valor perdido ao implementar processos que satisfazem objetivos de curto prazo, mas que não agregam valor aos clientes e investidores;
- Confiabilidade: é o esforço necessário para corrigir resultados imprevisíveis devido a causas desconhecidas;
- Padronização: é a energia requerida por causa de um trabalho que não foi feito da melhor forma possível por todos os responsáveis;
- Sub-otimização: é causada pela concorrência de dois processos. No melhor caso, o desperdício será o trabalho duplicado, mas pode culminar no comprometimento de ambos os processos e na degradação do resultado final;
- Agenda: é a má utilização dos horários e da agenda;
- Processos informais: desperdícios que ocorrem quando recursos são usados para criar e manter processos informais que substituem os processos oficiais ou que conflitam com outros processos informais, e incluem também os recursos utilizados para corrigir os erros causados por este sistema;
- Fluxo irregular: recursos investidos em materiais ou informações que se acumulam entre as estações de trabalho e criam o desperdício de fluxo irregular;
- Checagem desnecessária: é o esforço usado para inspeções e re-trabalhos;
- Erro: é o esforço necessário para refazer um trabalho que não pôde ser utilizado;
- Tradução: é o esforço requerido para alterar dados, formatos e relatórios entre passos de um processo ou entre os responsáveis pela sua execução;

- Informação perdida: desperdício que ocorre quando recursos são requeridos para reparar ou compensar as conseqüências da falta de informações-chave;
- Falta de integração: é o esforço necessário para transferir informações (ou materiais) dentro de uma organização (departamento ou grupo) que não está completamente integrada à cadeia de processos utilizada;
- Irrelevância: esforço empregado para lidar com informações desnecessárias ou para reparar problemas que isso causa;
- Inexatidão: é o esforço usado para criar informações incorretas ou para lidar com as conseqüências disso;
- Inventário: são todos os recursos aplicados a um serviço antes de ser requerido, todo o material que não está sendo utilizado e todos os materiais que já estão prontos, mas estão aguardando sua utilização;
- Processos secundários: são os recursos despendidos em processos secundários que ainda não podem ser utilizados pelos passos seguintes do processo;
- Ativos subutilizados: são os equipamentos e prédios que não estão sendo usados de forma máxima;
- Transporte: todo transporte de materiais e informações, exceto aqueles utilizados para entregar produtos e serviços aos clientes;
- Falta de foco: ocorre toda vez que a energia e a atenção de um empregado não estão voltadas para os objetivos críticos da organização;
- Estrutura: ocorre quando comportamentos existentes, expectativas, procedimentos, rituais, regulamentos, cargos e prioridades não estão reforçando, guiando, e orientando o melhor comportamento para redução de desperdícios e também quando existe muita diferença entre a estrutura organizacional da empresa e os elementos fundamentais encontrados nas organizações de classe mundial;
- Disciplina: ocorre sempre que existir uma falha no sistema de identificação e reação rápida contra negligência, falta de responsabilidade e problemas decorrentes da falta de disciplina dos empregados;
- Domínio: ocorre toda vez que uma oportunidade de aumentar o domínio de um empregado sobre sua área de trabalho não for aproveitada.

As variações de desperdício apresentadas sugerem as possibilidades de ocorrência de *muda* a serem analisadas no MFV atual a fim de identificar as causas dos principais problemas que podem estar atrapalhando o Processo de Desenvolvimento de Projetos.

Como proposta para a identificação destes desperdícios no Mapa do Fluxo de Valor, os modos de desperdício de Lareau (2002) serão divididos conforme os 7 desperdícios enumerados por Ohno (1991). A divisão está apresentada na Tabela 2-1.

Desperdícios (Ohno)	Desperdícios (Lareau)
Espera	Espera
	Agenda
	Processos Secundários
	Informação Perdida
Movimento	Movimento
Transporte	Transporte
Processamento	Alinhamento de Objetivos
	Processamento não Executado da Melhor Forma
	Controle
	Estratégia
	Sub-Otimização
	Processos Informais
	Checagem Desnecessária
	Tradução
	Falta de Integração
	Falta de Foco
	Estrutura
	Domínio
Estoque	Fluxo Irregular
	Inventário
	Ativos Subutilizados
Fabricação de Produtos Defeituosos	Atribuição
	Variedade
	Alteração
	Confiabilidade
	Padronização
	Erro
	Irrelevância
	Inexatidão
	Disciplina

Tabela 2-1- Desperdícios Ohno x Lareau

Pode-se observar que por se tratar de fluxo de informações não há considerações de Superprodução de informação para um processo como este. Considerando a separação apresentada pela Tabela 2-1, pode-se observar que a maioria dos desperdícios é relacionada a problemas do processamento em si e Fabricação de Produtos Defeituosos (analogamente, informação imprecisa para o caso de *Lean Office*). Este fato é esperado, devido às diferenças entre um fluxo de informação e o fluxo físico de materiais num processo de produtivo.

2.5 ENGENHARIA SIMULTÂNEA

A Engenharia Simultânea é a prática de executar, paralelamente, atividades que são necessárias ao desenvolvimento de produtos (MACHADO e TOLEDO, 2008). O grande desafio deste tipo de abordagem é a composição das atividades para que possam ser realizadas em paralelo, obedecendo às relações de dependência e cuidando das interferências para que não comprometam os resultados do Projeto. A Engenharia simultânea depende de dois fatores para sua implantação: a execução de atividades em paralelo e a organização das muitas pessoas que participam do projeto (MACHADO e TOLEDO, 2008).

A execução de atividades em paralelo exige uma análise mais detalhada das relações de dependência de cada atividade de projeto, pois as dependências variam de acordo com a disponibilidade e o momento, ou seja, o controle do fluxo de informações e a disponibilidade de informação de maneira ampla se tornam fatores fundamentais para a realização de atividades em paralelo. Atualmente, com o avanço das tecnologias de informação, a execução de atividades em paralelo é facilitada, principalmente com a implantação de ferramentas de software em redes (MORGAN, 2002).

A gestão de membros de projeto é caracterizada pela definição de funções e a especificação detalhada de cada atividade a ser executada no decorrer dos projetos. A dificuldade encontrada é a disponibilidade das informações no tempo e local correto para a utilização de cada membro do projeto (MACHADO e TOLEDO, 2008).

3 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Para a descrição do Processo de Desenvolvimento de Projetos adotado pela empresa, o presente trabalho considerou uma amostra de 12 projetos desenvolvidos durante o período de Janeiro/2008 e Agosto/2008.

Esta amostra é constituída por:

- Dois projetos de condicionadores de ar com temperatura e umidade relativa controladas;
- Três câmaras com mais de 200m³ com temperatura e umidade relativa controladas, sendo uma composta com um painel de simulação solar;
- Um equipamento com temperatura negativa constante (congelador);
- Cinco câmaras com volume entre 1m³ e 8m³ com umidade relativa e temperatura controlada por dispositivos de teste acoplados e;
- Uma câmara com temperaturas que atingem até -80°C com sistema de refrigeração especial para atingir esta temperatura.

A variedade de projetos realizados é determinada pelo tamanho do equipamento ou pela necessidade de carga térmica do sistema de refrigeração, pois dependendo da aplicação a capacidade dos componentes de refrigeração pode variar muito. A capacidade dos equipamentos analisados neste estudo variou entre 1 e 4 sistemas de refrigeração com capacidades térmicas de 2.000kcal/h a 50.000kcal/h. Já o volume da câmara requerida teve variação de 1m³ a 320m³.

Os equipamentos são aplicados em diferentes indústrias com diferentes aplicações. Nesta amostra são avaliados equipamentos destinados à indústria automobilística (realização de ensaios e testes climáticos), indústria naval (ensaio e teste de válvulas submarinas) e uma universidade (realização de pesquisas científicas).

A clara compreensão das necessidades dos clientes é fator determinante para a correta execução destes projetos, pois estas considerações definem as dimensões do equipamento e afetam os tempos das atividades executadas nos projetos.

3.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Os projetos realizados pelo Departamento de Engenharia da empresa consistem no desenvolvimento do conceito, escopo, dimensionamento e execução de equipamentos de engenharia térmica. Considerando que os equipamentos dos projetos analisados neste estudo, estão baseados em princípios e conceitos de sistemas de refrigeração por compressão de vapor (em todos os doze projetos da amostra considerada), sistema de aquecimento de ambientes (em 10 dos 12 projetos), sistema de geração de vapor (8 dos 12 projetos) e sistema de movimentação de ar, será necessária uma descrição sucinta destes componentes para que as etapas do processo de desenvolvimento de projetos sejam compreendidas.

3.1.1 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Os sistemas de refrigeração, destes projetos, são baseados em ciclos de compressão de vapor (Figura 3-1), e consistem de 4 componentes principais, sendo eles: compressor, evaporador, condensador e elemento de expansão. Na Figura 3-1 está representado o ciclo térmico básico de refrigeração por compressão de vapor, seus componentes e a descrição funcional de cada um.

O sistema básico de refrigeração é constituído por quatro elementos: evaporador, compressor, condensador e elemento (ou válvula) de expansão. No evaporador, o fluido refrigerante, em condição de baixa pressão e temperatura, troca calor com o ambiente controlado. Portanto, teremos, em operação normal, gás superaquecido a baixa pressão (pressão de evaporação) na saída do evaporador. O compressor succiona este gás e o descarrega na região de alta pressão do sistema. A pressão de descarga do compressor é aquela correspondente à temperatura de saturação do condensador. Na descarga do compressor temos a mais alta temperatura de todo o sistema, é o ponto de maior entalpia. Após o compressor, o fluido refrigerante troca calor com o condensador, onde ocorre perda de calor do fluido refrigerante até que este atinja a região de líquido saturado (ocorre a condensação de todo o refrigerante). No condensador todo o calor trocado no evaporador, adicionado ao trabalho recebido pelo gás no compressor, é dissipado para o ar ambiente. A válvula de expansão provoca uma queda de pressão e temperatura isoentálpica, e o fluido

refrigerante, que na saída do condensador está na região de líquido saturado, é expandido até a pressão de saturação do evaporador onde é reiniciado o ciclo. É importante observar que o processo é contínuo com fluido refrigerante circulando por todo o sistema (Stoeker, 2002).

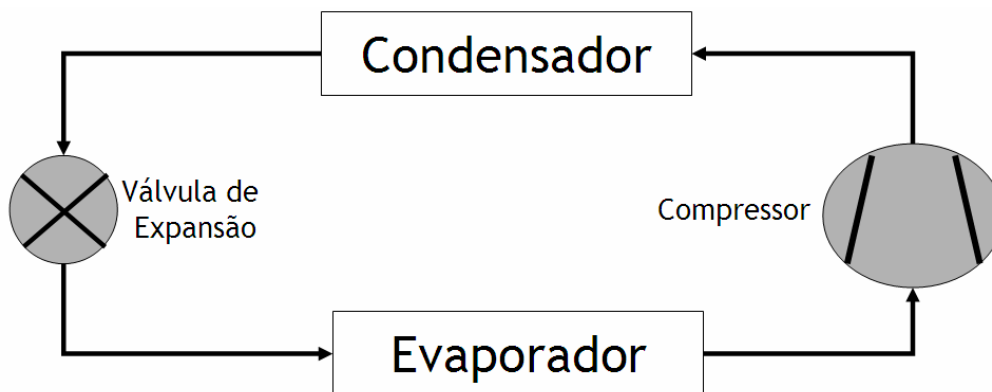


Figura 3-1 – Ciclo de Refrigeração de Carnot

Os modelos de compressores, evaporadores, condensadores e dispositivos de expansão variam de acordo com a carga térmica necessária em cada aplicação.

3.1.2 SISTEMA DE AQUECIMENTO

Nos sistemas de aquecimento destes Projetos são utilizados bancos de resistências elétricas tubulares com dissipação térmica controlada. O controle é dado pela potência de aquecimento de cada resistência e seu tempo de operação durante o processo de circulação de ar, sendo a passagem de ar o responsável pelas trocas térmicas entre o banco de resistências e o ambiente.

Este sistema é utilizado em projetos onde as temperaturas de trabalho excedem a temperatura ambiente ou são necessários controles de temperatura com grau de precisão menor que $0,1^{\circ}\text{C}$. A potência de cada banco de resistência varia de acordo com o projeto e o grau de precisão da aplicação.

3.1.3 SISTEMA DE GERAÇÃO DE VAPOR

O sistema de geração de vapor consiste de resistências elétricas imersas em um reservatório que aquecem a água até o ponto de vaporização. Este sistema é utilizado para realizar o controle da Umidade Relativa em processos onde isso seja requerido. O sistema consiste em um controlador que atua sobre o banco de resistências imersas em água deionizada de modo que seja gerado vapor saturado alterando assim a Umidade Relativa do ar.

3.1.4 SISTEMA MOVIMENTAÇÃO DE AR

Em todos os projetos estudados o mecanismo de movimentação de ar foram empregados ventiladores centrífugos. A movimentação de ar é fundamental para estes tipos de equipamento, pois permite as trocas de calor entre os componentes de aquecimento e refrigeração e também mistura do ar em circulação com o vapor gerado pelo sistema de geração de vapor.

3.2 DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

3.2.1 VISÃO GERAL

Para melhor compreensão do Processo de Desenvolvimento de Projetos é apresentado na Figura 3-2 um fluxograma que mostra a interação dos Departamentos de Vendas, Produção, Suprimentos e Engenharia para a realização e a execução de um Projeto de acordo com o modelo atual da empresa.

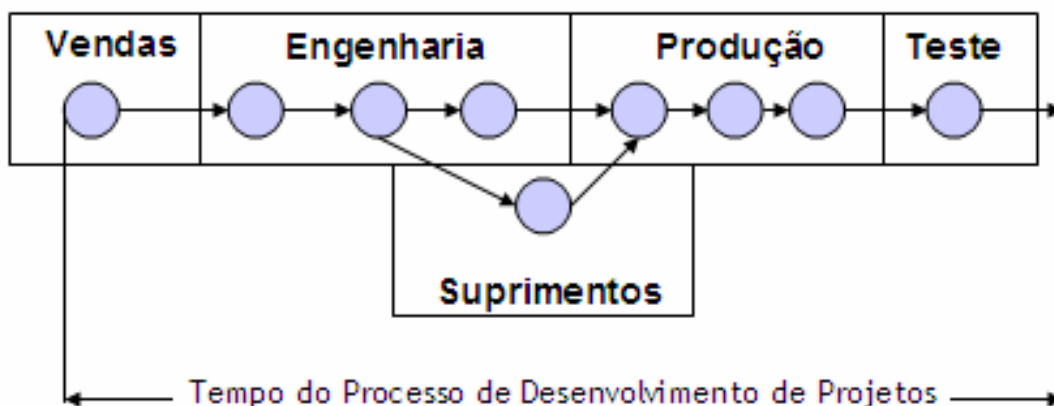


Figura 3-2 - Fluxograma Global

A redução dos atrasos está diretamente ligada à redução do Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projetos (TPDP). Para que este tempo possa ser reduzido, este estudo analisa com detalhes as atividades do Departamento de Engenharia, ou seja, as atividades representadas por Engenharia e Teste na Figura 3-2.

Para a busca da redução do Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projetos (TPDP) serão descritas e analisadas na seção 3.2.2 as atividades realizadas pelo Departamento de Engenharia e a relação existente entre as mesmas.

3.2.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Nesta seção serão descritas todas as etapas de desenvolvimento de projetos que são seguidas pela empresa. Estas atividades descritas são apenas as realizadas pelo Departamento de Engenharia, iniciando-se após a efetivação da venda pelo Departamento de Vendas até a finalização do projeto com o seu arquivamento. Não serão detalhadas as atividades realizadas no Departamento de Produção por não fazerem parte do escopo deste estudo, porém quando houver necessidade que esclarecimento de alguma atividade realizada pelo Departamento de Produção ou algum procedimento for necessário para a explicação de algum ponto relevante, serão apresentadas referências sobre o processo produtivo.

Atualmente o processo de desenvolvimento de projetos consiste em 32 atividades que serão descritas a seguir (as documentações envolvidas neste processo serão esclarecidas no decorrer da explicação referente à atividade que realiza a execução do documento):

- 1 - Recebimento da Ordem de Serviço (OS) e Montagem das Pastas: nesta etapa são geradas duas pastas: a Pasta de Engenharia (Figura 3-3) e a Pasta de Fabricação (Figura 3-4). A Pasta de Fabricação consiste em uma pasta suspensa que conterá a documentação necessária para a realização da fabricação do Projeto pela Produção. Para a Pasta de Fabricação a Secretária do Departamento de Engenharia (SE) recebe os dados da OS enviada pelo setor de vendas (Proposta de Venda aceita pelo Cliente) e os organiza em uma pasta suspensa com uma folha de rosto que contém os dados básicos da OS: nome do cliente, modelo do equipamento, número da OS, o nome do Responsável pela Ordem de Serviço (RO) e a data de entrega do equipamento. Dentro desta Pasta de Fabricação há 3 pastas plásticas que são destinadas às listas de materiais dos setores de Funilaria, Mecânica e Elétrica, mostradas na Figura 3-4. A Pasta de Engenharia contém os documentos enviados pelo Departamento de Vendas e envelopes plásticos para receber cada um dos seguintes formulários:
 - Folha de Rosto da OS
 - Análise Crítica dos Dados de Entrada
 - Protocolo de Entrega de Pastas de Fabricação
 - Controle de Projeto
 - Atas de Reuniões
 - Planejamento do Projeto
 - Critérios de Aceitação
 - Controle de Projeto Básico
 - Dimensionamento e Seleção
 - Guia de Entrega de Desenhos
 - Desenho Dimensional
 - Fluxograma Mecânico/Hidráulico
 - Esquema Elétrico
 - Análise Crítica dos Dados de Saída
 - Listas de Materiais – Funilaria
 - Listas de Materiais – Mecânica
 - Listas de Materiais – Elétrica

A Figura 3-5 mostra a Pasta de Engenharia aberta na divisão referente ao formulário de Guia de Entrega de Desenhos.

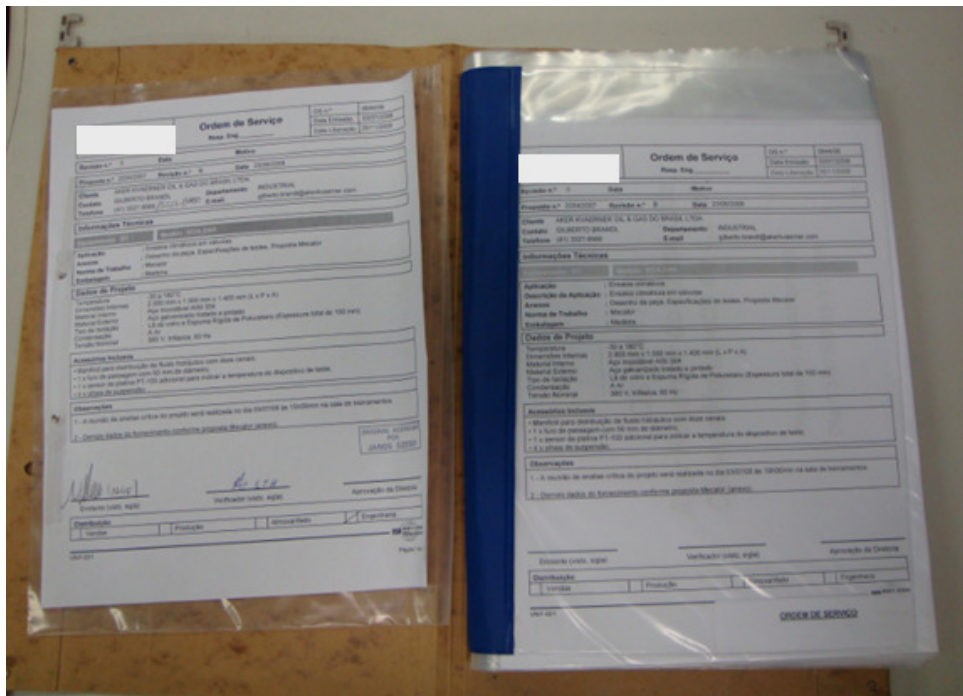


Figura 3-3 – Foto da Pasta de Engenharia



Figura 3-4 – Foto da Pasta de Fabricação

Figura 3-5 – Foto da Pasta de Engenharia (Formulário de Guia de Entrega de Desenhos)

- 2 - Análise Crítica dos Dados de Entrada: com a presença do RO, Coordenador de Projetos (CP) e o Gerente da Engenharia (GE), é efetuada a análise crítica dos dados de entrada do projeto de modo a eliminar qualquer dúvida referente aos dados de projeto, e caso haja alguma inconsistência, este seja corrigida pelo Departamento de Vendas via solicitação de uma revisão. Caso o projeto tenha alguma urgência na entrega, possua alguma necessidade tecnológica que não seja do domínio da empresa ou utilize normas específicas estipuladas por procedimentos de clientes, é realizada uma reunião específica para o tratamento dos dados correspondentes a estas particularidades de modo a verificar a viabilidade destas ocorrências de projeto. A principal ferramenta desta análise é um *check-list* que verifica todos os dados básicos do projeto e enumera os pontos relevantes para a execução do projeto. Após a aprovação, este documento é incluso na pasta de Engenharia.
- 3 - Solicitação de Revisão dos dados de Entrada: esta solicitação é realizada pelo Coordenador de Projetos (CP) e pelo Responsável pela Ordem de Serviço (RO) por meio de um documento que aponta a falha ou erro cometido nos dados apresentados e solicita a correção. Os erros mais comuns são atribuídos à especificação de normas ou de características técnicas básicas do

equipamento que apresentam conflitos de dados. A revisão é apontada no *check-list* gerado na atividade anterior.

- 4 - Distribuição da OS: a SE recebe a OS após a realização da análise crítica dos dados de entrada e repassa ao Gerente de Produção no Departamento de Produção, ao Gerente de Suprimento no Departamento de Suprimentos e ao Gerente de Engenharia de modo que todos tenham as informações necessárias para a realização das programações de seu Departamento a fim de atender os prazos estipulados na Análise Crítica dos dados de Entrada.
- 5 - Elaboração do Planejamento e do Desenvolvimento do Projeto: nesta etapa são determinadas as etapas para execução do projeto, o tempo de duração e as datas limites para os marcos do projeto. Nesta atividade são determinados os recursos necessários para o cumprimento das etapas, obedecendo ao prazo de entrega do equipamento estipulado pelo Departamento de Vendas junto ao cliente. O documento gerado nessa atividade é o Cronograma Geral onde estão representadas as atividades a serem realizadas com as discriminações de Engenharia, Desenho, Fabricação, Teste e Entrega, representados por um Diagrama de Gantt. Caso ocorra alguma alteração de Cronograma Geral, estas serão incluídas nas etapas seguintes que tenham um processo de verificação e/ou revisão. No Cronograma Geral são discriminados os prazos de execução dos Critérios de Aceitação, Projeto Básico, Lista de Materiais, Guias de Desenhos, Análise Crítica dos Dados de Saída, Testes e o Manual de Instruções do Equipamento. O Cronograma Geral é colocado na Pasta de Engenharia na divisão reservada para o Planejamento do Projeto.
- 6 - Estabelecimento dos Critérios de Aceitação: O CP e o RO elaboram os Critérios de Aceitação que consistem na descrição da faixa de controle de temperatura, faixa de controle de umidade relativa, gradientes de temperatura, dimensões internas, dimensões externas, acessórios previstos na proposta, tensão de alimentação e tensão de controle do equipamento. Como item deste documento é inserida as condições de aplicação e operação do equipamento, que em muitos casos são representadas por gráficos que representam os ciclos de temperatura e umidade relativa. Estes ensaios serão simulados no processo de realização de testes de validação do equipamento. O Critério de Aceitação é incluído na Pasta de Engenharia.

- 7 - Execução de Projeto Básico: O Projeto Básico é um documento que representa a concepção do equipamento, deve conter uma descrição clara e sucinta do equipamento com um fluxograma, um esquema elétrico e um desenho dimensional, mesmo que preliminar ou na forma de esboço. Inclui o dimensionamento dos principais componentes como compressores, ventiladores, trocadores de calor, controladores ou ainda outros equipamentos considerados relevantes para o projeto em questão. O Projeto Básico é um relatório que é armazenado separadamente da Pasta de Engenharia, pois o Projeto Básico pode ser consultado para a realização de outros projetos básicos. Trata-se de uma atividade de fundamental importância por abranger o dimensionamento dos componentes principais que constituem todo o sistema de refrigeração, aquecimento e geração de vapor.
- 8 - Verificação do Projeto Básico: atividade que verifica se as considerações realizadas na Análise Crítica de Dados de Entrada foram obedecidas no dimensionamento de componentes do Projeto Básico. O verificador deve procurar comprovar se os requisitos técnicos foram atendidos e se os dados considerados são suficientes para iniciar os desenhos de projeto.
- 9 - Revisão do Projeto Básico: a revisão do Projeto Básico é realizada pelo CP para ajuste dos pontos considerados errados ou inadequados para o Projeto e que devem ser corrigidos para a continuidade do Projeto.
- 10 - Dimensionamento e Especificação de Materiais: nesta atividade o RO, CP e o Projetista (PJ) especificam e dimensionam todos os componentes mecânicos, elétricos e estruturais do equipamento. Estas especificações devem estar de acordo com o dimensionamento dos componentes principais do Projeto Básico, ou seja, todos os itens que compõem o equipamento devem ser listados e inclusos na Lista de Materiais. Devem ser elaborados os Fluxogramas de componentes mecânicos e hidráulicos dos sistemas de refrigeração e do gerador de vapor, e o Esquema Elétrico que contenha todos os componentes elétricos de controle e comando do equipamento. A Lista Materiais é dividida nas três divisões funcionais do Departamento da Produção (Funilaria, Mecânica e Elétrica) e são geradas 3 cópias de cada lista, uma para a Pasta de Engenharia, uma para a Pasta de Fabricação e uma para a

requisição de itens no Departamento de Suprimentos. O solicitante desta lista obrigatoriamente será o RO. A Lista de Materiais é mostrada na Figura 3-6.

Código	Descrição	Símbolo	Tensão	Filtro	Grupo	Opcional	Qtde	UN	AI	D	C	Qtd.Alt.	Dt.Limite
Lista de Materiais													
3397 0010121	CHAPA COMPENSADO ; ; VIROLA NAVAL...	0	n/a	Refrigeração	FUNILARIA	-	1	PC	☐	☐	☐	0	1/4/2009
3398 0010159	FLANGE PARA FURO PASSAGEM; MECAL...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	2	PC	☐	☐	☐	0	6/4/2009
3399 0010173	DOBRADEIRA PLANA; ; AÇO INOX AISI 304...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	0	PC	☐	☐	☐	0	2/4/2009
3400 0020013	DISCO DE VEDACAO EM SILICONE ;FATR...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	5	PC	☐	☐	☐	0	1/4/2009
3402 0030310	ABRACADEIRA TIPO D ; ; FERRO ZINCAD...	0	n/a	Refrigeração	MECANICA	-	1	PC	☐	☐	☐	0	24/2/2009
3403 0030901	BUCHA DE TEFLON ; ; Ø 80 x Ø 40 mm, BA...	0	n/a	Refrigeração	FUNILARIA	-	1	PC	☐	☐	☐	0	7/4/2009
503766 0031251	PARAFUSO ALLEN ; ; AÇO SAE-8640, SEM...	0	n/a	Refrigeração	MECANICA	-	12	PC	☐	☐	☐	0	20/4/2009
3404 0031524	PARAFUSO CABECA CHATA ; ; SEXTAVAD...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	16	PC	☐	☐	☐	0	24/2/2009
3405 0031885	PARAFUSO CABECA CILINDRICA FENDA...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	16	PC	☐	☐	☐	0	24/2/2009
3406 0033127	PARAFUSO ; ; AÇO INOX, URL, 5/16"X 3/8"	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	1	PC	☐	☐	☐	0	24/2/2009
3407 0033130	PARAFUSO ; ; AÇO INOX, URL, 5/16"X 1/4"	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	1	PC	☐	☐	☐	0	24/2/2009
3408 0033141	(INATIVO) PINO ; ; AÇO SAE-1010/1020, P...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	0	PC	☐	☐	☐	0	24/2/2009
3409 0033650	REBITE ; BOLLHOFF; RIV-KLE PLUS, AÇO...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	0	PC	☐	☐	☐	0	24/2/2009
3410 0033769	AMORTECEDOR DE VIBRACAO ; ; STAND...	0	n/a	Refrigeração	FUNILARIA	-	4	PC	☐	☐	☐	0	1/4/2009
3411 0040014	EIXO DE ACOPLAMENTO EM AÇO INOX A...	0	n/a	Refrigeração	FUNILARIA	-	3	PC	☐	☐	☐	0	3/6/2009
3412 0050014	SAPATA AÇO CARBONO 1010/1020 ; ; 220...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	0	PC	☐	☐	☐	0	11/3/2009
3413 0050056	TARUGO DE AÇO INOX 304 ; ; DIAMETRO...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	0	BR	☐	☐	☐	0	11/3/2009
3414 0050318	BARRA CHATA DE AÇO CARBONO 1010/2...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	0	M	☐	☐	☐	0	11/3/2009
3415 0050499	CHAPA AÇO INOXIDAVEL 304 ; ; LAMINAD...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	3	PC	☐	☐	☐	0	24/2/2009
3416 0050500	CHAPA AÇO INOXIDAVEL 304 ; ; LAMINAD...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	1	PC	☐	☐	☐	0	24/2/2009
3417 0050529	CHAPA AÇO INOXIDAVEL 304 ; ; LAMINAD...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	1	PC	☐	☐	☐	0	24/2/2009
3418 0050540	CHAPA AÇO INOXIDAVEL 304 ; ; LAMINAD...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	0	PC	☐	☐	☐	0	24/2/2009
3419 0050618	GERADOR VAPOR ; ; 1,5 A 3KW, CONJUN...	GV	n/a	Hidráulica	MECANICA	-	1	MO	☐	☐	☐	0	24/2/2009
3420 0050662	DISCO DE AÇO INOX 304 ; ; Ø105 X Ø45 X...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	2	PC	☐	☐	☐	0	7/4/2009
3421 0050672	CHAPA ZINCADA ; ; POR IMERSAO A QUE...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	1	PC	☐	☐	☐	0	24/2/2009
3422 0050673	CHAPA AÇO CARBONO FINA FRIA 1006/1...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	0	PC	☐	☐	☐	0	11/3/2009
3423 0050676	CHAPA AÇO CARBONO FINA FRIA 1006/1...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	1	PC	☐	☐	☐	0	1/4/2009
3424 0050682	CHAPA ZINCADA POR IMERSAO A QUEM...	0	n/a	FUNI	FUNILARIA	-	6	PC	☐	☐	☐	0	11/3/2009

Figura 3-6 – Foto da Lista de Materiais em Formato Digital

- 11 - Análise Crítica da Lista de Materiais: a Análise Crítica da Lista de Materiais é feita pelo CP, o Representante de Vendas (RV) que gerou a OS e o Gerente da Engenharia (GE) sem a presença do solicitante. Deve-se verificar se os materiais selecionados estão de acordo com o dimensionamento e definições apresentadas no Projeto Básico. O documento originado desta atividade é a autorização da emissão da lista a partir de uma assinatura em todas as vias das listas.
- 12 - Revisão das Listas de Materiais: esta revisão tem como objetivo o ajuste de inconsistências encontradas na Análise Crítica da Lista de Materiais. Após a revisão, o RO reapresenta as Listas de Materiais para o GE para que seja aprovada.
- 13 - Solicitação de Materiais para o Almoxarifado: os materiais são solicitados com a apresentação de Listas de Materiais impressas em suas três vias, sendo que uma via fica no Departamento de Suprimentos e as outras duas vias são incluídas na Pasta de Engenharia e na Pasta de Fabricação. Cada via é dividida em itens referentes a cada uma dos três setores do Departamento de Produção: Funilaria, Elétrica e Mecânica.
- 14 - Elaboração do Desenho para o Cliente: os documentos enviados ao Cliente consistem em um Desenho Dimensional do equipamento

apresentando os principais componentes do equipamento, as dimensões principais e as características mais relevantes do projeto que necessitam ser do conhecimento do Cliente. Nessa etapa, o PJ deve desenvolver este desenho dimensional com o acompanhamento do CP, para que eventuais dúvidas sobre o conceito do projeto sejam discutidas e esclarecidas. Juntamente com o desenho dimensional é enviado o documento do Critério de Aceitação do equipamento, para que o Cliente tenha conhecimento dos principais conceitos do projeto e possa verificar se as análises estão de acordo com as expectativas.

- 15 - Envio de Desenho para o Cliente: o envio dos documentos (Desenho Dimensional e Critério de Aceitação) é realizado via e-mail com um modelo de corpo de texto padrão.
- 16 - Elaboração dos Desenhos para Fabricação: nesta atividade o PJ desenvolve todos os desenhos de fabricação referentes ao projeto, baseados nos dados de Projeto Básico e na Lista de Materiais. O detalhamento deve ser destinado às três divisões funcionais do Departamento de Produção, ou seja, os desenhos de fabricação devem ser divididos em Desenhos de Funilaria, Desenhos de Mecânica e Desenhos de Elétrica. Estes desenhos são registrados em uma Guia de Desenhos, onde constam os códigos de cada desenho, uma breve descrição da peça ou parte do equipamento e a data de realização deste desenho. Todos os detalhes construtivos devem ser indicados no desenho ou colocados em uma lista de referência em anexo ao desenho. Cada desenho deve ser verificado e autorizado para que seja levado à fabricação, sendo os responsáveis pela verificação, os projetistas que não participam do projeto e a autorização realizada pelo GE ou pelo CP. Os desenhos são encaminhados por meio da Pasta de Fabricação, são arquivados na forma de arquivos digitais e ficam disponíveis para consulta a todos os envolvidos no projeto.
- 17 - Especificação de Materiais Complementares: nesta etapa é verificado se a Lista de Materiais apresenta todos os componentes necessários para a fabricação do equipamento, com base em um parecer do PJ. Caso este tenha identificado a falta de algum componente que necessite ser utilizado para a fabricação do equipamento e não conste na Lista de Materiais entregue ao Departamento de Suprimentos anteriormente o item deve ser incluído na Lista de Materiais Complementares.

- 18 - Análise Crítica da Lista de Materiais Complementares: a análise deve ser realizada da mesma maneira que a Análise Crítica da Lista de Materiais (Atividade 11).
 - 19 – Revisão da Lista de Materiais Complementares: o CP e o PJ devem corrigir os materiais especificados com erro e as quantidades erradas apontadas na Lista de Materiais identificados na Análise Crítica da Lista de Materiais Complementares (Atividade 18).
 - 20 - Solicitação de Materiais Complementares: os materiais são solicitados com a apresentação da Lista de Materiais Complementares impressa em duas vias, sendo que uma via fica no Departamento de Suprimentos e a outra via é incluída na Pasta de Engenharia.
 - 21 - Montagem da Pasta de Fabricação: a Pasta de Fabricação é montada com os seguintes documentos separados pelos setores do Departamento de Produção:
 - Pasta de Fabricação Mecânica: deve conter a Lista de Materiais Mecânicos, o Desenho Dimensional e o Fluxograma do Equipamento.
 - Pasta de Fabricação Elétrica: deve conter o Esquema Elétrico e a Lista de Materiais Elétricos.
 - Pasta de Fabricação de Funilaria: deve conter o Desenho Dimensional e todos os desenhos de fabricação referentes ao equipamento.
- Junto a estas pastas deve ser incluso o Roteiro de Teste, que compreende as verificações de todos os quesitos técnicos do equipamento. A Figura 3-5 mostra a Pasta de Fabricação com as 3 pastas plásticas de cada um dos setores do Departamento de Produção.
- 22 - Análise Crítica dos Dados de Saída: os dados de saída deverão ser confrontados com os requisitos de entrada do projeto e com os Critérios de Aceitação do equipamento, que foram estabelecidos. Também deverão ser verificadas as características críticas para a qualidade do projeto. A realização desta etapa é efetivada com a inclusão de um parecer tanto do Responsável pela Produção (PD) como do Gerente de Engenharia (GE);
 - 23 - Revisão dos Dados de Saída: a revisão é realizada caso o PD ou o GE considerem que o projeto ainda não atende as condições de entrada ou deva sofrer alguma revisão.

- 24 - Entrega da Pasta de Fabricação: com a inclusão das pastas de fabricação de cada setor do Departamento de Produção, o Roteiro de Teste e as aprovações do GE, a Pasta de Fabricação pode ser encaminhada ao responsável da produção para que o equipamento seja fabricado.

As atividades descritas acima (Atividade 1 à Atividade 24) ocorrem antes do processo produtivo, ou seja, estão enquadradas nos prazos de entrega dos projetos para o Departamento de Produção. Os dados analisados para registro de atrasos do Departamento de Engenharia são referentes aos tempos de processo destas atividades. Como foge ao escopo deste estudo a análise do processo produtivo, não serão descritas as suas atividades e métodos.

As atividades descritas a seguir (Atividade 25 à Atividade 32) referem-se às etapas realizadas pelo Departamento de Engenharia após o processo produtivo. Estas atividades serão consideradas neste estudo, pois sua análise pode ser relevante para a redução do tempo total do processo de execução de um projeto e na redução do atraso de entrega dos equipamentos. A descrição destas atividades é apresentada a seguir:

- 25 - Fabricação: a fabricação é realizada por 3 setores distintos dentro do Departamento de Produção: Funilaria, Elétrica e Mecânica. O setor de Funilaria é responsável pela estrutura, chaparia e pintura do equipamento. O setor de Elétrica é responsável pela montagem do quadro elétrico, alimentação dos componentes que necessitam de energia e a alimentação elétrica do Equipamento. O setor de Mecânica é responsável pela montagem dos componentes hidráulicos e pela montagem do sistema de refrigeração dos equipamentos.
- 26 - Teste do Equipamento: nesta atividade é realizado o Teste de Verificação estrutural, dos componentes mecânicos, componentes elétricos e a operação do equipamento. O Roteiro de Teste presente na Pasta de Fabricação é utilizado para registro das observações e dos testes realizados. O Teste de Operação e Desempenho consiste na realização dos ciclos descritos no Critério de Aceitação, sendo que nesta etapa são realizados os ajustes do Sistema de Refrigeração, Sistema de Aquecimento e Sistema de Geração de Vapor.
- 27 - Definição das Alterações: em alguns casos, o equipamento não atende a algumas especificações estabelecidas no escopo do projeto e necessita de alterações. As alterações podem ser referentes a qualquer componente ou sistema do equipamento. Para a definição destas alterações são realizadas reuniões em que

são discutidas as alternativas de solução e são definidas as alterações para que o equipamento atenda as especificações determinadas.

- 28 - Documentação das Alterações: todas as alterações são documentadas e todos os documentos envolvidos nas alterações são revisados, atualizados e registrados como uma nova versão de documento. As alterações podem implicar, por exemplo, na alteração de Desenhos de Fabricação, Listas de Materiais, Fluxogramas, Esquema Elétrico e Projeto Básico.
- 29 - Validação do Equipamento: consiste na verificação do atendimento de todas as especificações e exigências do Critério de Aceitação assim como de todos os requisitos de entrada. A validação também inclui a verificação dos testes e uma inspeção final. Existem casos em que o equipamento só pode ser validado no local onde será instalado devido a restrições do Cliente ou da aplicação.
- 30 - Execução do Manual de Instruções: o Manual de Instruções do Equipamento deve conter as informações necessárias para orientar o usuário sobre o funcionamento adequado e seguro do produto, ou seja, deve conter os requisitos de operação, manuseio e manutenção do equipamento.
- 31 - Revisão do Manual de Instruções: a revisão do manual de instruções consiste em uma leitura completa e minuciosa dos pontos críticos.
- 32 - Arquivamento do Projeto: o Projeto é considerado arquivado quando a Pasta de Engenharia é completada com todos os documentos descritos na Montagem da Pasta de Engenharia (Atividade 21), e assim o Projeto é dado como encerrado.

4 ESTUDO DO MAPA DO FLUXO DE VALOR ATUAL

Uma vez apresentadas as etapas do Processo de Desenvolvimento de Projetos, será realizada uma descrição esquemática do seu procedimento para melhor visualização deste processo. Esta descrição contempla as passagens da Ordem de Serviço (OS) do Departamento de Vendas para o Departamento de Engenharia e deste para o Departamento de Produção.

O MFV apresentado a seguir foi realizado para a obtenção do Mapa do Estado Atual que tem como propósito apresentar dados referentes ao modo como o Departamento de Engenharia realiza atualmente as atividades de Desenvolvimento de Projetos.

Apesar de esta ferramenta ter sido originalmente desenvolvida para o ambiente da manufatura em que os processos produtivos envolvem a agregação de valor em fluxos de materiais, ela pode ser aplicada para analisar e melhorar o fluxo em processos administrativos e de serviço. A grande dificuldade de aplicação do pensamento enxuto para melhoria de processos reside no correto planejamento da introdução de conceitos e ferramentas ditas enxutas (Roldan e Miyake, 2004). Segundo Rother e Shook (1999) o MFV é a ferramenta ideal para a visualização das mudanças necessárias num fluxo de valor e ajuda a direcionar a implantação das melhorias.

4.1 DESCRIÇÃO DO MODELO

O modelo utilizado para a descrição deste MFV é baseado na notação de Rother e Shook (1999) e Tapping et al. (2002). A Figura 4.1 apresenta como serão descritas as atividades apresentadas na seção 3.2.2.

			Atividade
			Operador
TP			Tempo de Processo
TE			Tempo de Espera
FREQ			Frequência
		Tipo de Infor.	Classificação

Figura 4-1 Representação do Bloco de Atividade

As atividades serão descritas na segunda pessoa do singular de modo a representar a realização da ação de cada operador. Os operadores que atuam neste processo são identificados pelas siglas relacionadas na Tabela 4-1.

CP	Coordenador de Projetos
GE	Gerente de Engenharia
PD	Produção
PJ	Projetista
RO	Responsável da Ordem de Serviço
RV	Representante de Vendas
SE	Secretária da Engenharia

Tabela 4-1 – Operadores do Processo de Desenvolvimento de Projetos

Cada um dos operadores citados na Tabela 4-1, já foram apresentados na seção 3.2.2 e as ações dentro de cada atividade foram esclarecidas na mesma seção. Caso necessário para a apresentação de melhorias, as atividades e as funções dos Operadores envolvidos serão detalhadas.

Os Tempos de Processo (TP) incluem apenas o tempo referente à execução da atividade em si, considerando que a atividade seja realizada continuamente no tempo, ou seja, ocorrendo alguma parada momentânea no decorrer da realização de uma atividade, esta será inclusa no tempo de realização da atividade. Isso é devido à dificuldade de aquisição de dados exatos no processamento de informações, para verificar a ocorrência de paradas ou esperas dentro de um fluxo de informações dado a sua intangibilidade, diferentemente do que ocorre num processo com produtos tangíveis, em que é possível verificar que parte da atividade foi interrompida pela avaliação do estado de uma peça ou da quantidade processada de um lote.

O Tempo de Espera é o tempo gasto para reunir os Operadores envolvidos na atividade, o tempo gasto para a atividade chegar ao local determinado ou o tempo para que a informação necessária se torne disponível para a realização da atividade. Para a aquisição destes dados foram consideradas estimativas levantadas de cada Projeto da amostra avaliada neste estudo, pois as esperas variam bastante conforme a disponibilidade de cada Operador e das informações no decorrer dos projetos considerados.

A Frequência de cada atividade foi considerada de acordo com a amostra de Projetos analisados. Caso uma atividade seja realizada em todos os Projetos é, atribuída uma Frequência de 100%, caso contrário será atribuída à porcentagem da ocorrência da mesma dentro da amostra analisada. Este dado é relevante para a identificação de atividades que possam ser eliminadas pela baixa ocorrência ou que devam ser priorizadas devido ao fato de apresentar uma frequência alta e um longo tempo de duração.

O Tipo de Informação descreve como a informação é transmitida, arquivada e utilizada. As formas de informação utilizadas pelo processo são apresentadas na Tabela 4-2.

CAD	Informação por meio de ferramenta de desenhos
E-mail	Fluxo utilizando correio eletrônico
Excel	Fluxo por meio de planilhas
Papel	Informação passada fisicamente (impressa)
SI	Sistema de Informação (desenvolvido pela empresa)
Word	Fluxo por meio de documentos de texto

Tabela 4-2 – Formas de Fluxo de Informação

As informações manipuladas e registradas em formato CAD, Excel, SI e Word são arquivadas em uma pasta virtual disponível no banco de dados da empresa. Os dados ficam disponíveis a todos os envolvidos no projeto e o controle de versões é realizado pelos executores da tarefa que gera e disponibiliza a informação.

Em um MFV, o principal objetivo é a análise de valor ao longo do fluxo do processo. Na descrição do fluxo são considerados 3 tipos de classificação para as atividades incluídas no mapa:

- Atividades com Valor Agregado (VA): são atividades que implicam em algum valor pela percepção do Cliente (esta análise não considera valor agregado a clientes internos à organização), ou seja, são significativas para o Projeto ou para o andamento do mesmo na visão do cliente;
- Atividades Sem Valor Agregado (SVA): são atividades que não agregam valor pela percepção do cliente, e que podem ser eliminadas sem que ocorra prejuízo para o processo e;
- Atividades Necessárias Sem Valor Agregado (NSVA): são atividades que apesar de não agregar valor pela percepção do cliente, são necessárias para que o processo ocorra sem que haja prejuízos para o produto final.

Após a apresentação das atividades do MFV, serão considerados alguns dados gerais relevantes para a análise do fluxo de valor e proposição de melhorias como o Tempo de Processo Total (somatória de todos os TP's), Tempo de Espera Total (somatória de todos os TE's), Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projetos (TPDP) e as porcentagens de tempo referentes às classificações VA, SVA e NSVA.

A simbologia utilizada na construção do mapa é representada na Tabela 4-3.

	Fluxo de informação incondicional
	Fluxo de informação condicionada ao resultado de uma verificação
	Formação de estoque de informações e/ou ocorrência de espera

Tabela 4-3 – Simbologia do Modelo do MFV

Nos mapas representados neste estudo há uma diferença fundamental entre os fluxos de informação: fluxos condicionados ao resultado de alguma verificação e fluxo de informação incondicional. O fluxo de informação condicionado ao resultado de uma verificação é equivalente a uma decisão, ou seja, o fluxo de informações fluirá de acordo com a verificação de atividade ou conforme a aprovação ou reprovação do documento. Neste tipo de fluxo de informação a passagem por uma alternativa do fluxo necessariamente exclui a passagem pela outra. Por outro lado, o fluxo de informação incondicional tem sua passagem obrigatória independente de decisão ou Projeto.

Para exemplificar a diferença entre os fluxos de informação será utilizada Figura 4-2, que representa a interação entre quatro atividades diferentes: A, B, C e D. A Atividade A é uma atividade de verificação que aprova ou reprová o documento ou informação avaliada. Caso a verificação aprove o documento, o fluxo de informações condicionadas segue diretamente para a Atividade C. Em caso de a verificação reprova o documento, o fluxo de informações deve seguir para a Atividade B, onde o documento será revisado e após revisão seguirá para a Atividade C. No caso de fluxo de informação incondicional, o fluxo de informação deve seguir de acordo com a indicação. Na Figura 4-2, o fluxo obrigatoriamente segue para a Atividade D e posteriormente seguir para a Atividade C. Assim a Atividade D será realizada independentemente do resultado de verificação da Atividade A.

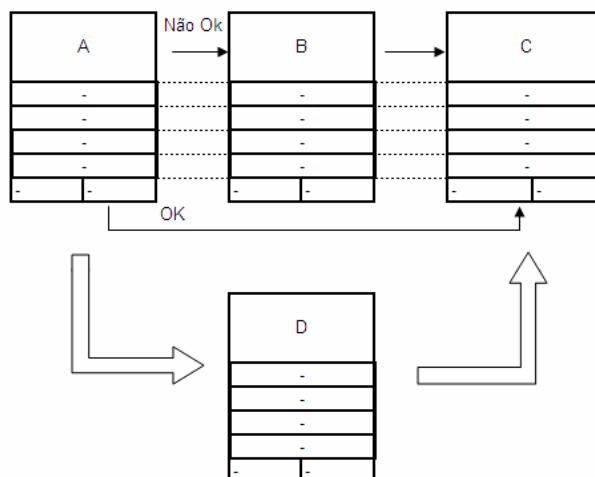


Figura 4-2 – Exemplo de Fluxo de Informação no MFV

4.2 MFV DO ESTADO ATUAL

O resultado do MFV realizado será apresentado na Figura 4-2. Os Tempos de Processo, em horas, estão apresentados em uma tabela no Apêndice A. Nesta tabela as atividades estão representadas pelos números e os tempos estão apresentados em horas como no Mapa do Estado Atual, para cada um dos 12 projetos da amostra considerada. Neste mapa são mostrados os tempos médios obtidos da amostra para cada atividade. A unidade de tempo nesta representação é em hora. O tempo TPDP representado na Figura 4-3 representa o Tempo de Processo de Desenvolvimento de Projetos.

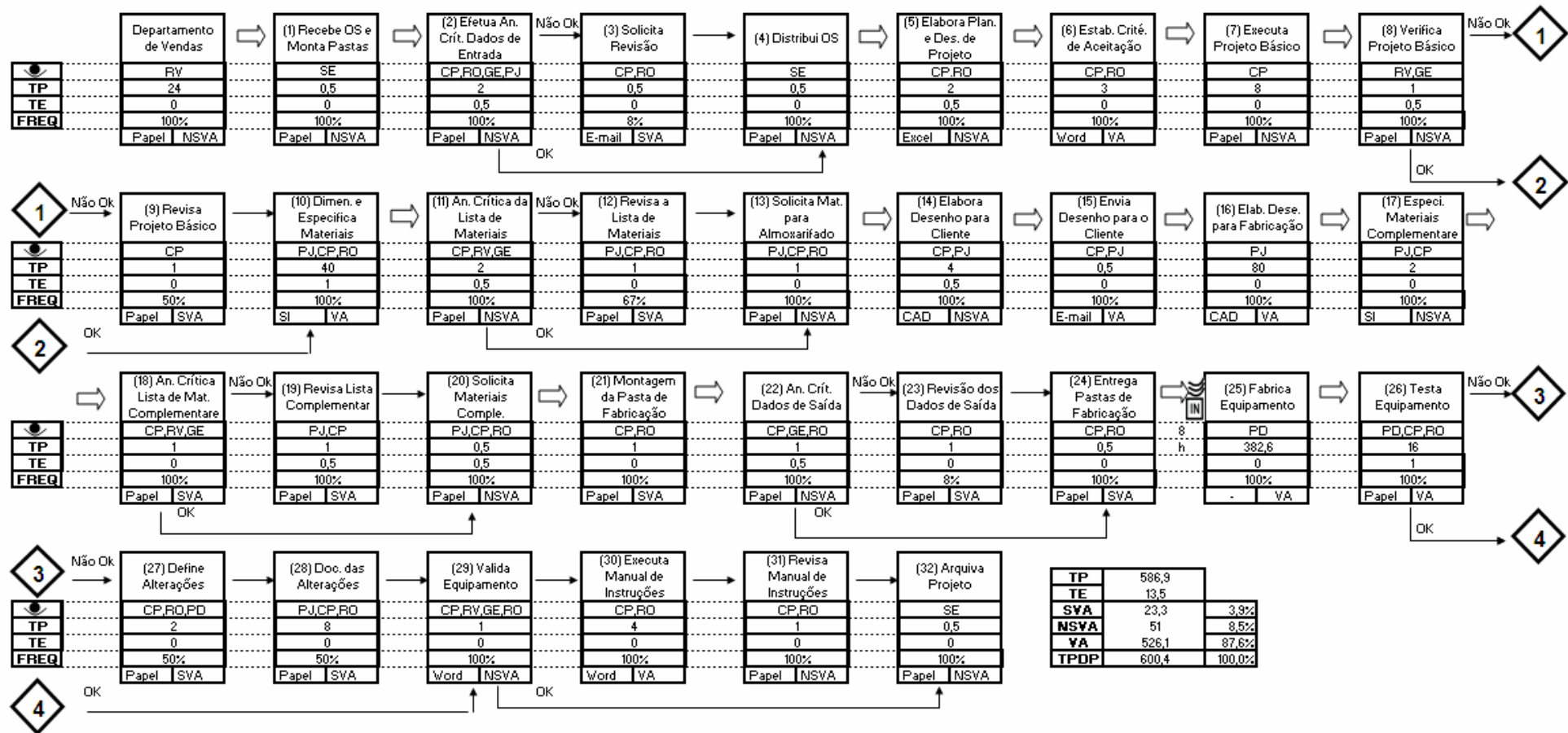


Figura 4-3 – Mapa do Estado Presente

O Tempo de Processo de Desenvolvimento de Projetos é de aproximadamente 601 horas de trabalho. De acordo com a programação de Projetos o prazo para a entrega de um projeto é de 90 dias corridos, com tempo estimado em 66 dias úteis ou 528 horas úteis.

4.2.1 TEMPO DE PROCESSO DE DESENVOLVIMENTOS DE PROJETOS (TPDP)

Neste estudo não são consideradas em detalhe as atividades envolvendo o processo produtivo do Projeto. Para o Departamento de Produção, serão apenas considerados os tempos globais do seu processo dentro de cada Setor do Departamento de Produção, pois o detalhamento de suas atividades não faz parte do escopo deste estudo.

Em 10 dos 12 projetos da amostra examinada para a construção do MFV ocorreram atrasos no prazo de entrega. O prazo de entrega dos Projetos é de 90 dias corridos a partir da data de venda, porém a empresa não conta sábados e domingos como dias de trabalho, sendo considerados em média apenas 66 dias de trabalho para a entrega do Projeto. A Figura 4-4 mostra a divisão programada pela empresa para o número de dias em que cada Projeto deve permanecer nos quatro departamentos envolvidos.

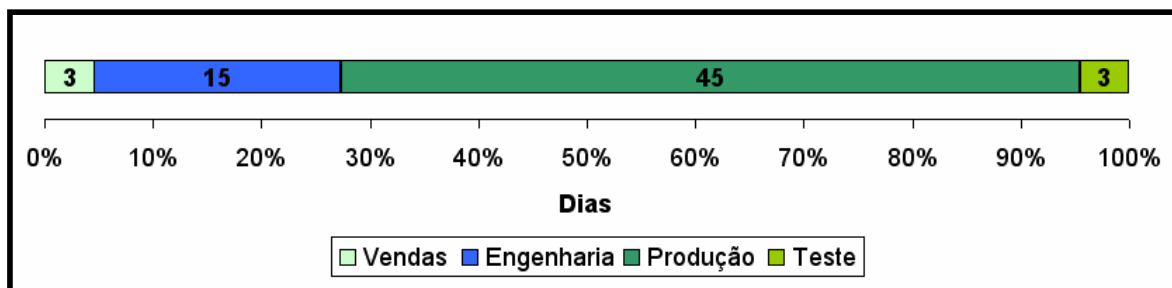


Figura 4-4 – Tempo Programado para os Departamentos

O Departamento de Vendas utiliza 3 dias para emitir os dados de entrada da Ordem de Serviço. Neste período são revisados e verificados os dados de entrada e as cláusulas de contrato do projeto. Esta verificação garante que a definição do escopo do projeto é coerente.

As atividades de Engenharia e de Testes são descritas na seção 3.2.2.

O Departamento de Produção é basicamente dividido em 3 setores como descrito a seguir:

- Funilaria: responsável pela parte estrutural, chapas e acabamento do equipamento. Nas atividades referentes a projetos é a etapa que mais consome tempo de Produção;
- Mecânica: responsável pela montagem hidráulica de refrigeração entre os componentes principais do equipamento (compressor, condensador e evaporador), assim como o sistema de hidráulica (tubulação, válvulas e conexões de refrigeração) e;
- Elétrica: responsável pela construção e montagem do quadro elétrico, quadro comando, painel elétrico e passagem de cabos e fios elétricos pelo equipamento.

No Departamento de Produção a programação dos tempos é toda realizada em função do setor de Funilaria, pois a cada projeto a estrutura do equipamento é elaborada para o seu caso específico, sendo raras as exceções em que é possível aproveitar a mesma estrutura em dois equipamentos diferentes. Na amostra analisada constatou-se que não houve nenhum reaproveitamento de estrutura para os equipamentos projetados. O tempo programado para a execução das atividades do setor de Funilaria é de 35 dias.

Os setores de Mecânica e de Elétrica possuem tempo de programado de 5 dias cada e obedecem a seqüência de realização de atividades indicada na Figura 4-5.

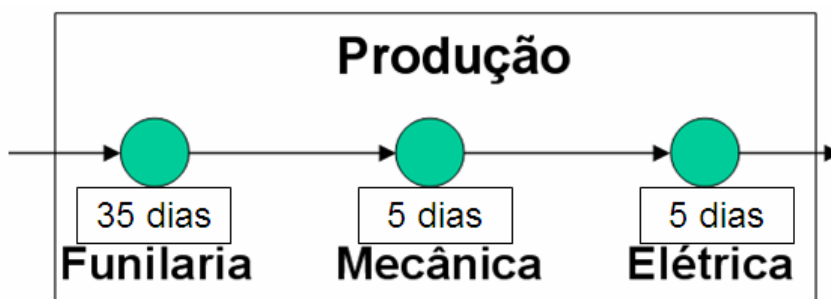


Figura 4-5 – Seqüência de Setores Departamento de Produção

Esta relação de dependência precisa ser obedecida devido ao modo de programação de cada setor do Departamento de Produção, que considera que as atividades do Setor de Mecânica só podem ser realizadas após o setor de Funilaria encerrar suas atividades, e que a mesma condição deve ser obedecida na interface entre os setores de Mecânica e Elétrica.

A Tabela A-1, apresentada no Apêndice A, mostra separadamente os tempos, em horas, de processo de cada um dos três setores do Departamento de Produção para a amostra

análisis. Para a análise, serão considerados dados de tempos médios referentes aos 12 projetos da amostra.

O Tempo de Processo de Desenvolvimento de Projeto (TPDP) é considerado como o resultado da soma dos tempos de cada etapa com na Tabela 4-4:

		Tempo (h)
Dep. Vendas		24
Dep. Engenharia		165,8
Dep. Produção	Funilaria	289,3
	Mecânica	49,3
	Elétrica	44
Teste		28,5
Total		600,4 (h)

Tabela 4-4 – Tempo de Processo de Desenvolvimento de Projetos

As oportunidades de melhoria no Mapa do Estado Atual do processo de desenvolvimento de projetos serão aplicadas diretamente nas atividades do Departamento de Engenharia e nas atividades de Testes, mesmo que estes departamentos apresentem atrasos em relação ao planejamento da empresa. O estudo dos tempos das atividades elementares foi realizado apenas nas atividades de Engenharia e Teste, pois o escopo do trabalho está limitado às atividades realizadas pelo Departamento de Engenharia no Processo de Desenvolvimento de Projetos.

4.3 PONTOS A SEREM ANALISADOS

Com objetivo de avaliar o Processo de Desenvolvimento de Projetos será considerada a distribuição dos tempos de duração das atividades, dispostos de modo decrescente na forma de gráfico de Pareto. Os tempos das 24 atividades consideradas e sua participação em relação ao Tempo de Processo de Desenvolvimento de Projetos são apresentados na Figura 4-6:

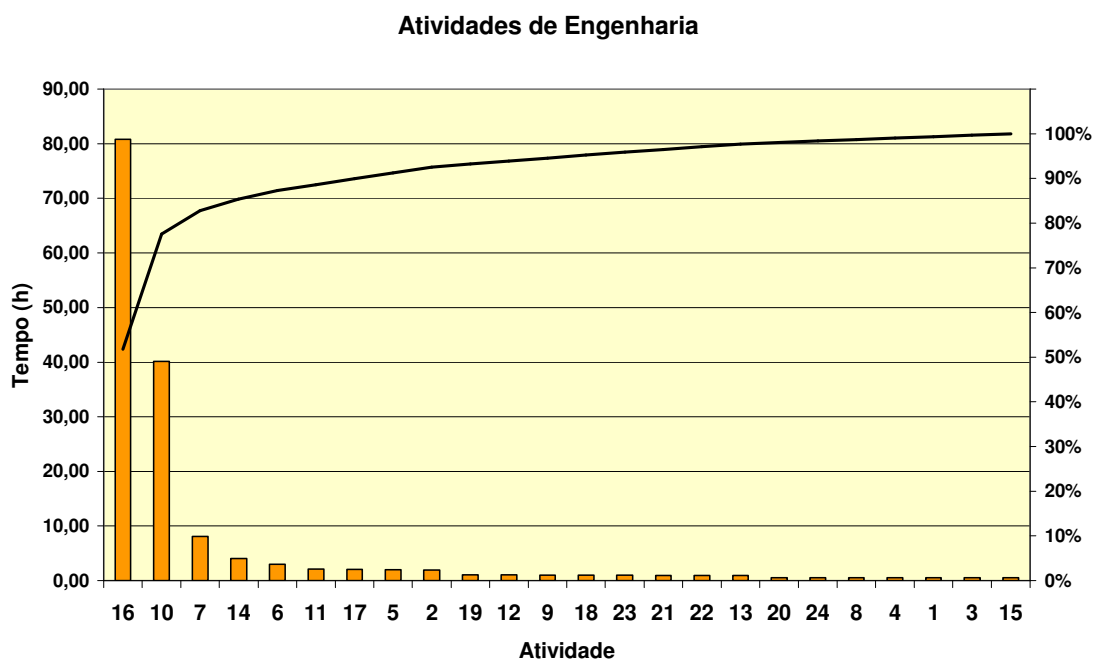


Figura 4-6 – Tempo de Ciclo das Atividades de Engenharia

A Figura 4-6 mostra que as atividades 16 (Elaboração dos Desenhos de Engenharia), 10 (Dimensionamento e Especificação de Materiais) e 7 (Execução de Projeto Básico) representam 83% do tempo total gasto em processos de Engenharia. A redução dos tempos destas atividades poderia trazer uma significativa redução de parte dos atrasos, porém estas atividades são atividades classificadas como atividades com Valor Agregado de acordo com o MFV do Estado Atual, assim a simples redução dos tempos destas atividades não é recomendada. Para a melhoria nos processos de Engenharia deve-se priorizar a eliminação das atividades redundantes e Sem Valor Agregado (SVA), a eliminação dos desperdícios do processo e a reorganização das atividades envolvidas.

No processo de Testes será aplicada a mesma abordagem para a identificação de potenciais pontos de melhoria.

Para realizar o levantamento dos pontos que possuem potencial para melhorias no processo serão consideradas as descrições de desperdício de Lareau (2002) que estão apontadas no mapa da Figura 4-7, em que os desperdícios e conseqüentemente os pontos potenciais de melhorias estão representados pelos balões amarelos com uma breve descrição dos desperdícios.

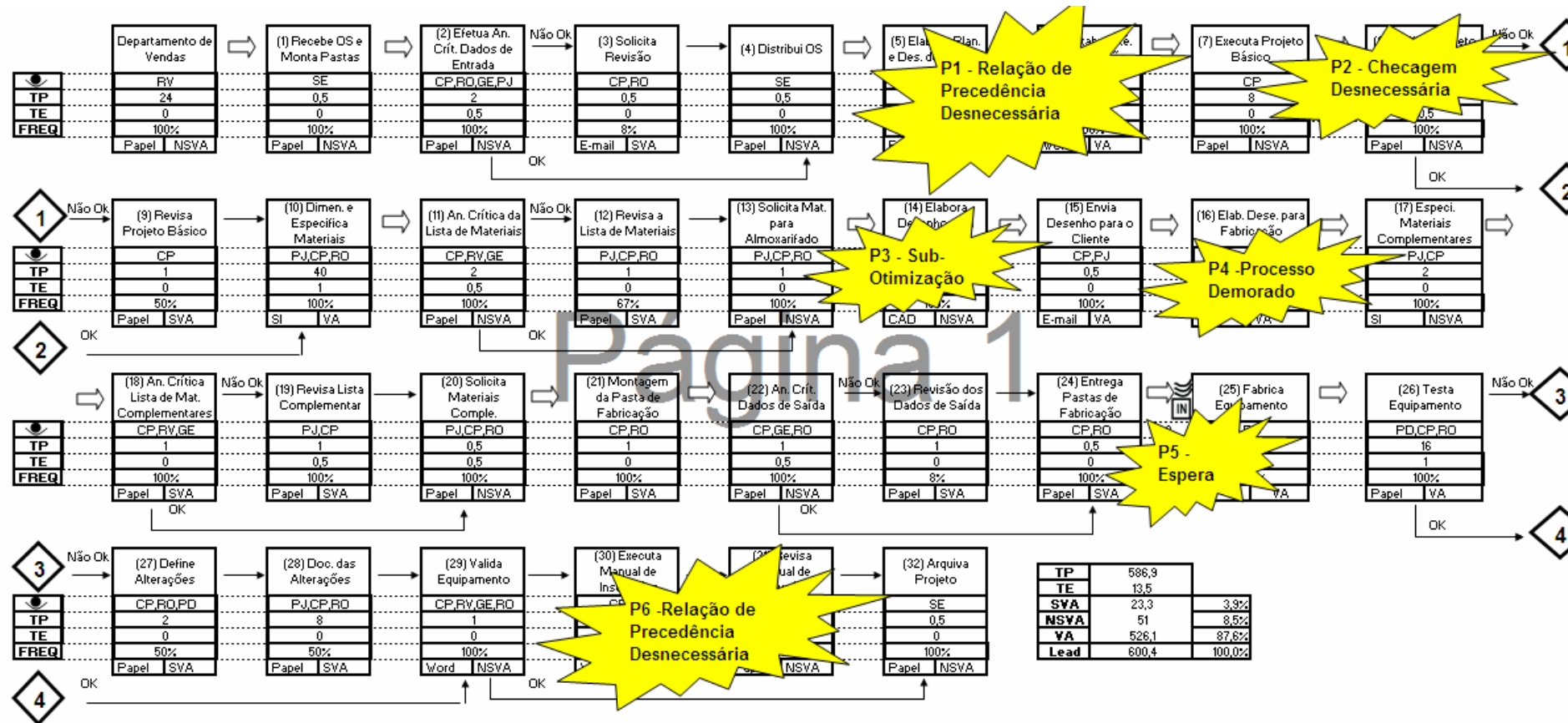


Figura 4-7– Mapa do Estado Atual Propostas

A descrição de cada Proposta de Melhoria é dada a seguir considerando a nomenclatura utilizada na Figura 4-6 para uma apresentação sucinta dos principais problemas identificados no Estado Atual do fluxo das atividades de engenharia:

- **P1 – Relação de Precedência Desnecessária:** as Atividades 5 (Elaboração do Planejamento e Desenvolvimento do Projeto) e 6 (Estabelecimento dos Critérios de Aceitação) são atividades que demonstram dependência sequencial de acordo com o MFV, mas esta relação de dependência não precisa ser mantida. O desperdício de Relação de Precedência Desnecessária é considerado, pois há uma espera da conclusão da Atividade 5 para que a Atividade 6 possa ser realizada.
- **P2 – Checagem Desnecessária:** na Atividade 8 (Verificação de Projeto Básico) não há a necessidade da presença do Representante de Vendas (RV), pois os dados fornecidos por ele na Análise Crítica dos dados de Entrada já são suficientes para o atendimento das especificações do Projeto. O desperdício de Checagem Desnecessária é atribuído a esta atividade, pois a presença do RV não é determinante para a ocorrência da verificação, podendo o mesmo ser apenas informado sobre os resultados.
- **P3 – Sub-Otimização:** Desenho Dimensional elaborado para envio ao cliente (Atividade 14) não pode ser reaproveitado para a execução de Desenhos de Fabricação, pois ele apenas fornece uma idéia inicial do que será o equipamento, apresentando apenas as dimensões externas do equipamento e alguns detalhes construtivos que podem ser verificados apenas visualmente. O desperdício de Sub-Otimização resulta do fato de que como não é possível aproveitar este Desenho, o Projetista (PJ) tem de partir do “zero” para elaborar o Desenho Dimensional com maior riqueza de detalhes na Atividade 16 (Elaboração de Desenhos para Fabricação) que atenda as especificações para envio ao cliente.
- **P4 – Processo Demorado:** a Atividade 16 (Elaboração de Desenhos para Fabricação) é a atividade que leva mais tempo dentro no atual fluxo de processo, sendo responsável por mais de 50% do tempo total de processo. Considerando que o Projetista (PJ) realiza primeiramente os Desenhos de Fabricação de Funilaria, pode-se viabilizar a entrega destes desenhos antes da entrega da Pasta de Fabricação (Atividade 24) para que a Fabricação do

Projeto comece antes. Isso eliminaria a dependência desnecessária do Departamento de Produção ter que esperar pela Pasta de Fabricação. Nesta melhoria pode ser incorporada também a antecipação da liberação da Lista de Materiais de Funilaria da Atividade 10.

- **P5 – Espera:** o Departamento de Produção aguarda a chegada da Pasta de Fabricação para a inclusão do Projeto na lista de Fabricação. Além disso, depois da inclusão na lista de fabricação há uma espera estimada em 8 horas (1 dia), ou seja, a fabricação dos equipamentos de Projeto é iniciada apenas 1 dia após o recebimento das Pastas de Fabricação.
- **P6 – Relação de Precedência Desnecessária para uma Parte da Atividade de Elaboração de Manual de Instruções:** não há necessidade de espera da realização dos testes do equipamento (Atividade 26) para a Execução do Manual de Instruções do Equipamento (Atividade 30), ou seja, há uma dependência desnecessária entre estas atividades.

As descrições acima apenas identificam os principais problemas no atual fluxo. As possíveis melhorias no fluxo de processo são descritas a seguir no Capítulo 5 - Desenvolvimento das Propostas de Melhoria.

5 DESENVOLVIMENTO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

A eliminação de desperdícios e a redução do Tempo de Processo de Desenvolvimento de Projetos (TPDP) são os principais fatores considerados como determinantes para o desenvolvimento das propostas de melhoria que serão tratadas neste capítulo. As oportunidades de melhoria identificadas serão detalhadas e a viabilidade de sua implementação será avaliada nas seções seguintes.

5.1 P1 – RELAÇÃO DE PRECEDÊNCIA DESNECESSÁRIA

O desperdício apresentado é devido às Atividades 5 (Elaboração do Planejamento e Desenvolvimento do Projeto) e 6 (Estabelecimento dos Critérios de Aceitação) serem funcionalmente independentes, mas a execução destas atividades ser realizada como se a Atividade 6 requeresse algum resultado ou informação da Atividade 5. Este desperdício é considerado como uma Relação de Precedência Desnecessária, pois estas atividades podem ser realizadas paralelamente sem prejudicar o Processo de Desenvolvimento de Projetos.

O documento gerado pela Atividade 5 é uma planilha contendo a previsão dos tempos das atividades de todo o Projeto (incluindo processos de outros Departamentos) e as dependências entre as mesmas em formato de cronograma. Este documento define os tempos atribuídos a cada atividade de acordo com o planejamento de cada projeto. Este Cronograma serve para mostrar, primeiramente, que a data de entrega é viável e para que o controle das atividades possa ser realizado durante o desenvolvimento do projeto. A Figura 5-1 mostra um modelo resumido deste documento que consiste em um Gráfico de Gantt com as datas de início e fim bem definidas.

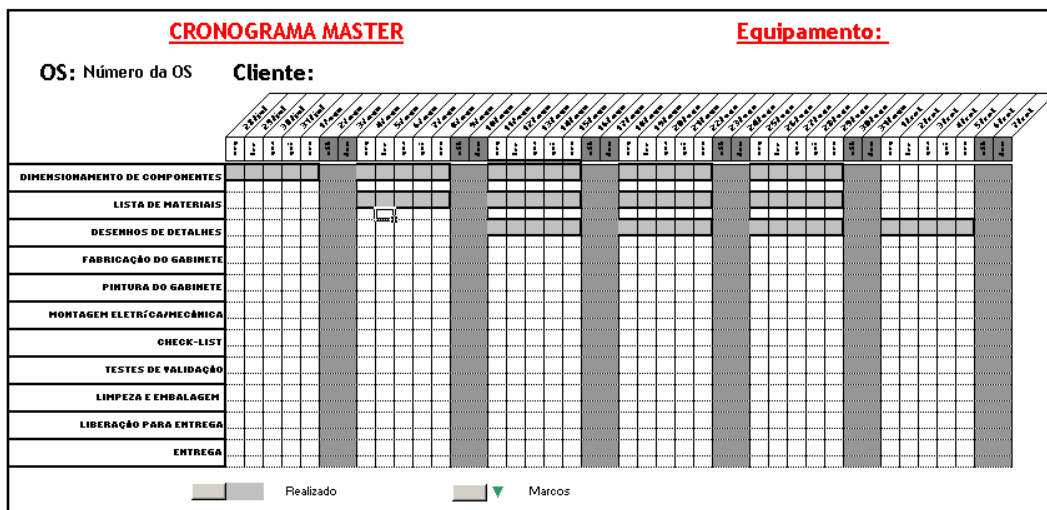


Figura 5-1 – Exemplo de Documento de Cronograma

Na Atividade 6 é gerado o documento de Critério de Aceitação em forma de relatório que contém os dados dimensionais do Projeto, a tensão elétrica de alimentação e tensão de comando do projeto, o tipo de sistema de condensação (ar ou água), as conexões de entrada e saída de água, os acessórios que acompanham o Projeto (por exemplo, dispositivos de teste, controladores remotos, etc.) e os ciclos de testes que devem ser realizados na atividade 26 (Teste do Equipamento). Este documento traz as informações discutidas e definidas na Atividade 2 (Análise Crítica dos Dados de Entrada) para auxiliar as atividades seguintes, principalmente, a atividade 7 (Execução do Projeto Básico).

Com esta definição detalhada de ambos os documentos é observado que realmente não há dependência entre Atividades 5 e 6, pois nenhum dado da Atividade 5 é determinante ou necessário para a realização da Atividade 6.

Ambas as atividades são realizadas pelo Coordenador de Projeto (CP) e o Responsável pela Ordem de Serviço (RO) em conjunto, já que ambos possuem conhecimentos suficientes para a realização das duas atividades. Como a Atividade 6 demanda um maior detalhamento, por necessitar da definição das características iniciais do Projeto e dos testes a serem realizados na Atividade 26 (Teste do Equipamento), esta atividade pode ser atribuída ao Coordenador de Projeto (CP) devido a sua maior experiência com Projetos. Conseqüentemente, a Elaboração do Planejamento e Desenvolvimento do Projeto pode ser atribuída somente ao Responsável da Ordem de Serviço (RO). Não há a necessidade de que ambos operadores trabalhem juntos nestas duas atividades.

No mapa do Estado Atual, estas atividades são representadas sequencialmente como na Figura 5-2 requerendo um tempo de 5,5 horas.

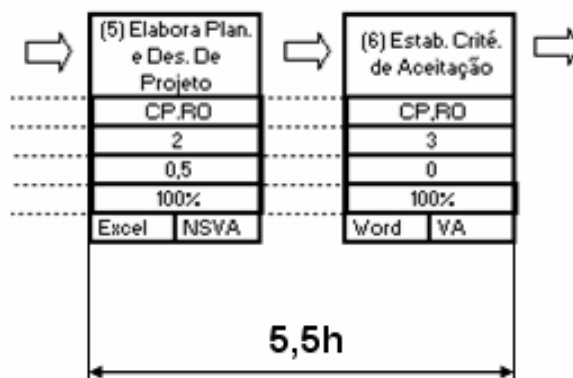


Figura 5-2 – Atividades 5 e 6 no Mapa do Estado Atual

Reorganizando o processo de modo a eliminar este encadeamento desnecessário no Mapa do Estado Futuro a representação das Atividades 5 e 6 ficaria como na Figura 5-3.

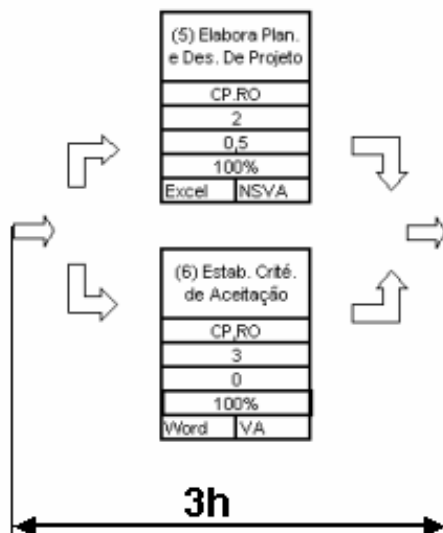


Figura 5-3 – Atividades 5 e 6 no Mapa do Estado Futuro

Com este novo modo de execução de atividades o tempo de processo diminui de 5,5 horas para 3 horas, sendo que com isso não ocorre redução ou aumento de valor para o processo, porém há uma redução do Tempo de Processo de Desenvolvimento de Projetos (TPDP).

5.2 P2 – CHECAGEM DESNECESSÁRIA

O desperdício relacionado à Atividade 8 (Verificação do Projeto Básico) é classificado como Checagem Desnecessária, devido à presença do Representante de Vendas (RV) nesta verificação. Esta atividade tem sido realizada com a presença do Representante de Vendas (RV) e do Gerente de Engenharia (GE) que avaliam conjuntamente se o Projeto Básico atende as especificações do Projeto e se há dados suficientes para o dimensionamento e especificação dos itens do Projeto. O Representante de Vendas participa desta atividade para verificar se as especificações e considerações dos clientes feitas na Atividade 2 (Análise Crítica dos Dados de Entrada) estão sendo consideradas até este ponto do Projeto. Porém, devido ao caráter apenas informativo para o Representante de Vendas, a sua presença seria desnecessária para a realização de uma reunião nesta atividade.

Uma proposta de solução para este desperdício poderia ser o encaminhamento do Projeto Básico por meio digital para o Representante de Vendas, eliminando assim a necessidade da realização desta reunião. Porém, tendo em vista o objetivo de redução de atrasos no Processo de Desenvolvimento de Projetos, os benefícios seriam insignificantes para a análise, eliminando-se apenas o tempo de espera referente à Atividade 8. A redução seria de 0,5 horas no Tempo Total de Desenvolvimento de Projetos conforme o Estado Atual, representando apenas uma redução de 0,3%.

Por não implicar num grande benefício e não ser uma atividade determinante para o andamento do Processo de Desenvolvimento de Projetos tanto do Departamento de Vendas como do Departamento de Engenharia, esta possibilidade de melhoria não será implantada, apesar de estar relacionada com um desperdício.

5.3 P3 – SUB-OTIMIZAÇÃO

A Atividade 14 (Elaboração de Desenho para o Cliente) origina um Desenho Dimensional sem detalhes construtivos, apenas representando as dimensões do equipamento e de alguns acessórios que possam ser visualizados apenas com vistas sem cortes, como na Figura 5-4:

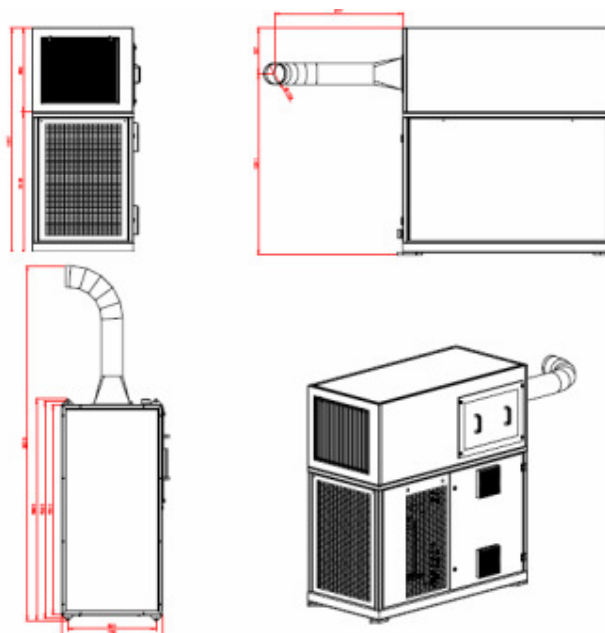


Figura 5-4 – Exemplo de Desenho Dimensional Parcial

Os detalhes estruturais e dos componentes internos do equipamento não são apresentados neste Desenho Dimensional enviado para o cliente, pois os detalhes construtivos são elaborados posteriormente na atividade 16 (Elaboração dos Desenhos para Fabricação) onde o detalhamento dos desenhos será fundamental para a fabricação do Projeto.

A Atividade 14 incorre num desperdício de Sub-Otimização, pois como o Desenho Dimensional enviado para o Cliente é apenas uma representação aproximada do equipamento, o mesmo não pode ser utilizado como um Desenho de Fabricação e não pode ser aproveitado pelo Projetista (PJ) para a elaboração dos Desenhos de Fabricação. O fato de não apresentar as características estruturais básicas do equipamento e ser apenas ilustrativo limita o seu aproveitamento na elaboração dos Desenhos de Fabricação do Projeto. Como na Atividade 16 um dos resultados é exatamente um Desenho Dimensional que precisa ser gerado com exatidão para servir de base à elaboração dos Desenhos de Fabricação, há a possibilidade de enviar este Desenho Dimensional ao cliente após sua elaboração, eliminando assim a Atividade 14, que é redundante em relação à Atividade 16 e ainda não simplifica ou auxilia a elaboração dos Desenhos de Fabricação.

A adoção desta proposta de melhoria implicaria em postergar o envio do Desenho Dimensional enviado ao cliente na Atividade 15 (Envio de Desenho para o Cliente) pois o Desenho Dimensional seria elaborado em conjunto com a Atividade 16 (Elaboração de

Desenhos para Fabricação). Assim, a Atividade 15 seria executada após a atual atividade 16. Para que seja estipulado o tempo de envio do Desenho Dimensional para o cliente, deve ser considerado o tempo requerido para o Projetista (PJ) elaborar os desenhos de fabricação. A Tabela A-1 no Apêndice A mostra o tempo de elaboração dos Desenhos de Fabricação divididos pelos setores do Departamento de Produção (Funilaria, Mecânica e Elétrica).

De acordo com os dados da Tabela A-1 no Apêndice A, o tempo médio para a elaboração dos Desenhos de Fabricação de Funilaria é de 56 horas (Atividade 16a da Tabela A-1), ou seja, o Desenho Dimensional seria enviado 52 horas depois em relação ao envio do desenho atualmente. O envio do Desenho Dimensional para o cliente é uma atividade que visa apenas o conhecimento do cliente sobre as dimensões do equipamento para que este possa verificar o que os dados emitidos na Proposta de Venda foram atendidos. Assim, o envio do Desenho Dimensional para o cliente não é um fator determinante para o sucesso do Projeto e a postergação do envio do Desenho Dimensional não prejudicará o Processo de Desenvolvimento de Projetos. Esta alteração também se justifica pela possibilidade de oferecer ao cliente um Desenho representativo com maior nível de detalhe de um modelo mais próximo do real. A Figura 5-5 representa o Desenho Dimensional de Fabricação do Projeto para o mesmo equipamento do exemplo apresentado na Figura 5-4.

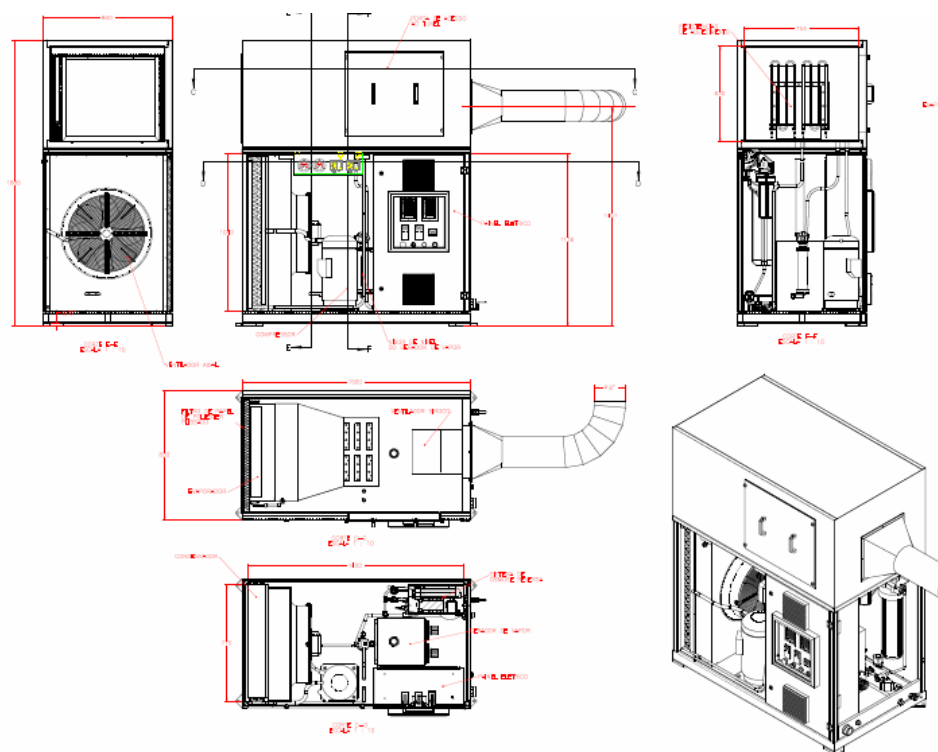


Figura 5-5 – Exemplo de Desenho Dimensional de Fabricação

O maior nível de detalhamento do Desenho Dimensional de Fabricação auxilia o cliente a se familiarizar com o Projeto e identificar as considerações apresentadas na proposta feita pelo Departamento de Vendas.

Com a eliminação da atividade 14 haveria uma redução de 4 horas no Tempo Total de Desenvolvimento de Projetos e no tempo consumido por atividades Necessárias Sem Valor Agregado (NSVA).

5.4 P4 – PROCESSO DEMORADO

A Atividade 16 (Elaboração dos Desenhos para Fabricação) é a atividade que apresenta maior duração em todo o processo do Departamento de Engenharia. Esta atividade juntamente com a Atividade 10 (Dimensionamento e Especificação de Materiais) e a Atividade 7 (Execução de Projeto Básico) representam 83% de todo o processo do Departamento de Engenharia, sendo que no caso do processo do Departamento de Produção as atividades do Setor de Funilaria representam 75% do tempo total.

Para a redução do Tempo Total do Desenvolvimento de Projetos seria necessário eliminar parte destas atividades ou poder reorganizá-las de modo que se o tempo seja aproveitado de maneira mais efetiva, sem prejudicar as atividades subsequentes. As Atividades 10 e a Atividade 16 são diretamente ligadas, pois o dimensionamento de materiais define quais os itens a serem considerados na Atividade 16 na Elaboração de Desenhos para Fabricação. De modo análogo, na Atividade 25 o Setor de Funilaria depende diretamente dos Desenhos para Fabricação elaborados na atividade 16.

A Tabela 5-1 mostra os tempos gastos na Atividade 10 para o Dimensionamento e Especificação de Materiais e na Atividade 16 para a Elaboração de Desenhos para Fabricação durante o desenvolvimento dos 12 projetos da amostra considerada. Os tempos estão subdivididos de acordo com os três setores do Departamento de Produção (Funilaria, Elétrica e Mecânica).

Projeto	Atividade 10			Atividade 16			Atividade 25		
	Funilaria	Mecânica	Elétrica	Funilaria	Mecânica	Elétrica	Funilaria	Mecânica	Elétrica
1	14	20	11	48	27	10	304	44	40
2	12	18	18	70	20	8	320	80	56
3	4	16	12	44	8	8	240	40	32
4	8	16	20	32	22	16	280	60	56
5	6	19	10	46	15	14	248	40	40
6	12	22	12	48	17	20	304	48	40
7	8	20	23	48	26	22	328	60	56
8	8	12	12	44	13	8	280	40	40
9	4	16	12	50	16	4	280	40	40
10	6	19	10	56	22	10	296	48	48
11	8	18	16	48	26	16	296	52	40
12	6	19	13	44	28	16	296	40	40
Média	8,0	17,9	14,1	48,2	20,0	12,7	289,3	49,3	44,0

Tabela 5-1 – Tempos das Atividades 10, 16 e 25 (horas)

Com base nos dados apresentados na Tabela 5-1, constata-se que caso a parte da Atividade 16, referente à Funilaria fosse iniciada logo após a conclusão da parte correspondente na Atividade 10 as partes referentes à especificação dos materiais de Mecânica e Elétrica da Atividade 10 poderiam correr em paralelo com a execução da Atividade 16 para a parte de Funilaria. Analogamente, caso a Atividade 25 correspondente à Fabricação no Setor de Funilaria fosse iniciada assim que os Desenhos de Funilaria fossem concluídos na atividade 16, o Tempo de Processo de Desenvolvimento de Projetos (TPDP) diminuiria significativamente. Admitindo esta nova forma de divisão e encadeamento das Atividades 10, 16 e 25, a atividade 16 não mais seria iniciada após a conclusão de toda a Atividade 10 e, analogamente, a atividade 25 poderia ser iniciada antes da conclusão de toda a atividade 16, conforme ilustra a Figura 5-6.

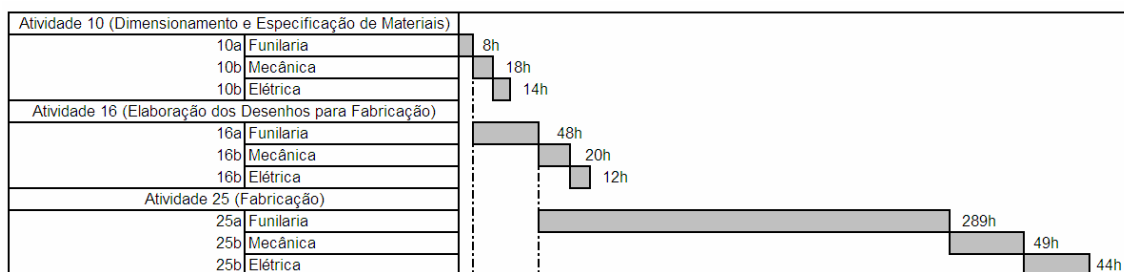


Figura 5-6 – Novo Encadeamento das Atividades 10, 16 e 25

A Figura 5-6 mostra que com esta nova forma de encadear as Atividades 10, 16 e 25 o Tempo de Processo de Desenvolvimento de Projetos (TPDP) seria reduzido. Esta redução pode ser significativa, porém é necessária uma revisão das atividades subsequentes a estas e os impactos causados por estas mudanças.

Primeiramente será analisada a Atividade 10 (Dimensionamento e Especificação de Materiais). Para realizar uma análise mais detalhada a descrição desta atividade é apresentada a seguir: nesta atividade o RO, CP e o Projetista (PJ) especificam e dimensionam todos os componentes mecânicos, elétricos e estruturais do equipamento. Estas especificações devem estar de acordo com o dimensionamento dos componentes principais do Projeto Básico, ou seja, todos os itens que compõem o equipamento devem ser listados e inclusos na lista de materiais. Devem ser elaborados o Fluxograma de componentes mecânicos e hidráulicos dos sistemas de refrigeração e do gerador de vapor, e o Esquema Elétrico que contenha todos os componentes elétricos de controle e comando do equipamento. A lista é dividida nas três divisões do Departamento da Produção (Funilaria, Mecânica e Elétrica) e são geradas 3 cópias de cada Lista de Materiais (uma cópia para a Pasta de Engenharia, uma cópia para a Pasta de Fabricação e uma cópia para a requisição de itens no Departamento de Suprimentos). O solicitante desta lista obrigatoriamente será o Responsável pela Ordem de Serviço (RO).

Nesta descrição é observado que os resultados desta atividade são:

- Fluxograma: desenho representativo dos componentes mecânicos e as conexões hidráulicas de refrigeração e água, com as dimensões referentes às tubulações, número e posicionamento de válvulas, visores de líquido, etc. Este documento é utilizado como referência à parte mecânica do equipamento;
- Esquema Elétrico: desenho que representa as ligações, componentes e os dispositivos elétricos componentes do equipamento. É a principal representação elétrica do equipamento até a execução e;
- Listas de Materiais: listagem com todos os itens e materiais que compõem o Projeto. São divididas de acordo com os Setores do Departamento de Produção, ou seja, Funilaria, Mecânica e Elétrica.

Dos resultados desta atividade apenas um é referente ao Setor de Funilaria: a Lista de Materiais de Funilaria que é feita a partir de uma estimativa da quantidade de chapas, componentes para estrutura tubular, sapatas e componentes estruturais baseadas nas dimensões apresentadas na Atividade 2 (Análise Crítica dos Dados de Entrada). A estimativa da Lista de Materiais de Funilaria não depende dos dados referentes à Mecânica e Elétrica, pois o dimensionamento da parte mecânica é baseado na necessidade de carga térmica, no Fluxograma e nas restrições dimensionais, no caso do dimensionamento elétrico são considerados os componentes mecânicos que necessitam de alimentação elétrica, as necessidades de proteção elétrica dos componentes do Quadro Elétrico e as condições de

comando do equipamento (por exemplo, uso de controladores ou de controles baseados em controladores lógicos programáveis com uso de sistemas integrativos e derivativos).

As considerações acima mostram que a parte referente ao Departamento de Funilaria é tratada no início da Atividade 2, ou seja, há a possibilidade da divisão desta atividade em duas atividades conforme ilustra a Figura 5-7.

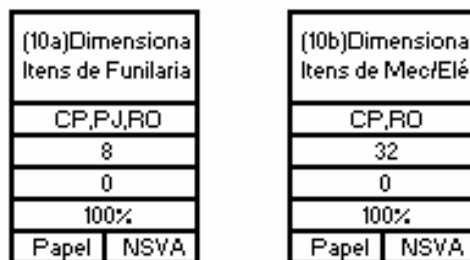


Figura 5-7 - Divisão da Atividade 10

A divisão da Atividade 10 como apresentada na Figura 5-7 possibilita a organização das atividades subsequentes (16 e 25) de acordo com a Figura 5-6, porém há a necessidade da verificação da Lista de Materiais de Funilaria para que a mesma possa ser validada e a requisição destes materiais seja feita. Para o controle e verificação destas atividades é necessária a criação do bloco de atividades esquematizado Figura 5-8.

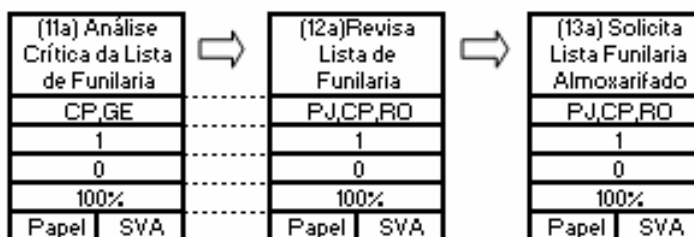


Figura 5-8- Novo Bloco de Atividades de Funilaria

As Figuras 5-8 e 5-9 apresentam as atividades 11 (Análise Crítica da Lista de Materiais), 12 (Revisão da Lista de Materiais) e 13 (Solicitação da Lista de Materiais) divididas em parte “a” e parte “b”, sendo que a primeira parte se refere ao Setor de Funilaria e a segunda parte aos Setores de Mecânica e Elétrica. Esta separação é necessária para viabilizar a alteração proposta pela Figura 5-6.

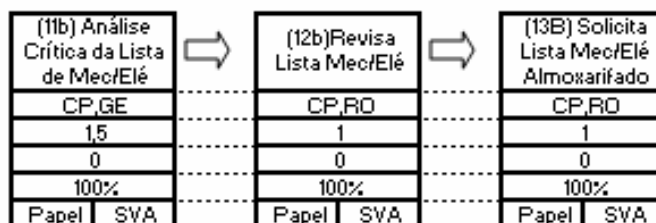


Figura 5-9 - Novo Bloco de Atividades de Mecânica e Elétrica

As propostas de alteração das Atividades 11, 12 e 13 requerem a revisão do escopo destas atividades dentro do Processo de Desenvolvimento de Projetos. As novas descrições destas atividades são apresentadas a seguir:

- 10a – Dimensionamento dos Itens de Funilaria: nesta atividade o Coordenador de Projeto (PJ), o Responsável pela Ordem de Serviço (RO) e Projetista (PJ) se reúnem para definir os itens que compõem o Projeto e a quantidade de cada item para que o desenvolvimento dos Desenhos de Fabricação possa ser realizado. Para esta estimativa são utilizados os dados de Projeto Básico e os dados de entrada do Projeto, o resultado desta atividade é a Lista de Materiais de Funilaria;
- 10b – Dimensionamento dos Itens de Mecânica e Elétrica: nesta atividade o Coordenador de Projeto (CP) e o Representante da Ordem de Serviço (RO) definem os componentes mecânicos do Projeto com base no Projeto Básico, nos dados de entrada do Projeto e no Fluxograma a ser desenvolvido nesta atividade. Com relação à parte elétrica, a definição dos componentes é realizada com base nos documentos do projeto mecânico e no Esquema Elétrico a ser desenvolvido nesta atividade. O resultado desta atividade é a Lista de Materiais Elétricos, Lista de Materiais Mecânicos, o Esquema Elétrico e o Fluxograma do Projeto;
- 11a – Análise Crítica da Lista de Funilaria: a análise crítica é realizada comparando-se a Lista de Materiais de Funilaria com as especificações apresentadas no Projeto Básico e na Análise Crítica dos Dados de Entrada. O resultado desta atividade é a aprovação ou reprovação da Lista de Materiais;

- 11b – Análise Crítica da Lista de Mecânica e Elétrica: a análise crítica é realizada comparando-se o Fluxograma, o Esquema Elétrico, a Lista de Materiais Mecânicos e a Lista de Materiais Elétricos com as especificações do Projeto Básico e os Dados da Análise Crítica dos Dados de Entrada. O resultado desta atividade é a aprovação ou reprovação da Lista de Materiais Elétricos e da Lista de Materiais Mecânicos;
- 12a – Revisão da Lista de Funilaria: caso seja encontrada alguma irregularidade, erro ou falha na elaboração da Lista de Materiais de Funilaria, a Lista deve ser revisada pelo Coordenador de Projeto (CP), pelo Responsável da Ordem de Serviço (RO) e pelo Projetista (PJ);
- 12b – Revisão da Lista de Mecânica e Elétrica: caso seja encontrada alguma irregularidade, erro ou falha na elaboração da Lista de Materiais de Mecânica e Elétrica, a Lista deve ser revisada pelo Coordenador de Projeto (CP), pelo Responsável da Ordem de Serviço (RO) e o Projetista (PJ).

As divisões das atividades 10, 11 e 12 mostram-se viáveis e podem ser consideradas como aplicáveis na proposição do Mapa do Estado Futuro. A atividade 13 (Solicitação da Lista de Materiais do Almoxarifado) também poderá ser dividida, pois no processo atual as listas já são geradas separadamente de acordo com os Setores do Departamento de Produção (Funilaria, Mecânica e Elétrica). A atividade 13 será separada em dois blocos conforme indica a Figura 5-10.

(13a) Solicita Lista Funilaria Almoxarifado	(13b) Solicita Lista Mec/Elé Almoxarifado
PJ,CP,RO	CP,RO
0,5	0,5
0	0
100%	100%
Papel SVA	Papel SVA

Figura 5-10 - Divisão da Atividade 13

Para que a reorganização das atividades possa ser realizada conforme a Figura 5-6, há a necessidade de uma divisão na atividade 16 (Elaboração dos Desenhos para a Fabricação), ou seja, deve-se verificar a possibilidade de elaboração de Desenhos de Fabricação separados para cada Setor do Departamento de Produção. Pela sua natureza, a elaboração dos desenhos

de fabricação de Funilaria pode ser realizada separadamente dos desenhos de Mecânica e Elétrica.

Os Desenhos de Fabricação de Funilaria são caracterizados por apresentarem os detalhes construtivos do Projeto, referentes à estrutura, às vedações e às dimensões. A Guia de Desenhos de Funilaria apresenta os desenhos individuais de cada parte do equipamento definindo as dimensões dos cortes de chapas e das partes constituintes da estrutura. A Figura 5-11 mostra um exemplo de desenho de Projeto com o posicionamento dos componentes mostrando as características de Funilaria de um Projeto.

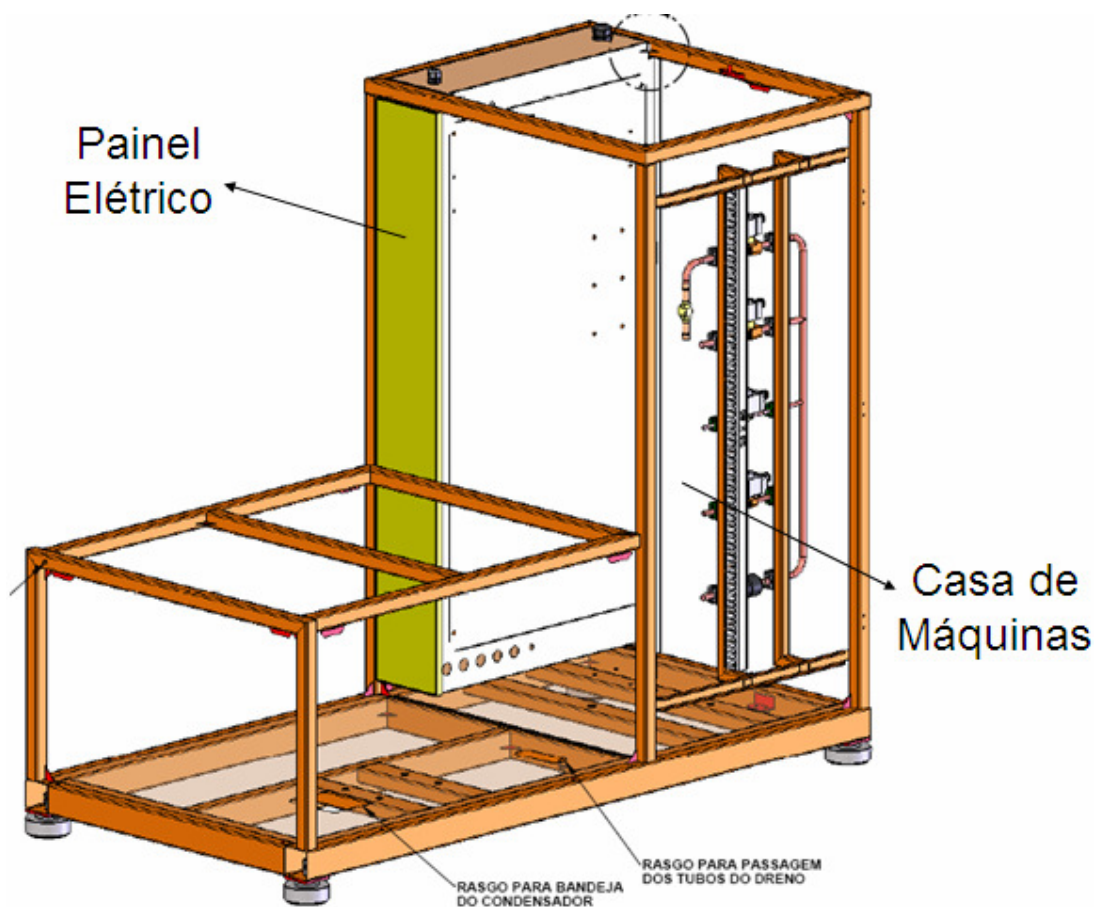


Figura 5-11 – Exemplo de Desenho Dimensional de Funilaria de Câmara Climática (0,7m³)

A Figura 5-11 mostra um exemplo de desenho de um Projeto que possui todas as características básicas para a verificação da possibilidade de divisão da Atividade 16. Os quesitos referentes ao Setor de Funilaria são representados pelas treliças na parte superior do Projeto, as barras de sustentação, a base para a fixação de componentes e a casa de máquinas. Em relação à parte que cabe ao Setor de Mecânica tem-se a Casa de Máquinas (que para o caso considerado não necessitou de desenho de detalhamento) que normalmente é posicionada

na parte traseira do equipamento. Em relação à parte que cabe ao Setor de Elétrica, tem-se embutida numa das faces da Casa de Máquinas a representação do Painel de Elétrico à esquerda da ilustração da casa de máquinas, porém os detalhes estão ocultos devido ao fechamento da representação 3D. A Figura 5-12 ilustra o posicionamento de cada componente após a confirmação das características de Funilaria da Figura 5-11.

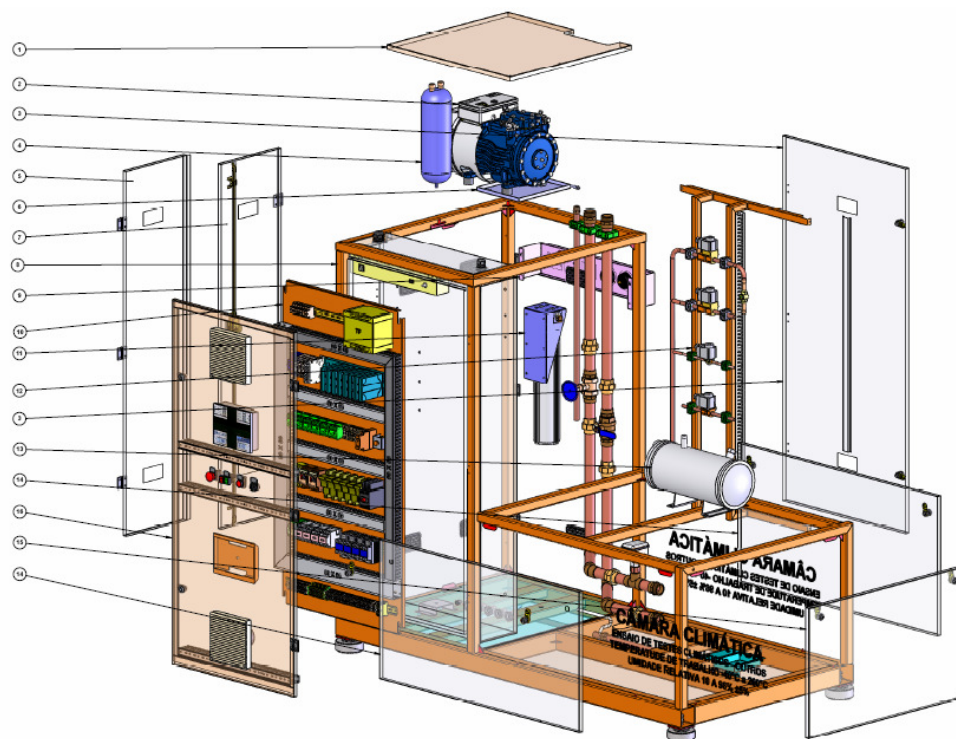


Figura 5-12 – Exemplo de Desenho Dimensional Casa de Máquina e Painel de Controle

A Figura 5-12 mostra que a previsão de tamanho e posicionamento da Casa de Máquinas pode ser feita independentemente da elaboração dos Desenhos de Fabricação de Funilaria. A elaboração dos Desenhos de Fabricação de Funilaria não necessita de uma representação detalhada dos Desenhos de Fabricação Mecânica e Elétrica, ou seja, o tratamento dos Desenhos de Fabricação e Funilaria pode ser separado dos Desenhos de Fabricação de Mecânica e Elétrica. O importante é ressaltar que nesta fase do Projeto os componentes principais de Refrigeração já estão definidos, pois na Atividade 8 (Execução do Projeto Básico) são definidos o compressor, evaporador, condensador, resistência de aquecimento bem como e as dimensões internas úteis (vão livre dentro da câmara para o posicionamento dos componentes a serem testados), fato este que facilita a definição do tamanho da Casa de Máquinas e do Painel Elétrico.

Na Figura 5-13 é apresentado o exemplo do Projeto de uma Câmara Climática para realização de ensaios com mangueiras de combustível. O Desenho Dimensional na Figura 5-13, mostra que os Desenhos de Fabricação para os diferentes setores do Departamento de Produção podem ser feitos independentemente mesmo em Câmaras Climáticas com volume útil menor.

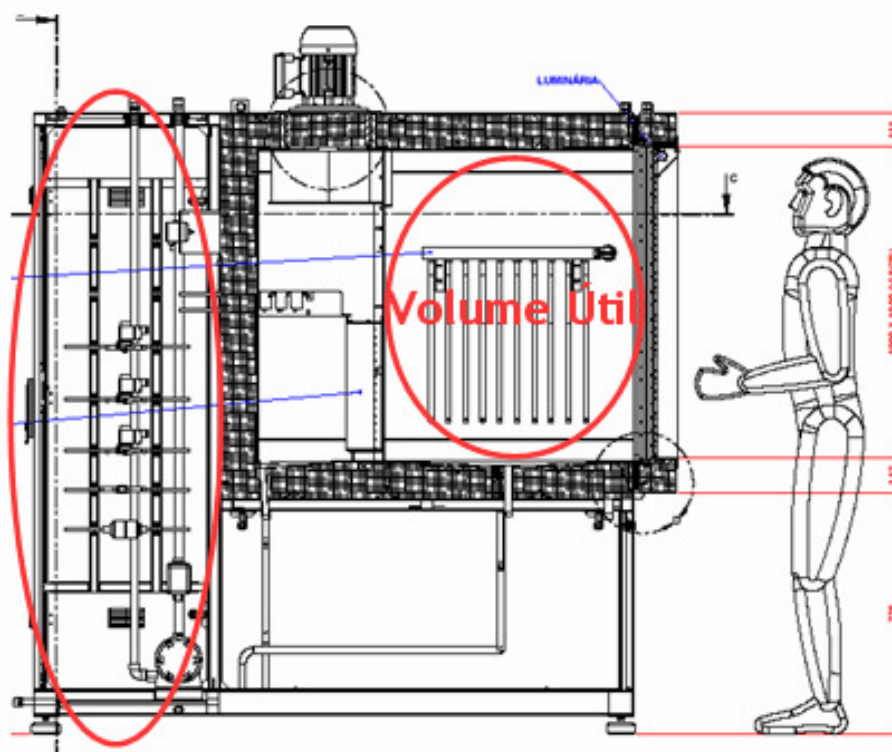


Figura 5-13 – Exemplo de Desenho Dimensional de uma Câmara Climática (0,7m³)

No exemplo da Figura 5-13 a definição das dimensões da Casa de Máquinas (parte traseira do Projeto em relação à posição do operador) não interfere no volume útil do equipamento, pois o volume útil e os componentes principais de Refrigeração são definidos antes da realização dos Desenhos de Fabricação. A única restrição imposta para a Casa de Máquinas é a altura. Trata-se de uma restrição de natureza estética, mas é relevante do ponto de vista da fabricação do equipamento, pois a Casa de Máquinas com altura menor que a de outras partes do equipamento exigiria tamanhos de chapa diferentes para o fechamento e vedação do equipamento.

Os Desenhos de Fabricação referentes ao Setor de Mecânica fornecem o posicionamento dos principais componentes e componentes auxiliares bem como conexões hidráulicas de refrigeração. A Figura 5-14 apresenta o exemplo de um Desenho de Fabricação Mecânica.

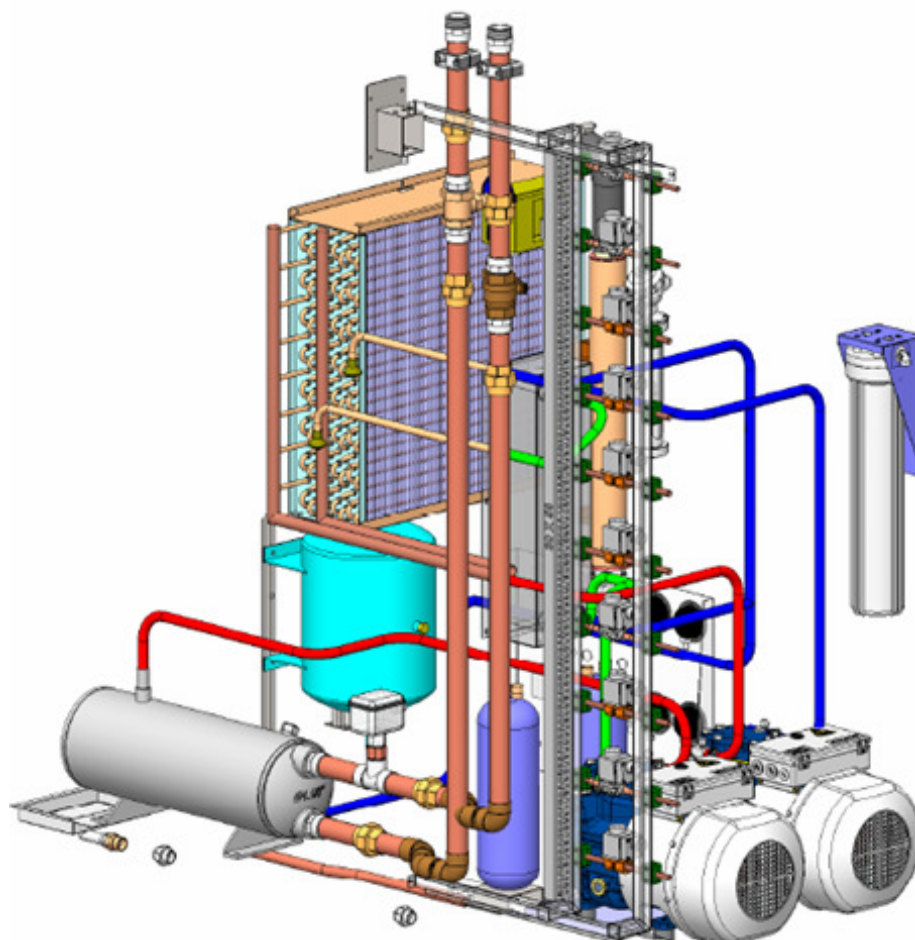


Figura 5-14 – Exemplo de Desenho de Fabricação Mecânica

Na Figura 5-14 pode-se observar o posicionamento de todos os componentes principais de refrigeração e as ligações hidráulicas de refrigeração entre os componentes. O conhecimento do posicionamento destes componentes é fundamental para a definição dos pontos de furação para fixação, ou seja, direciona um trabalho do Setor de Funilaria que pode ser realizado em qualquer momento da Fabricação do Projeto. A segunda função destes desenhos de Fabricação do Setor de Mecânica são as ligações hidráulicas do projeto.

A elaboração destes desenhos depende diretamente das definições de Funilaria, dos dados de entrada do projeto, do Projeto Básico e da Lista de Materiais de Mecânica. Nesta fase do Projeto, o Projetista (PJ) dispõe de todas as informações listadas acima para a elaboração dos Desenhos de Fabricação do Setor de Mecânica.

É plenamente possível elaborar os Desenhos de Fabricação do Setor de Mecânica após a realização dos Desenhos do Setor de Funilaria e em conjunto com a elaboração dos

A divisão da Atividade 16 do mesmo modo que a divisão proposta para a Atividade 10, é possível devido às características dos Desenhos de Fabricação enumerados acima. A divisão da Atividade 16 pode ser realizada da maneira apresentada na Figura 5-16.

16(a)Elab. Des. de Fabri. Funilaria		(16b) Elab. Des. de Fab. Mec/Ele	
PJ		PJ,CP,RO	
48		32	
0		0	
100%		100%	
Papel	VA	Papel	VA

Figura 5-16 - Divisão da Atividade 16

As descrições destas atividades são apresentadas a seguir:

- 16a - Elaboração dos Desenhos de Fabricação de Funilaria: nesta atividade o PJ desenvolve todos os desenhos de fabricação referentes ao projeto da parte de Funilaria, baseado nos dados de Projeto Básico e na Lista de Materiais. Estes desenhos são registrados em uma Guia de Desenhos, onde constam os códigos de cada desenho, uma breve descrição da peça ou parte do equipamento e a data de realização deste desenho. Todos os detalhes construtivos devem ser indicados no desenho ou colocados em uma lista de referência em anexo ao desenho. Cada desenho deve ser verificado e autorizado para poder ser levado à fabricação. Os responsáveis pela verificação são projetistas que não participam do projeto e a autorização realizada pelo GE ou pelo CP. Os desenhos são encaminhados impressos em uma Pasta de Fabricação de Funilaria que será entregue ao Departamento de Produção logo ao término de sua elaboração. Os desenhos também são arquivados na forma de arquivos digitais e ficam disponíveis para consulta a todos os envolvidos no projeto;
- 16a - Elaboração dos Desenhos de Fabricação Mecânica/Elétrica: nesta atividade o PJ desenvolve todos os desenhos de fabricação referentes ao projeto da parte de Mecânica e Elétrica, baseado nos dados de Projeto Básico e na Lista de Materiais. Estes desenhos são registrados em uma Guia de Desenhos, onde constam os códigos de cada desenho, uma breve descrição da peça ou parte do equipamento e a data de realização deste

desenho. Todos os detalhes construtivos devem ser indicados no desenho ou colocados em uma lista de referência em anexo ao desenho. Cada desenho deve ser verificado e autorizado para poder ser levado à fabricação. Os responsáveis pela verificação são projetistas que não participam do projeto e a autorização é realizada pelo GE ou pelo CP. Os desenhos são encaminhados impressos em uma Pasta de Fabricação de Mecânica e Elétrica e que serão entregues ao Departamento de Produção logo ao término de sua elaboração. Os desenhos também são arquivados na forma de arquivos digitais e ficam disponíveis para consulta a todos os envolvidos no projeto.

A organização das atividades de acordo com o encadeamento da Figura 5-6 é possível e factível se as atividades forem divididas conforme as descrições apresentadas nesta seção. As mudanças propostas estão representadas no Mapa do Estado Futuro que é apresentado no Capítulo 6.

5.5 P5 – ESPERA

Antes da Atividade 25 (Fabricação do Equipamento) há uma espera de 8 horas devido à necessidade de uma reprogramação da produção. Com a chegada da Pasta de Fabricação de um Projeto, a programação da produção é revista de modo a não causar atrasos a outros Projetos ou a outros equipamentos que pertencem à linha de produtos e já estão com recursos alocados.

Como este procedimento está sob a alçada do Departamento de Produção e sua alteração foge do escopo deste estudo, este desperdício não poderia ser eliminado, porém considerando a Proposta de Melhoria para o problema P4 – Processo Demorado, a realização das atividades em paralelo com a espera da entrada do Projeto em produção ocorreria de modo que Atividade 16a (Elaboração dos Desenhos de Fabricação de Funilaria) fosse antecessora desta espera, e paralelamente a esta espera de 8 horas na Produção o responsável pela Atividade 16b (Elaboração dos Desenhos de Fabricação Mecânica/Elétrica) já poderia avançar na sua execução. Assim as atividades da Figura 5-6 seriam executadas como indica a Figura 5-17.

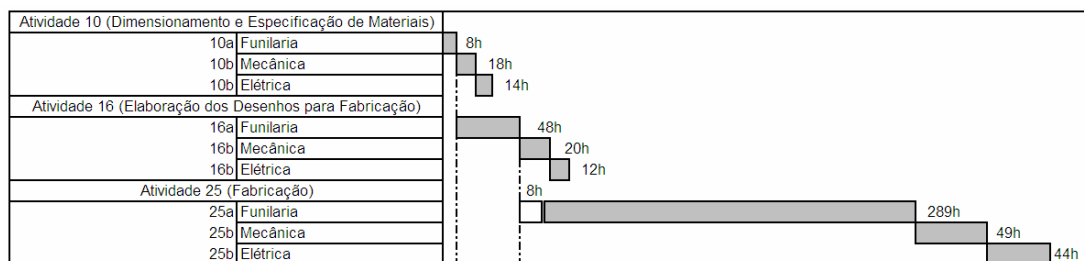


Figura 5-17 - Novo Encadeamento das Atividades 10, 16 e 25 com Tempo de Espera

5.6 P6 – RELAÇÃO DE PRECEDÊNCIA DESNECESSÁRIA PARA UMA PARTE DA ATIVIDADE DE ELABORAÇÃO DO MANUAL DE INSTRUÇÕES

Na atividade 30 (Execução do Manual de Instruções) nota-se que ocorre o desperdício de uma Precedência Desnecessária, pois ela é realizada após a Atividade 29 (Validação do Equipamento), sendo que a Atividade 30 poderia ser iniciada enquanto a atividade 26 (Teste do Equipamento) começa a ser executada. Este desperdício foi considerado como Precedência Desnecessária, pois as informações para a realização do Manual de Instruções do Projeto já estão disponíveis antes do início dos testes e poderiam ser utilizados para realização da Atividade 30.

O Manual de Instruções do Projeto contém as informações referentes às características físicas (dimensões, entradas e saídas de água, etc.), mecânicas de refrigeração (tipo de fluido refrigerante utilizado, tipo de condensação, etc.), elétricas (tensão de alimentação e comando, consumo energético, etc.), de operação do equipamento, de manuseio e movimentação, bem como a lista de componentes principais, os procedimentos de manutenção preventiva, o Desenho Dimensional, o Fluxograma, o Esquema Elétrico e uma descrição do funcionamento dos sistemas que compõem o equipamento. Todos os dados citados acima ficam disponíveis ao Responsável da Ordem de Serviço (RO) na atividade 22 (Análise Crítica dos Dados de Saída), pois esta atividade verifica se todos os dados e documentos do Projeto estão de acordo com as especificações iniciais do Projeto. Embora cada projeto especial resulte na elaboração de um Manual de Instruções específico, a empresa dispõe de um modelo básico para a execução do Manual de Instruções que mostra a ordem e a forma de apresentação dos dados.

Para a reorganização destas atividades é necessário observar que caso haja alguma alteração na Atividade 27 e Atividade 28 (Documentação das Alterações) do Projeto deve também ser considerada na revisão do Manual de Instruções do Projeto. Devido a esta

condição, a Atividade 31 (Revisão do Manual de Instruções) precisa ser mantida após a Atividade 29 (Validação do Equipamento) para garantir que o Manual de Instruções do Projeto estará de acordo com os dados do Projeto definitivo e que as eventuais alterações que tenham impacto na composição deste Manual tenham sido contempladas na sua previsão.

A execução da Atividade 26 (Teste do Equipamento) e da Atividade 30 (Execução do Manual de Instruções) é realizada pelo Coordenador de Projeto (CP) e pelo Representante da Ordem de Serviço (RO). Neste caso podemos atribuir ao Coordenador de Projeto (CP) o início da Atividade 26 enquanto o Representante da Ordem de Serviço (RO) realiza a Atividade 30 sendo que ao término desta atividade o Representante da Ordem de Serviço (RO) passa a acompanhar o teste junto com o Coordenador de Projetos (CP). A nova organização destas atividades ficaria como indica a Figura 5-18.

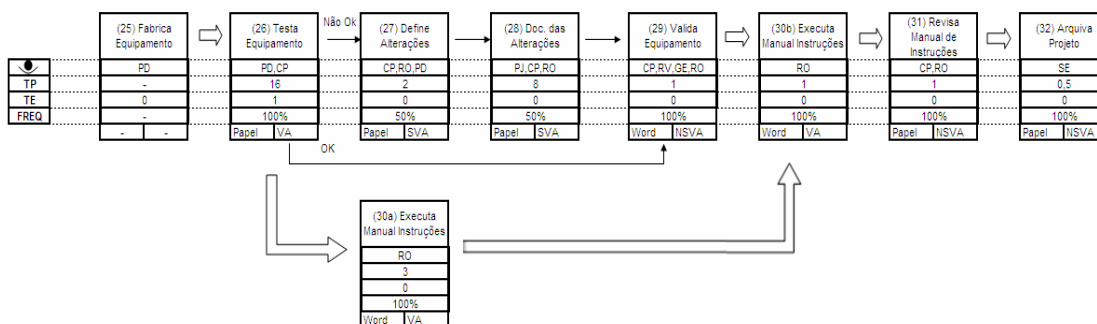


Figura 5-18 – Atividades de Teste no MFV Futuro

A divisão da Atividade 30 em duas partes pode ser considerada conforme as descrições a seguir.

- **30a - Execução do Manual de Instruções:** o Manual de Instruções do Equipamento deve conter as informações necessárias para orientar o usuário sobre o funcionamento adequado e seguro do produto, ou seja, deve conter os requisitos de operação, manuseio e manutenção do equipamento.
- **30b - Execução do Manual de Instruções:** o Manual de Instruções deve ser complementado de modo a garantir que as alterações no Projeto sejam contempladas no manual de instruções.

Com esta alteração haverá um ganho de 3 horas no Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projetos, reduzindo o tempo da etapa de Teste de 28,5 horas para 25,5 horas. Com esta redução o tempo médio de realização da etapa de Teste ficaria próximo ao tempo programado pela empresa de 24 horas (3 dias) conforme a Figura 4-3, considerando que cada dia de trabalho corresponde a 8 horas.

6 MAPA DO ESTADO FUTURO

Após a análise de viabilidade e da caracterização de cada melhoria dentro do Mapa do Estado Atual e do detalhamento de cada melhoria, será apresentado o Mapa do Estado Futuro com a alocação das melhorias conforme as descrições do item 5. Este Mapa do Estado Futuro apresentará a interação dos Departamentos de Vendas, Engenharia e Produção na mesma figura, como no Mapa do Estado Atual.

A integração da representação visa demonstrar com mais clareza a interação entre cada um das atividades do processo como um todo, pois de acordo com Rother e Shook (2003) o ideal é que toda a organização esteja organizada para a implantação dos princípios enxutos e de geração de valor.

O Mapa do Estado Futuro está representado na Figura 6-1.

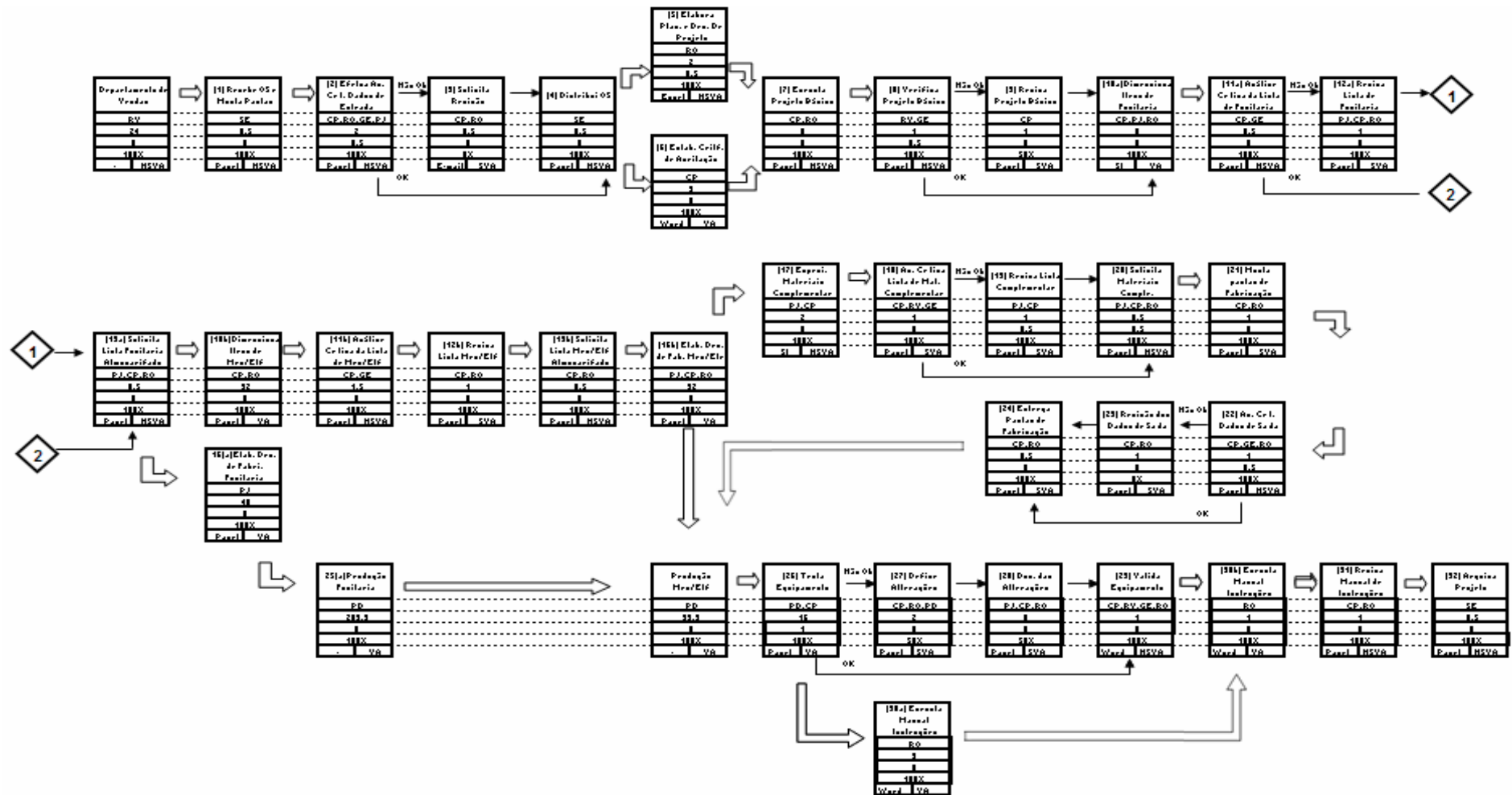


Figura 6-1– Mapa do Estado Futuro para o Processo de Desenvolvimento de Projetos Proposto

Os resultados que podem ser obtidos com as propostas de melhoria desenvolvidas devem ser analisados de acordo com o objetivo proposto por este estudo, ou seja, a redução do Tempo de Desenvolvimento de Projetos para evitar o atraso na entrega.

Em relação ao Mapa do Estado Atual, a comparação entre o Estado Futuro e o Estado Presente considerando os dados das médias de tempo da amostra de projetos examinada, ajuda a indicar o impacto das melhorias propostas. Um quadro comparativo de ambos os estados é apresentado na Tabela 6-1.

	Mapa do Estado Presente	Mapa do Estado Futuro
TP (h)	586,9	583,7
TE (h)	13,5	12,0
SVA (h)	23,3	23,1
NSVA (h)	51,0	47,0
VA (h)	526,1	525,6
TPDP (h)	600,4	513,6

Tabela 6-1 – Atividades de Teste no Mapa Futuro

Em relação ao Fluxo de Valor, a comparação entre os mapas do Estado Futuro e do Estado Presente mostra que haveria uma grande redução no Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projetos mesmo significativa redução do Tempo de Processo (TP) e no Tempo de Espera (TE). Apesar da pouca variação no tempo das atividades Sem Valor Agregado (SVA) e Necessárias Sem Valor Agregado (NSVA) o Tempo de Processo de Desenvolvimento de Projetos poderia ser reduzido de 86,8 horas (redução de aproximadamente 14,5%).

Para avaliar o possível impacto da adoção do processo proposto na redução do Tempo de Processo do Desenvolvimento de Projetos e na melhoria do cumprimento de prazos no Processo de Desenvolvimento de Projetos, serão mostrados a seguir Gráficos de Gantt supondo o desenvolvimento dos Projetos da amostra considerada (Tabela de Dados do Apêndice B) conforme o processo proposto.

Na construção destes gráficos foi admitido o encadeamento de atividades diagramado na Figura 6-1, considerando a adoção das seguintes mudanças:

- Divisão das Atividades 10, 11, 12, 13, 16 e 25,
- Eliminação das Atividades 14 e 15,
- Execução em paralelo das atividades 5 e 6,

- Realização da nova forma de encadeamento das Atividades 10, 16 e 25,
- Antecipação do início da Atividade 30

Para o tempo de realização de cada atividade dividida, foi admitido a divisão de tempo de modo análogo a divisão apresentada no Mapa do Estado Futuro na Figura 6-2.

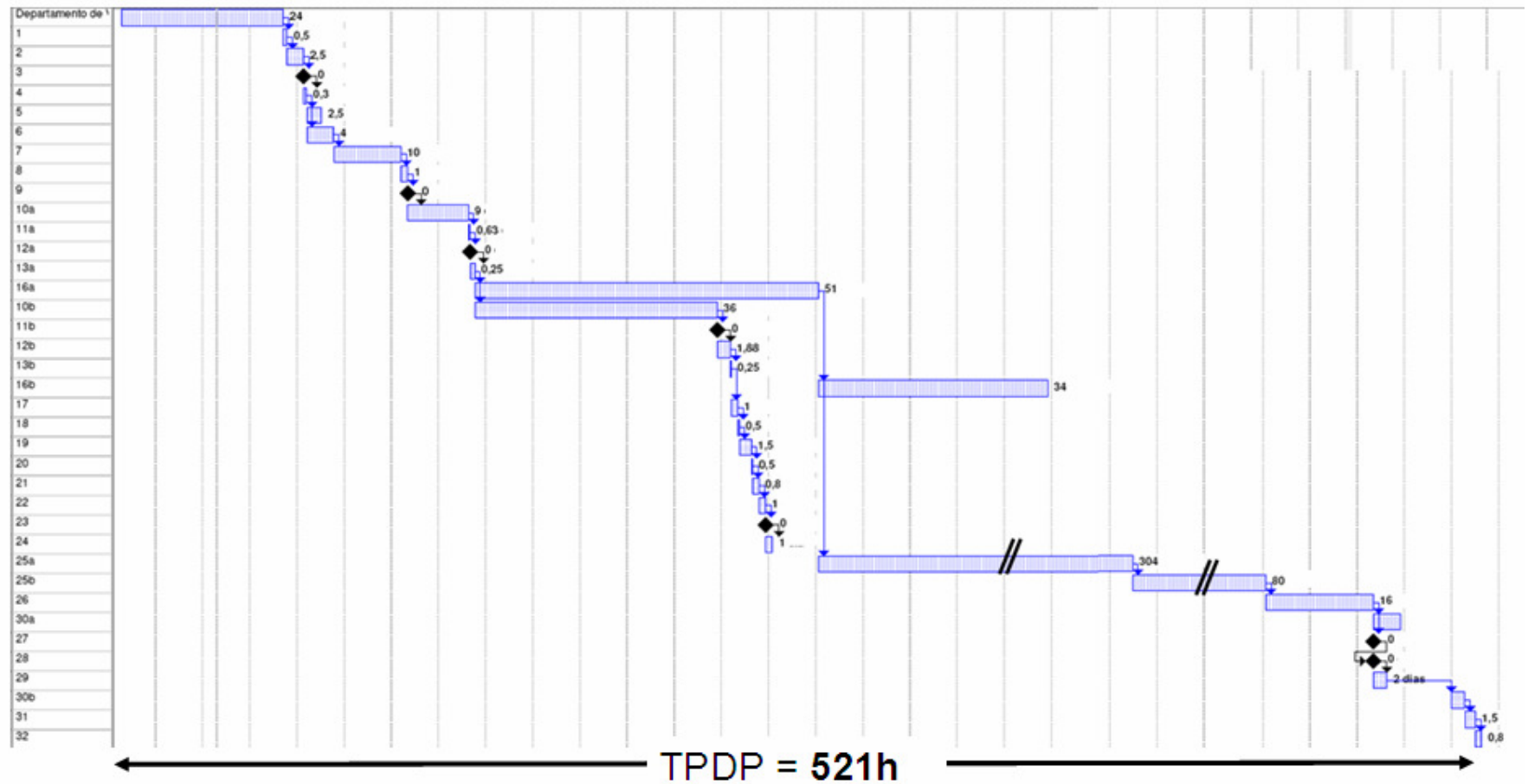


Figura 6-2 – Gráfico de Gantt Supondo Desenvolvimento do Projeto 1 pelo Processo Proposto

A Figura 6-2 mostra como o tempo de desenvolvimento do Projeto 1 ocorreria caso fosse desenvolvido de acordo com a proposta de melhoria. O Tempo do Processo Desenvolvimento de Projeto (TPDP) do Projeto 1 gerou 6 dias de atraso referente ao prazo inicial de projeto, pois o TPDP do Projeto 1 totalizou 603 horas e o prazo de entrega é de 528 horas. Com a aplicação da proposta de melhoria o Tempo Total de Desenvolvimento do Projeto (TPDP) seria de 520 horas, ou seja, 83 horas a menos que o tempo estimado para o Desenvolvimento do Projeto, ou seja, a entrega poderia ser realizada com 10 dias de antecipação. Na Tabela B-1 que o TPDP foi de 520 horas sendo a quantidade de Homens-hora foi de 595 horas, número de horas próximo ao TPDP do Projeto 1 (603 h).

Analogamente a análise realizada para a Figura 6-2, a Figura D-1 (Apêndice D) ilustra o Tempo de Desenvolvimento de Projeto para o Projeto 2. Para este caso o Tempo de Processo de Desenvolvimento (TPDP) do Projeto 2 seria de 589 horas com a aplicação das melhorias propostas. Em comparação com o Tempo de Processo de Desenvolvimento de Projeto (TPDP) do Projeto 2 sem as melhorias (707 horas), a proposta de melhoria poderia proporcionar uma redução de 118 horas. A redução gerada não seria suficiente para evitar o atraso, mas reduziria o atraso no TPDP do Projeto 2 de 23 dias para 8 dias.

Para o Projeto 3 o Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projeto (TPDP) foi de 499 horas, tendo sido entregue no prazo. Porém com a aplicação da proposta de melhoria ilustrada na Figura D-2, o TPDP do Projeto 3 poderia ter sido em 73 horas mais curto.

No Projeto 4 o Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projeto (TPDP) foi de 587 horas. Aplicando-se as melhorias o TPDP do Projeto 2 poderia ter sido realizado em 512 horas. Portanto, o Projeto 2, que gerou 8 dias de atraso, poderia ter sido entregue com 2 dias de antecedência, se fosse executado conforme a Figura D-3.

No desenvolvimento do Projeto 5 o Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projeto (TPDP) foi de 508 horas. Utilizando-se a proposta de melhoria, o Tempo de Desenvolvimento do Projeto 5 teria sido de 437 horas (conforme Figura D-4). Neste caso, não houve atraso na entrega, porém o TPDP do Projeto 5 poderia ter sido reduzido em 71 horas com a utilização da proposta de melhoria.

Para o Projeto 6 o Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projeto (TPDP) foi de 598 horas, gerando um atraso de 9 dias em relação ao prazo de entrega. Com a utilização da proposta de melhoria o TPDP Projeto 6 teria sido de 506 horas, ou seja, seria entregue com 2 dias de antecedência em relação ao prazo de entrega do Projeto, conforme a Figura D-5.

Para o Projeto 7 o Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projeto (TPDP) foi de 675 horas. Com a utilização da proposta de melhoria o TPDP do Projeto 7 seria de 574 horas

conforme Figura D-6. Isso não teria sido suficiente para eliminar o atraso na entrega do Projeto mas neste caso a proposta de melhoria teria reduzido o atraso no desenvolvimento do Projeto de 18 dias para 6 dias de atraso.

Para o Projeto 8 o Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projeto (TPDP) foi de 541 horas, gerando atraso de 2 dias referente ao prazo de entrega do Projeto. Com a aplicação da proposta de melhoria, o TPDP do Projeto 8 seria reduzido para 485 horas conforme a Figura D-7. Deste modo o Projeto 8 teria sido disponibilizado para a entrega, 6 dias antes do prazo estipulado.

O Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projeto (TPDP) do Projeto 9 foi de 545 horas o que gerou 3 dias de atraso em relação ao prazo de entrega estipulado para o Projeto. Com a aplicação da proposta de melhoria, o TPDP do Projeto 9 seria reduzido para 488 horas conforme Figura a D-8. Deste modo o Projeto 9 teria sido disponibilizado para a entrega, 5 dias antes do prazo estipulado.

Para o Projeto 10 o Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projeto (TPDP) do Projeto 10 foi de 588 horas, o que gerou um atraso de 8 dias referente ao prazo de entrega do Projeto. Com a aplicação da proposta de melhoria, o Tempo de Desenvolvimento do Projeto 10 seria reduzido para 509 horas conforme a Figura D-9. Deste modo o Projeto 10 teria sido disponibilizado para a entrega, 2 dias antes do prazo estipulado.

Para o Projeto 11 o Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projeto (TPDP) foi de 597 horas, o que gerou um atraso de 9 dias referente ao prazo de entrega do Projeto. Com a aplicação da proposta de melhoria, o TPDP 11 seria reduzido para 503 horas conforme a Figura D-10. Deste modo o Projeto 11 teria sido disponibilizado para a entrega, 3 dias antes do prazo estipulado.

Para o Projeto 12 o Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projeto (TPDP) foi de 593 horas, o que gerou atraso de 8 dias referente ao prazo de entrega do Projeto. Com a aplicação da proposta de melhoria, o TPDP do Projeto 12 seria reduzido para 507 horas conforme a Figura D-11. Deste modo o Projeto 12 teria sido disponibilizado para a entrega, 2 dias antes do prazo estipulado.

Da simulação da aplicação da proposta de revisão do Processo de Desenvolvimento de Projetos proposto, verifica-se que com a implantação do proposto procedimento apenas o Projeto 2 e o Projeto 7 apresentariam atrasos. Deste modo, dos 12 Projetos da amostra, apenas 2 Projetos apresentariam atrasos. Consequentemente, a porcentagem de Projetos atrasados da amostra poderia ter sido de apenas 16,7% (2 atrasados em 12 da amostra), ou

seja, interior à porcentagem de 83,3% (10 atrasados em 12 da amostra) que resultou do atual procedimento de desenvolvimento.

Evidentemente, a análise dos projetos da amostra baseados nas simulações de divisão das atividades e no encadeamento das mesmas conforme a proposta de melhoria, não oferece evidências suficientes que garantam a eficiência das melhorias propostas em reduzir o Tempo do Processo de Desenvolvimento de Projetos.

Para se buscar evidências da possível redução do Tempo de Processo de Desenvolvimento de Projetos bem como no índice de atrasos em Projetos pela implantação da melhoria proposta, foram realizadas duas comparações de Projetos específicos.

A primeira comparação será entre Projetos direcionados para sistemas de condicionamento de ar para admissão de motores. O Projeto do Condicionador de Ar 1 foi realizado no ano de 2007, utilizando o Processo de Desenvolvimento de Projetos atual da empresa, já o Projeto do Condicionador de Ar 2 foi realizado como um teste piloto do Processo de Desenvolvimento de Projetos proposto pelo presente estudo. Estes projetos têm como principais variáveis de controle a temperatura do ar, umidade relativa e vazão. A Tabela 6-2 mostra a comparação das especificações técnicas dos dois Projetos de condicionadores de ar.

	Condicionador 1	Condicionador 2
Temperatura de Trabalho	10°C a 30°C	10°C a 40°C
Umidade Relativa	20% a 90%	10% a 90%
Vazão Máxima	600 m³/h	2400 m³/h
Pressão de Trabalho	-	760mbar a 1100mbar
Número de Itens	567	1306
Número de SKU's	182	329
Dimensões Externas (AxLxP)	1.600 x 770 x 1.420 (mm)	2.600 x 1.200 x 2.500 (mm)
Custo Estimado	R\$ 30.000,00	R\$ 100.000,00

Tabela 6-2 – Comparação entre os Projetos de Condicionadores de Ar 1 e 2

Comparativamente, o Projeto do Condicionador de Ar 2 demanda uma complexidade técnica maior do que o Projeto do Condicionador de Ar 1 devido às exigências mais rigorosas de vazão de ar, de pressão de trabalho, número de itens, dimensões e custo estimado. Os Desenhos Dimensionais de cada Projeto são apresentados na Figura 6-3.

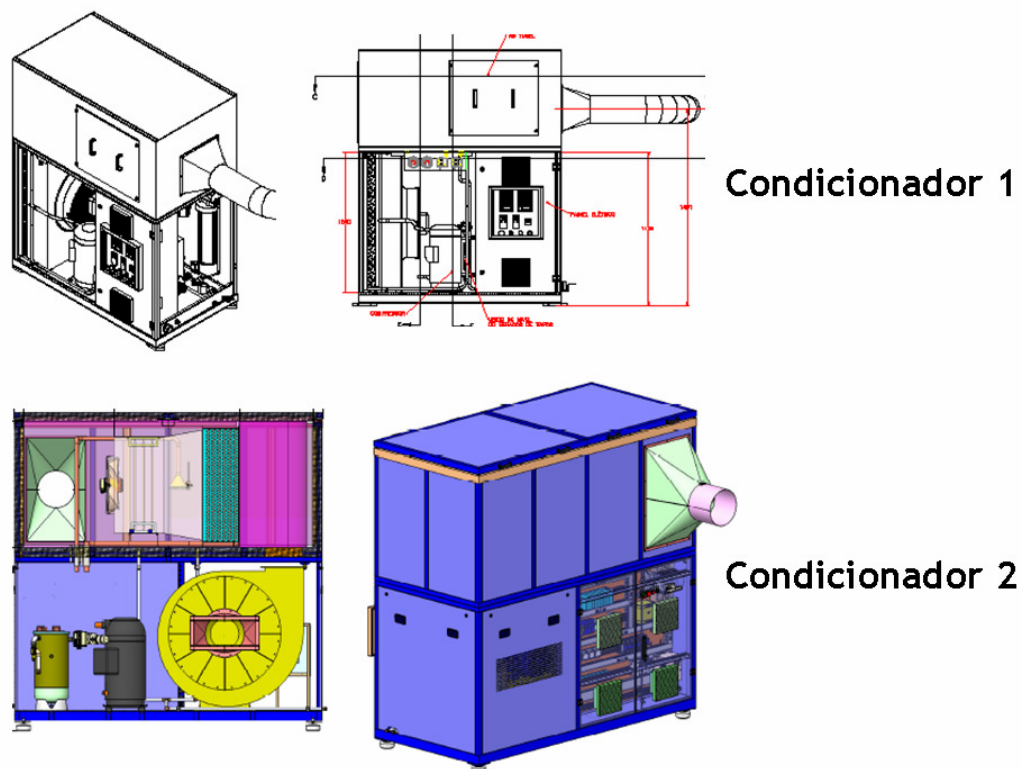


Figura 6-3 – Desenho Dimensional dos Condicionadores de Ar 1 e 2

O Projeto do Condicionador de Ar 1 demandou um Tempo Processo de Desenvolvimento de Projeto (TPDP) de 552 horas para seu desenvolvimento completo, ou seja, o Projeto gerou um atraso de 3 dias em relação ao prazo de entrega estipulado. O Projeto do Condicionador de Ar 2, mesmo necessitando de 620 homens-hora (Tabela C-2), por apresentar maior complexidade em relação ao Projeto do Condicionador de Ar 1, demandou um TPDP de 524 horas e foi entregue no prazo previsto. A Figura 6-4 e a Figura 6-5 registram por meio de um Gráfico de Gantt como transcorreram os processos de desenvolvimento de ambos os projetos.

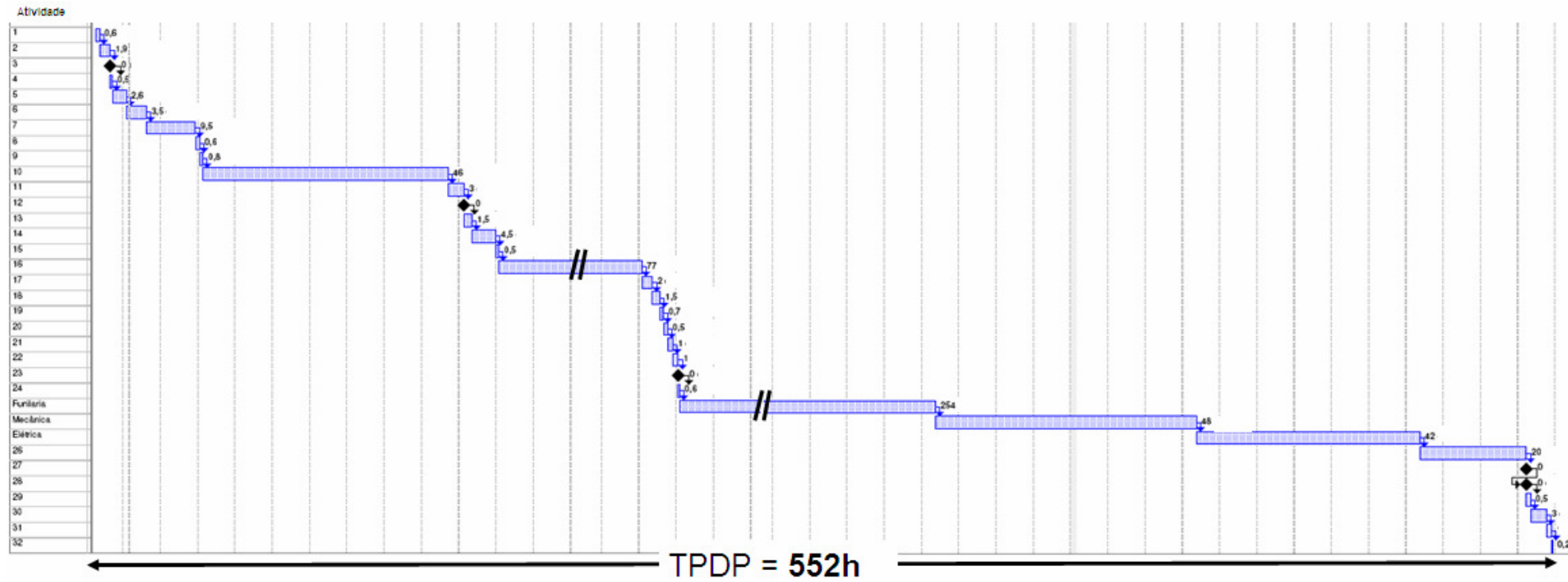


Figura 6-4 – Gráfico de Gantt do Projeto do Condicionador de Ar 1

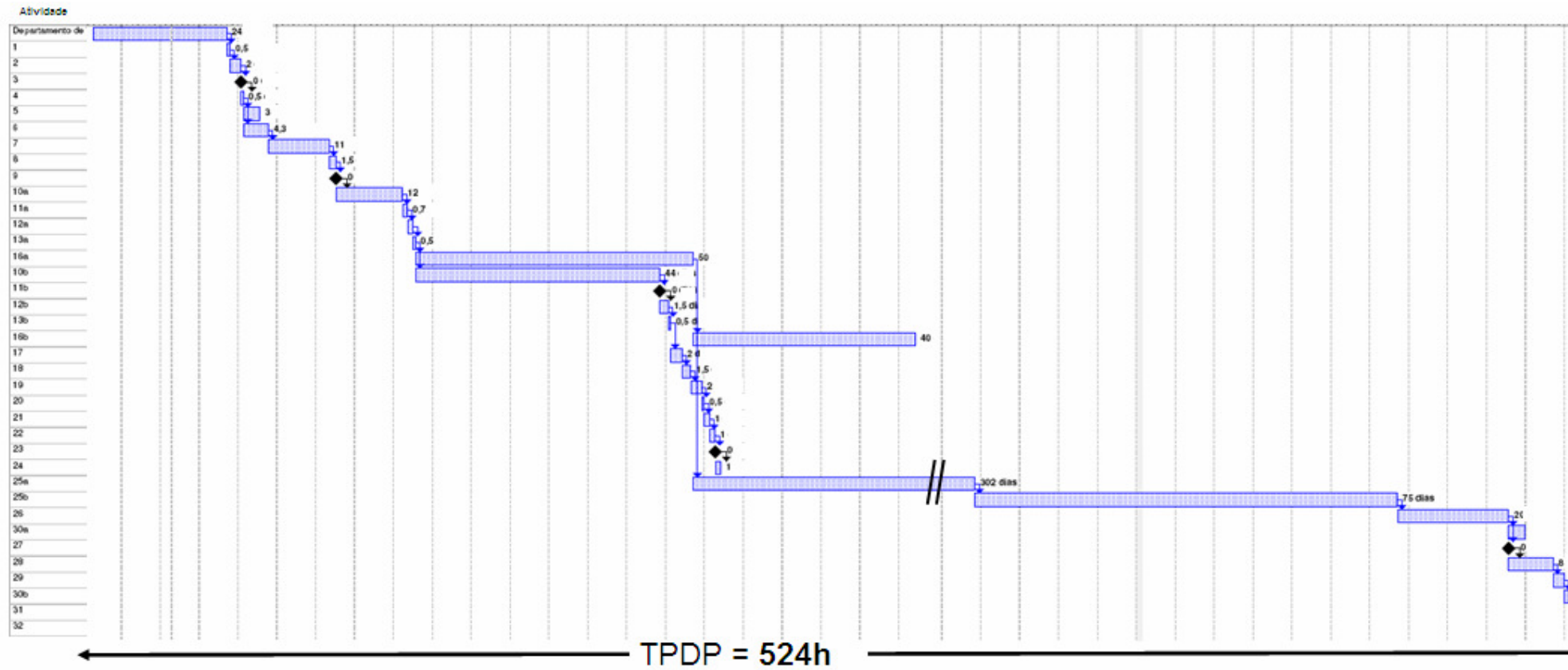


Figura 6-5 – Gráfico de Gantt do Projeto do Condicionador de Ar 2

Desse modo, a aplicação prática do Processo de Desenvolvimento de Projetos proposto mostrou-se eficiente para reduzir o tempo de Desenvolvimento de Projeto e assim contribuir para evitar o atraso da entrega do Projeto.

Analogamente, serão comparados dois Projetos de Estufas Climáticas que apresentam as características dadas na Tabela 6-3. O Projeto da Estufa Climática 1 foi realizado no ano de 2007, utilizando o Processo de Desenvolvimento de Projetos atual da empresa, já o Projeto da Estufa Climática 2 foi realizado como um segundo teste piloto do Processo de Desenvolvimento de Projetos proposto pelo presente estudo.

	Estufa 1	Estufa 2
Temperatura de Trabalho	-40°C a 180°C	-40°C a 120°C
Umidade Relativa	20% a 80%	20% a 90%
Volume Interno Útil	6 m ³	7,2 m ³
Número de Itens	686	892
Número de SKU's	138	195
Dimensões Externas (AxLxP)	1.975 x 4.400 x 2.020 (mm)	3.130 x 1.740x 3.380 (mm)
Custo Estimado	R\$ 50.000,00	R\$ 60.000,00

Tabela 6-3 – Comparação entre os Projetos de Estufas Climáticas 1 e 2

Os Projetos das Estufas Climáticas comparadas na Tabela 6-3 apresentam características semelhantes quanto às condições de trabalho, porém as formas construtivas são diferentes como pode-se observar nos Desenhos Dimensionais apresentados na Figura 6-6.

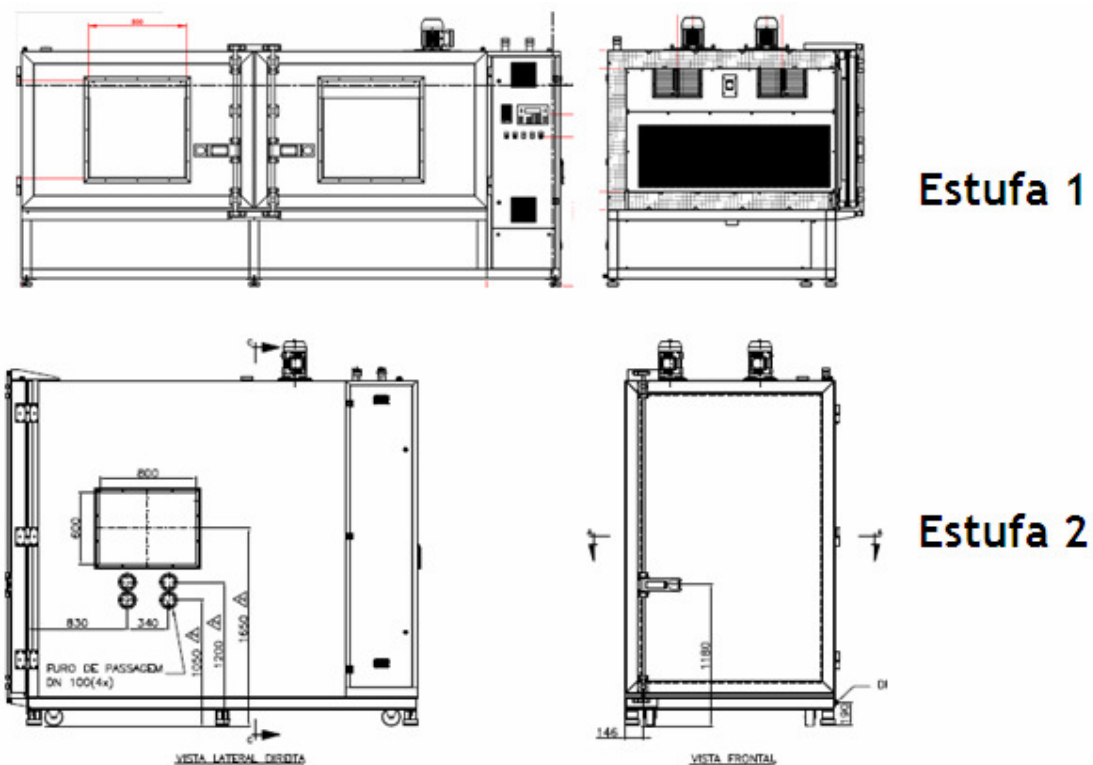


Figura 6-6 – Desenho Dimensional dos Projetos das Estufas Climáticas

O Tempo de Desenvolvimento de Projeto da Estufa Climática 1 foi de 565 horas para o desenvolvimento completo e este projeto foi entregue com um atraso de 5 dias em relação ao prazo de entrega estipulado. O Tempo de Desenvolvimento de Projeto da Estufa Climática 2 foi de 493 horas para o desenvolvimento completo, este projeto apresentaria antecipação referente ao prazo de entrega de 4 dias. A Figura 6-7 e a Figura 6-8 apresentam os Gráficos de Gantt de cada um dos Projetos das Estufas Climáticas (as tabelas com os tempos (em horas) dos Gráficos de Gantt são apresentados no Apêndice C).

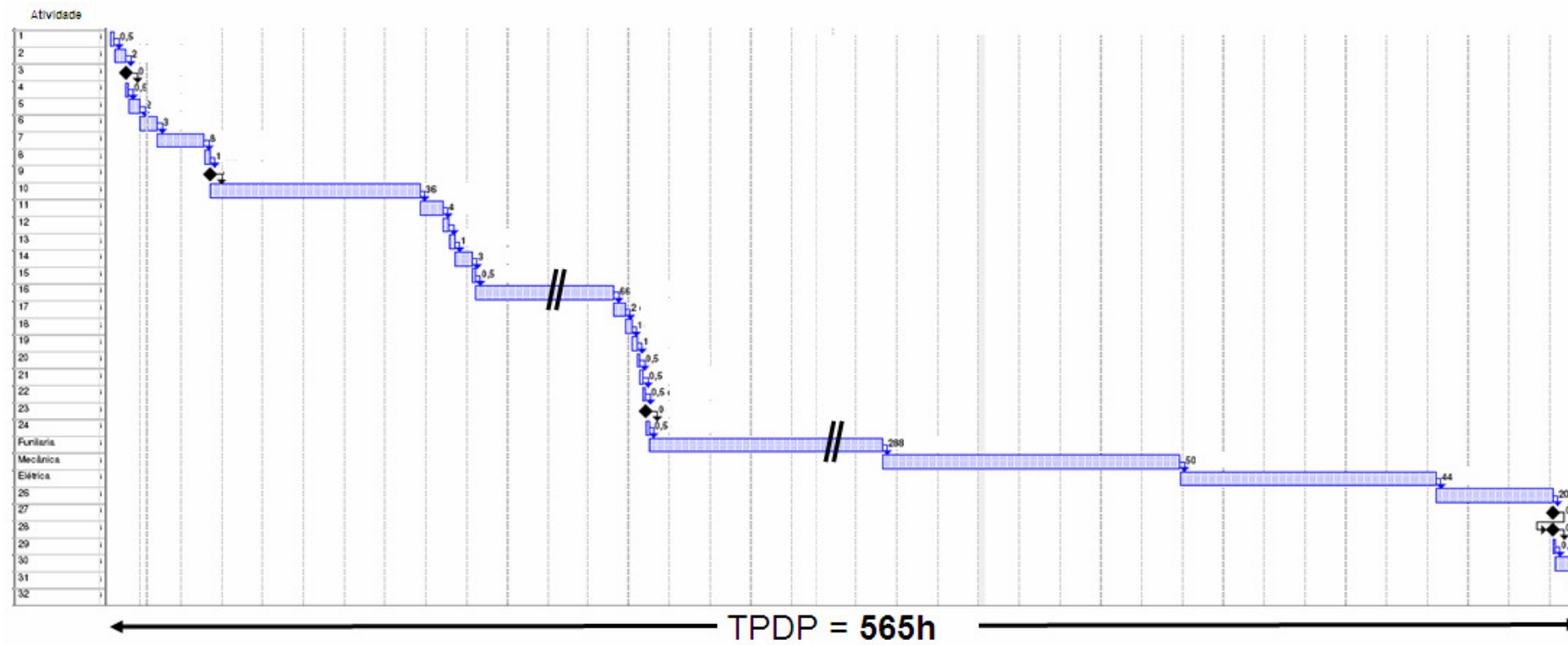


Figura 6-7 – Gráfico de Gantt do Projeto da Estufa Climática 1

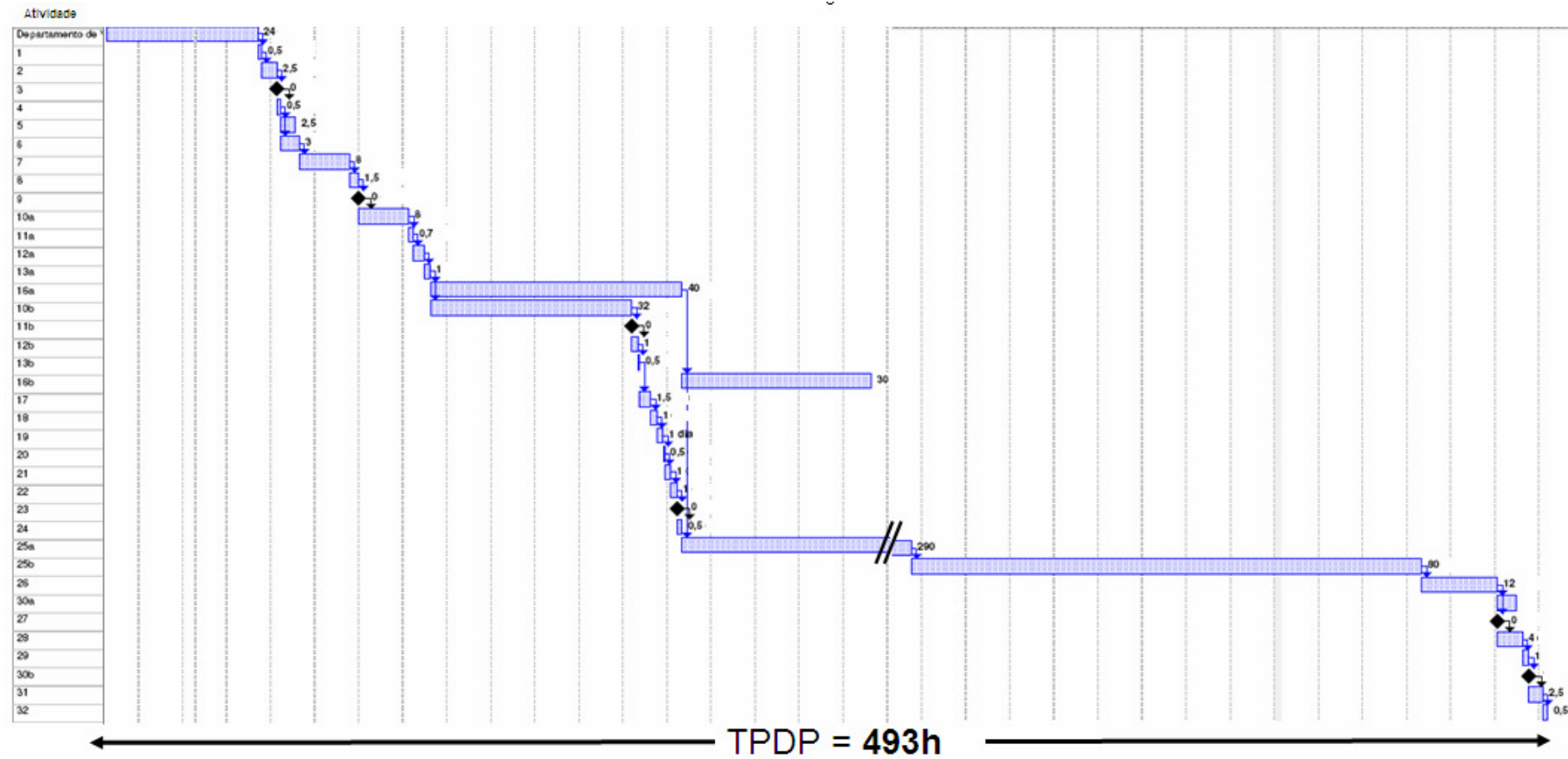


Figura 6-8 – Gráfico de Gantt do Projeto da Estufa 2

A oportunidade de testar a aplicação das melhorias propostas por meio destes Projetos Piloto possibilitou verificar empiricamente que o Processo de Desenvolvimento proposto viabiliza a redução do Tempo de Desenvolvimento de Projetos e, assim, contribui para o objetivo de reduzir os atrasos na entrega de Projetos.

7 CONCLUSÃO

A abordagem deste trabalho de estudar o processo de desenvolvimento de projetos utilizando ferramentas que foram criadas para análise e melhoria do fluxo de materiais exigiu a verificação de possibilidades de melhoria com foco no fluxo de informações. O estudo do possível impacto da adoção das melhorias propostas indicou que o Tempo de Desenvolvimento de Projeto poderia ter sido reduzido de 14% e que isso poderia ter proporcionado uma redução de atrasos de 83,3% para 16,7% dentro da amostra analisada.

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) possibilitou um melhor entendimento de todo o processo de desenvolvimento e de como suas atividades interagem na execução dos Projetos. As possibilidades de melhoria foram baseadas na análise do Mapa do Estado Atual do Processo de Desenvolvimento de Projeto com dois objetivos: a redução do Tempo de Desenvolvimento de Projetos e o aumento do valor enxergado pelo cliente no resultado final do Projeto. O fluxo analisado utiliza a informação como ferramenta de trabalho, e muitas vezes a maneira de passagem de uma atividade para outra não é controlada ou mesmo identificada de maneira clara. O MFV ajudou a definir com clareza como a informação flui e como a mesma é utilizada durante o processo.

Em relação ao desenvolvimento prático do estudo, foi desafiador tratar de um processo em que não há um fluxo de materiais visível, e o resultado é único para cada Ordem de Serviço. O fato de as especificações não serem suficientes para o desenvolvimento e do tempo de cada atividade variar para diferentes projetos são fatores que complicam a verificação da eficiência das propostas de melhoria. A possibilidade de testar a utilização das melhorias em projetos reais possibilitou verificar que as melhorias sugeridas podem efetivamente resultar redução do Tempo de Desenvolvimento de Projetos.

Como o foco do trabalho foi centrado no conjunto das atividades para o desenvolvimento do projeto, não foi elaborada nenhuma proposta de melhoria para as atividades realizadas pelo Departamento de Produção. Desse modo, a realização de um estudo sobre melhoria em atividades do Departamento de Produção poderia ser desenvolvido de modo a dar continuidade ao presente estudo e identificar novas oportunidades de racionalização do fluxo de projeto.

Este estudo mostra que é possível aplicar ferramentas de *Lean Manufacturing* não apenas na racionalização de manufatura, mas também em ambientes de planejamento e projeto sendo que os resultados alcançados com esta abordagem podem ser expressivos na

busca de fluxos de valor mais enxutos e efetivos tanto no processamento de materiais como de informação.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, M. M; RABECHINI, R. Construindo Competências para Gerenciar Projetos: Teoria e Casos. São Paulo: Atlas, 2005

KERZNER, H. *Strategic planning for project management using a project management maturity model*. New York: John Wiley, 2001.

LAREAU, W. *Office Kaizen: transforming office operations into a strategic competitive advantage*. USA: ASQ Quality Press, 2002.

LEAN INTERPRISE INSTITUTE. *Léxico Lean – Glossário ilustrado para praticantes do Lean*. São Paulo: v. 1, 2003.

MACHADO, M. C. Gestão do processo de desenvolvimento de produtos: uma abordagem baseada na criação de valor/ Marcio Cardoso Machado; Nilton Nunes Toledo. – São Paulo: Atlas, 2008

MONDEN, Y. Sistema Toyota de Produção/ Yasuhiro monden; tradução Antonia V. P. Costa, Antonio Freitas; David Livingstine Villar Rodrigues; Eloy Simões de Almeida; Olegário Serra Lisboa, Ramon Pagotto, Ricardo André Gutierrez; supervisão: Reinaldo A. Moura e Akio Umeda – São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem, IMAM 1984

MORGAN, J. M. *High performance product development: a system approach to a lean product development process*. 2002. Thesis (Phd) in industrial and operations engineering – University of Michigan.

OHNO, T. O sistema Toyota de produção - Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, D.O. Escritório Enxuto (*Lean Office*). Lean Institute Brasil, 2005

PATAH, L.A.; CARVALHO, M.M. *Strategic Performance Measurement in Project Management* IN: EUROMAN2004 – EUROPEAN OPERATIONS MANAGEMENT ASSOCIATION INTERNATIONAL CONFERENCE, 2004, Fontainebleau. Proceedings of EUROMAN2004, 2004; v.1. p771-780

PMI, A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBok). 3 ed. Project Management Institute, 2004

ROLDAN, F; MIYAKE, D.I. Mudanças de Forecast na Indústria Automobilística: Iniciativas para a Estruturação dos Processos de Tomada de Decisão e Processamento da Informação. São Paulo: UFSCAR, 2004.

ROTHER M., SHOOK J. Aprendendo a Enxergar (Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdícios). São Paulo: v1.3, 2003

SHINGO, S. A Study of the Toyota Production Suystem From a Industrial Engineering Viewpoint – Revised Edition. 1989.

STOEKER, W. F.; SAIZ JABARDO, S. M. Refrigeração Industrial. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, J. D. A Máquina que mudou o mundo. Rio de Janeiro: Elsevier, 1992

APÊNDICE A – TEMPOS DAS ATIVIDADES DOS PROJETOS DAS AMOSTRAS

Projetos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10a	10b	10	11a	11b	11	12a	12b	12	13a	13b	13	14	15
1	0,5	2,5		0,3	2,5	4	10	1		9	36	45	0,6	1,9	2,5	0	0		0,25	0,25	0,5	4,5	0,5
2	0,3	2,8		0,3	2,2	4,5	11	0,5	1,5	9,6	38,4	48	0,9	2,6	3,5	0,75	0,75	1,5	0,5	0,5	1	5	0,3
3	0,5	2,7		0,5	2,1	2	12	0,5		6,4	25,6	32	0,5	1,5	2	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	3	0,3
4	0,5	2,9	0,5	0,5	2,8	1,5	7	0,5	1,5	7	28	35	0,4	1,1	1,5	0,25	0,25	0,5	0,25	0,25	0,5	4,5	0,5
5	0,5	3		0,6	2,6	2,5	8,5	0,5	0,6	7	28	35	0,4	1,1	1,5	0,25	0,25	0,5	0,75	0,75	1,5	3,5	0,4
6	0,5	2		0,6	2,4	1,5	6,5	0,5		10	40	50	0,9	2,6	3,5	0,5	0,5	1	0,75	0,75	1,5	2,5	0,4
7	0,5	1,6		0,6	2,5	5	5,5	0,5		10,2	40,8	51	1,0	3,0	4	1,25	1,25	2,5	0,75	0,75	1,5	4	0,5
8	0,4	1		0,6	0,5	3	6	0,5	0,8	6,4	25,6	32	0,3	0,8	1	0	0		0,75	0,75	1,5	3,5	0,4
9	0,6	1		0,5	0,5	5	7	0,7	0,7	6,4	25,6	32	0,3	0,8	1	0	0		0,25	0,25	0,5	4	0,6
10	0,6	0,5		0,6	1,8	1,5	8	0,3		7	28	35	0,4	1,1	1,5	0,5	0,5	1	0,4	0,4	0,8	5	0,5
11	0,6	0,5		0,6	1,7	2	8,5	0,5	1,2	8,4	33,6	42	0,4	1,1	1,5	0,25	0,25	0,5	0,25	0,25	0,5	4	0,5
12	0,5	3		0,4	2,5	4	7	0,3		9	36	45	0,5	1,5	2	0	0		0,25	0,25	0,5	5	1
Média	0,50	1,96	0,50	0,51	2,01	3,04	8,08	0,53	1,05	8,03	32,13	40,17	0,53	1,59	2,13	0,35	0,35	1,06	0,47	0,47	0,94	4,04	0,49

Tabela A-1 –Tempo de Desenvolvimento das Atividades dos Projetos da Amostra Analisada (em horas)

												25											
Projetos	16a	16b	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Funilaria	Mecânica	Elétrica	26	27	28	29	30	31	32	TPDP	
1	51,0	34,0	85	1	0,5	1,5	0,5	0,8	1		1	304	44	40	16			2	6	1,5	0,8	603	
2	58,8	39,2	98	3	1	1,2	0,5	0,5	0,5		0,3	320	80	56	20	2	12	1,5	4	1	0,5	707	
3	36,0	24,0	60	2	1	1,5	0,5	1	0,5		0,3	240	40	32	22	2	6	2	4	0,8	0,8	499	
4	42,0	28,0	70	1	1,2	2	0,3	1,5	1,3		0,5	280	60	56	24			0,5	3	0,8	0,5	587	
5	45,0	30,0	75	1,5	1,6	0,5	0,5	0,5	1,3		0,3	248	40	40	8			0,5	4	1	0,3	508	
6	51,0	34,0	85	1,5	1,2	0,5	0,3	0,8	0,5		1	304	48	40	12			0,5	3	2,3	1	598	
7	57,6	38,4	96	2	2	2	0,3	0,8	0,5	1	0,5	328	60	56	8	2,5	8	1	4	1	0,3	675	
8	39,0	26,0	65	2	1,5	0,5	0,6	1,3	1		1	280	40	40	20	1	8	0,5	3	0,5	0,3	541	
9	42,0	28,0	70	2	0,8	0,5	1	1,3	1		0,3	280	40	40	12	2,5	10	0,8	4	0,5	0,3	545	
10	52,8	35,2	88	3	0,8	1	1	0,5	1,3		0,5	296	48	48	8	2	4	0,5	4	0,8	0,3	588	
11	54,0	36,0	90	2,5	0,5	1,2	0,5	1,3	1,3		0,3	296	52	40	16			1	4	1	1	597	
12	52,8	35,2	88	3	0,2	0,5	0,3	1,3	1,3		0,3	296	40	40	20			0,8	5	0,8	0,3	593	
Média	48,50	32,33	80,83	2,04	1,03	1,08	0,53	0,97	0,96	1,00	0,53	289,33	49,33	44,00	15,50	2,00	8,00	0,97	4,00	1,00	0,53		

Tabela A-1 –Tempo de Desenvolvimento das Atividades dos Projetos da Amostra Analisada (em horas) (conti.)

APÊNDICE B – TEMPO DAS ATIVIDADES DA AMOSTRA (GANTT)

Atividades	Projetos da Amostra											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dep. Vendas	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
1	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5
2	2,5	2,8	2,7	2,9	3,0	2,0	1,6	1,0	1,0	0,5	0,5	3,0
3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,4
5	2,5	2,2	2,1	2,8	2,6	2,4	2,5	0,5	0,5	1,8	1,7	2,5
6	4,0	4,5	2,0	1,5	2,5	1,5	5,0	3,0	5,0	1,5	2,0	4,0
7	10,0	11,0	12,0	7,0	8,5	6,5	5,5	6,0	7,0	8,0	8,5	7,0
8	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,3	0,5	0,3
9	0,0	1,5	0,0	1,5	0,6	0,0	0,0	0,8	0,7	0,0	1,2	0,0
10a	9,0	9,6	6,4	7,0	7,0	10,0	10,2	6,4	6,4	7,0	8,4	9,0
11a	0,6	0,9	0,5	0,4	0,4	0,9	1,0	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
12a	0,0	0,8	0,5	0,3	0,3	0,5	1,3	0,0	0,0	0,5	0,3	0,0
13a	0,3	0,5	0,5	0,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3	0,4	0,3	0,3
16a	51,0	58,8	36,0	42,0	45,0	51,0	57,6	39,0	42,0	52,8	54,0	52,8
10b	36,0	38,4	25,6	28,0	28,0	40,0	40,8	25,6	25,6	28,0	33,6	36,0
12b	0,0	0,8	0,5	0,3	0,3	0,5	1,3	0,0	0,0	0,5	0,3	0,0
11b	1,9	2,6	1,5	1,1	1,1	2,6	3,0	0,8	0,8	1,1	1,1	1,5
13b	0,3	0,5	0,5	0,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3	0,4	0,3	0,3
16b	34,0	39,2	24,0	28,0	30,0	34,0	38,4	26,0	28,0	35,2	36,0	35,2
17	1,0	3,0	2,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	3,0	2,5	3,0
18	0,5	1,0	1,0	1,2	1,6	1,2	2,0	1,5	0,8	0,8	0,5	0,2
19	1,5	1,2	1,5	2,0	0,5	0,5	2,0	0,5	0,5	1,0	1,2	0,5
20	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,6	1,0	1,0	0,5	0,3
21	0,8	0,5	1,0	1,5	0,5	0,8	0,8	1,3	1,3	0,5	1,3	1,3
22	1,0	0,5	0,5	1,3	1,3	0,5	0,5	1,0	1,0	1,3	1,3	1,3
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	1,0	0,3	0,3	0,5	0,3	1,0	0,5	1,0	0,3	0,5	0,3	0,3
25a	304,0	320,0	240,0	280,0	248,0	304,0	328,0	280,0	280,0	296,0	296,0	296,0
25b	80,0	112,0	64,0	112,0	80,0	80,0	112,0	80,0	80,0	96,0	80,0	80,0
26	16,0	20,0	22,0	24,0	8,0	12,0	8,0	20,0	12,0	8,0	16,0	20,0
30a	4,0	4,0	4,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0
27	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,5	1,0	2,5	2,0	0,0	0,0
28	0,0	12,0	6,0	0,0	0,0	0,0	8,0	8,0	10,0	4,0	0,0	0,0
29	2,0	1,5	2,0	0,5	0,5	0,5	1,0	0,5	0,8	0,5	1,0	0,8
30b	2,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0
31	1,5	1,0	0,8	0,8	1,0	2,3	1,0	0,5	0,5	0,8	1,0	0,8
32	0,8	0,5	0,8	0,5	0,3	1,0	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0	0,3
Homnes-Hora	594,4	679,1	488,7	577,8	504,3	587,6	669,1	537,5	540,5	583,3	580,7	587,0
TPDP	520	589	429	512	437	506	574	485	488	509	503	507

Tabela B-1 – Tempo de Desenvolvimento das Atividades da Amostra – Gráficos de Gantt (em horas)

APÊNDICE C – TEMPOS DAS ATIVIDADES DOS PROJETOS DO CONDICIONADOR 1 E 2 E ESTUFA 1 E 2

Projetos	Projeto Condicionador 1	Projeto Estufa 1
Dep. Vendas	24	24
1	0,6	0,5
2	1,9	2
3	0	0
4	0,5	0,5
5	2,6	2
6	3,5	3
7	9,5	8
8	0,6	1
9	0,8	0
10a	0	0
10b	0	0
11a	0	0
11b	0	0
12a	0	0
12b	0	0
13a	0	0
13b	0	0
13	1,5	1
14	4,5	3
15	0,5	0,5
16a	0	0
16b	0	0
17	2	2
18	1,5	1
19	0,7	1
20	0,5	0,5
21	1	0,5
22	1	0,5
23	0	0
24	0,6	0,5
25a (Funilaria)	254	288
25b (Mecânica)	48	50
25b (Elétrica)	42	44
26	20	20
27	0	0
28	0	0
29	0,5	0,5
30	3	3
31	1	1
32	0,2	0,5
Homens-Hora	552,5	565,5
TPDP	552,5	565,5

Tabela C-1 –Tempo Das atividades dos projetos de Desenvolvimento dos Projetos Condicionador 1 e Estufa 1 pelo processo atual

Atividades	Projeto Condicionador 2	Projeto Estufa 2
Dep. Vendas	24	24
1	0,5	0,5
2	2	2,5
3	0	0
4	0,5	0,5
5	3	2,5
6	4,3	3
7	11	8
8	1,5	1,5
9	0	0
10a	12	8
11a	0,7	0,7
12a	1	1,5
13a	0,5	1
16a	50	40
10b	44	32
12b	0	0
11b	1,5	1
13b	0,5	0,5
16b	40	30
17	2	1,5
18	1,5	1
19	2	1
20	0,5	0,5
21	1	1
22	1	1
23	0	0
24	1	0,5
25a	302	290
25b	75	80
26	20	12
30a	3	3
27	0	0
28	8	4
29	2	1
30b	1	0
31	2	2,5
32	0,5	0,5
Homens-Hora	619,5	556,7
TPDP	524	487

Tabela C-2 –Tempo das atividades dos projetos de desenvolvimento da Estufa 2 e Condicionador 2 pelo processo de desenvolvimento proposto

APÊNDICE D – SIMULAÇÃO DE GRÁFICOS DE GANTT DOS PROJETOS DA AMOSTRA CONFORME PROPOSTA DE MELHORIA

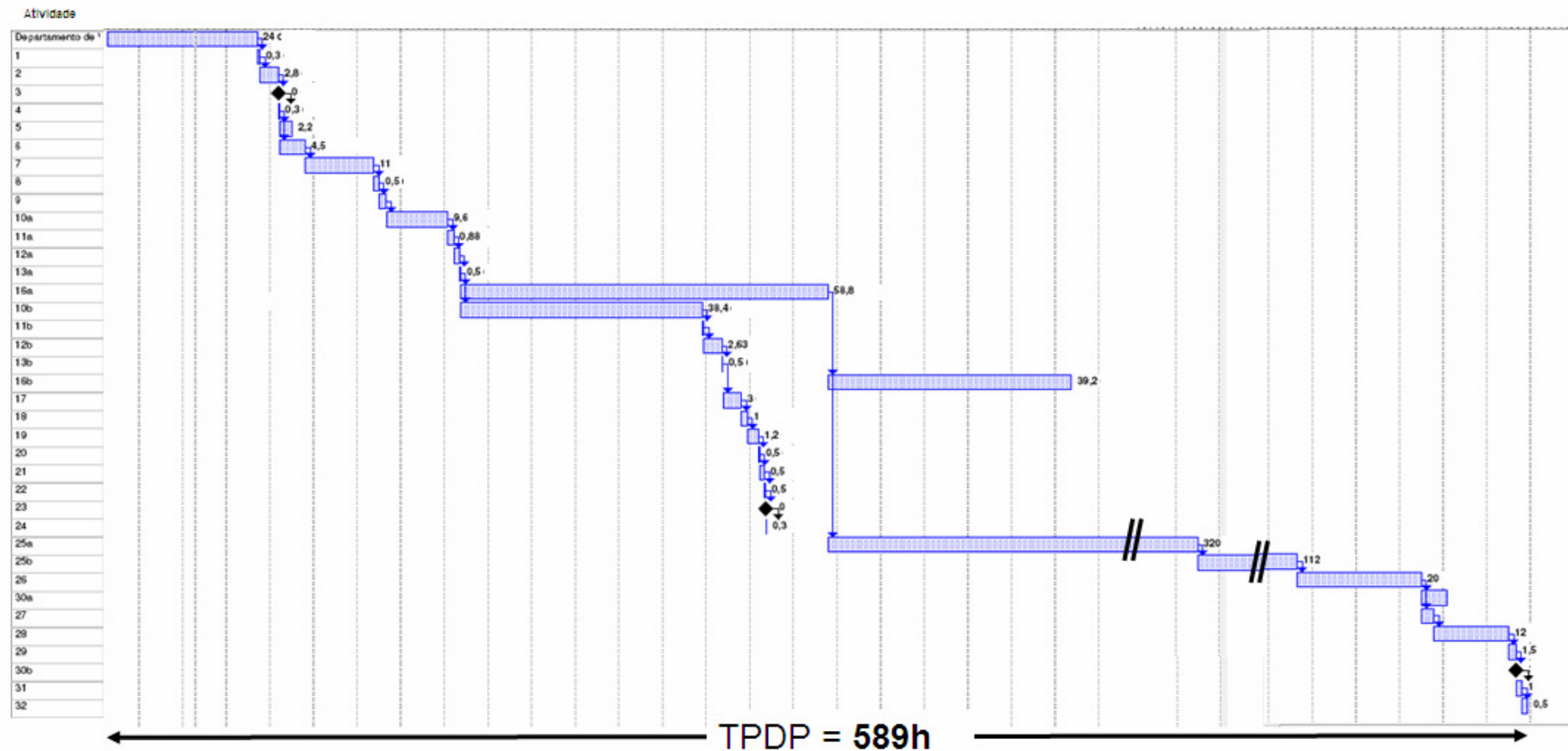


Figura D-1 – Gráfico de Gantt Supondo Desenvolvimento do Projeto 2 pelo Processo Proposto

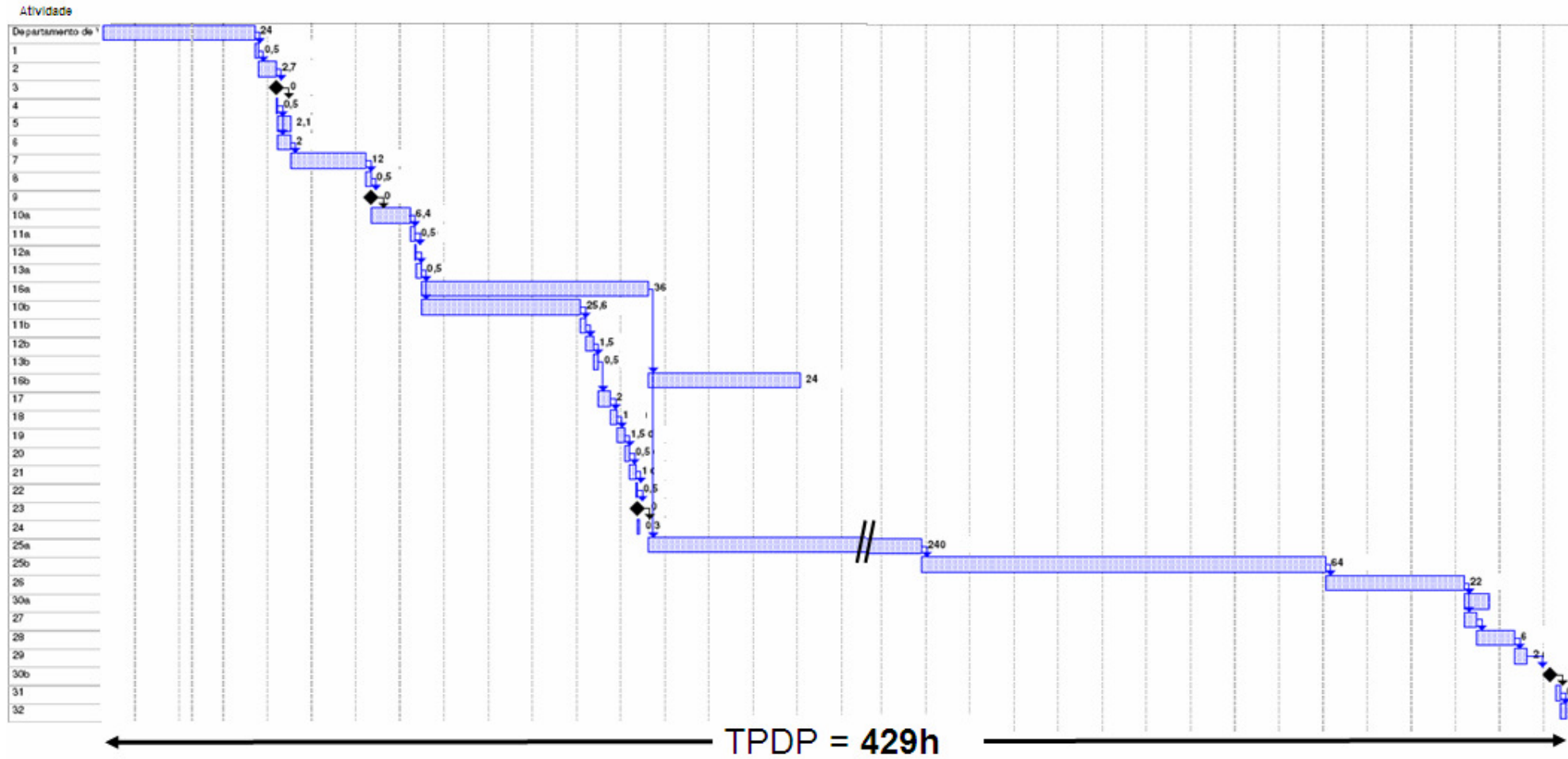


Figura D-2 – Gráfico de Gantt Supondo Desenvolvimento do Projeto 3 pelo Processo Proposto

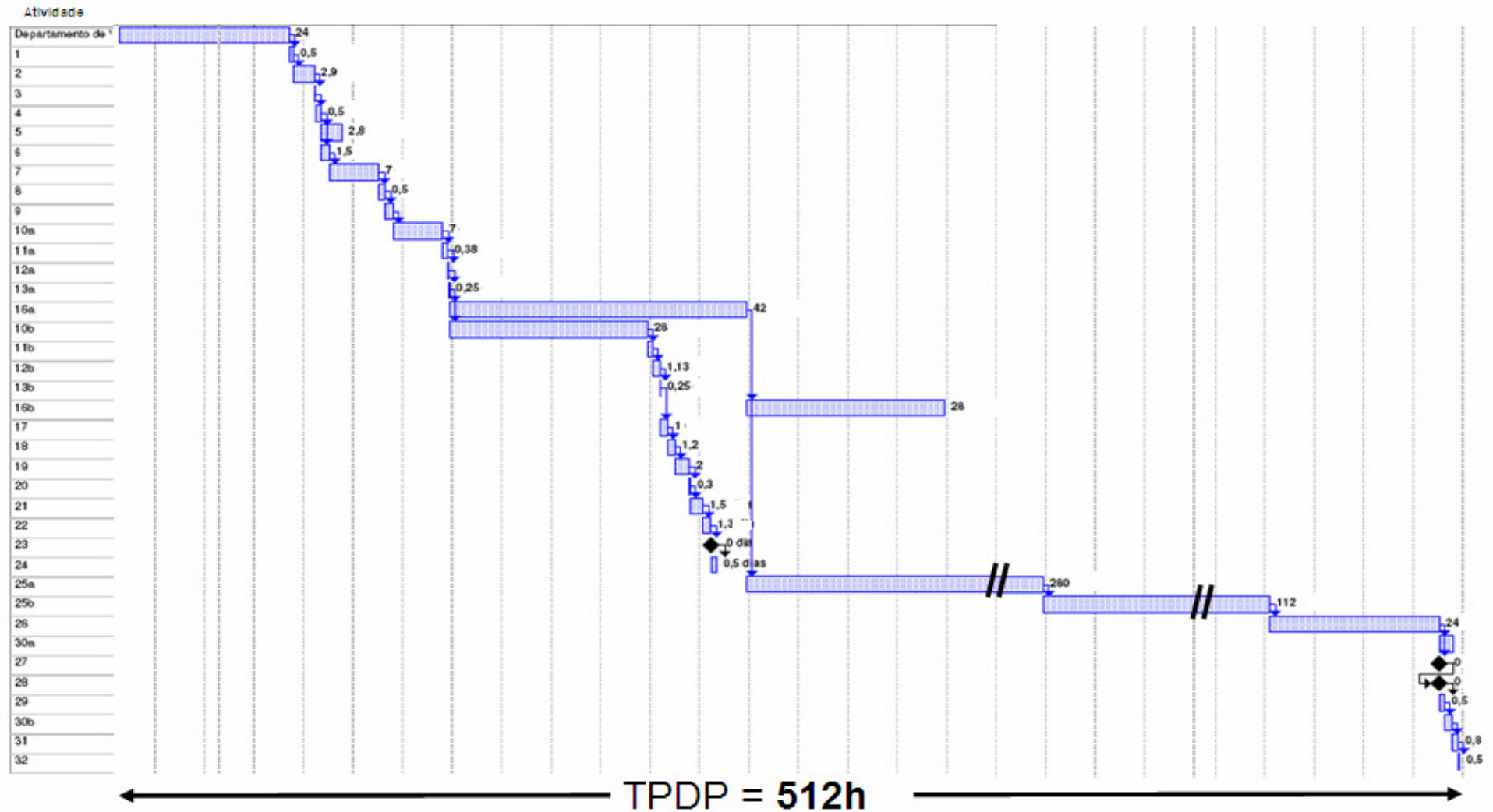


Figura D-3 – Gráfico de Gantt Supondo Desenvolvimento do Projeto 4 pelo Processo Proposto

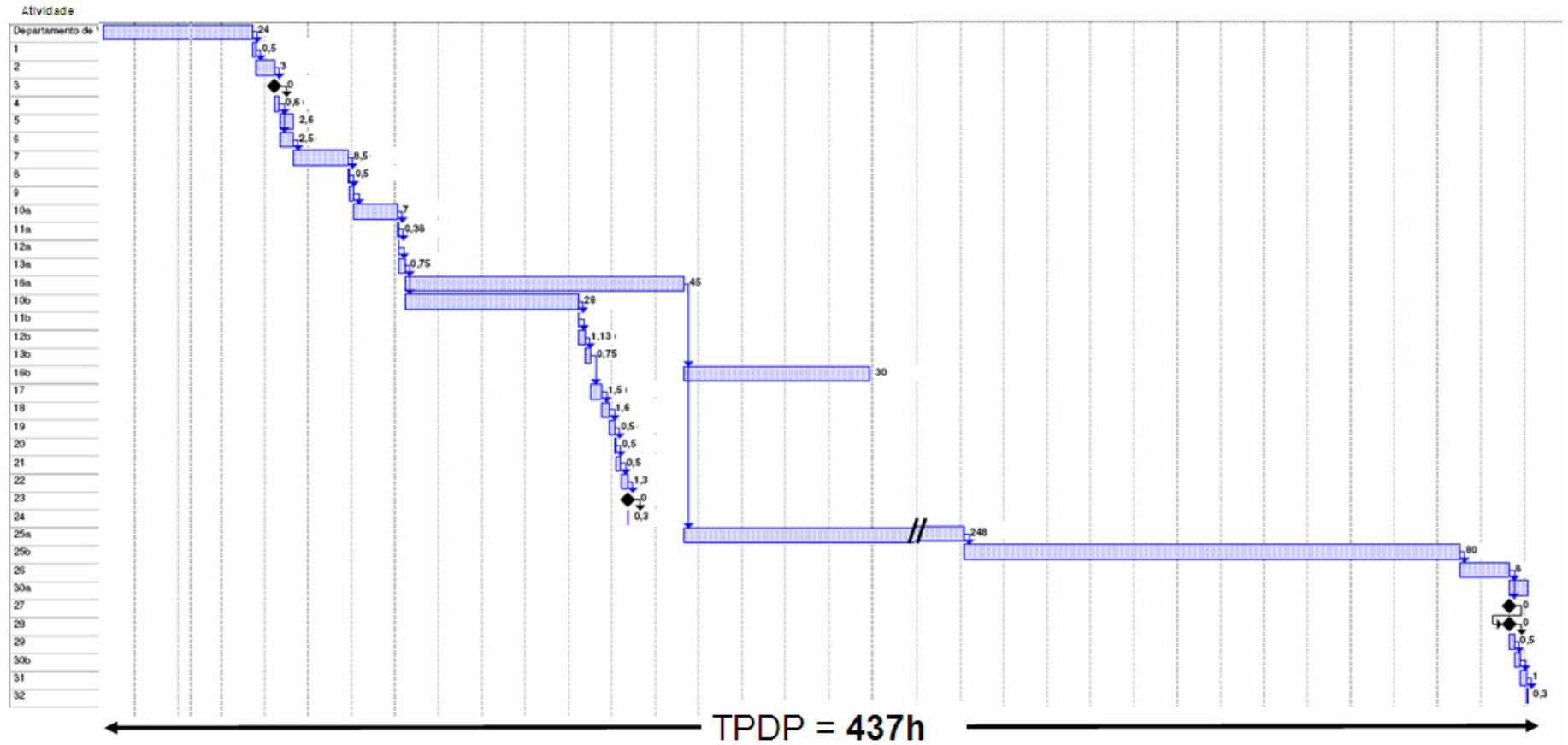


Figura D-4 – Gráfico de Gantt Supondo Desenvolvimento do Projeto 5 pelo Processo Proposto

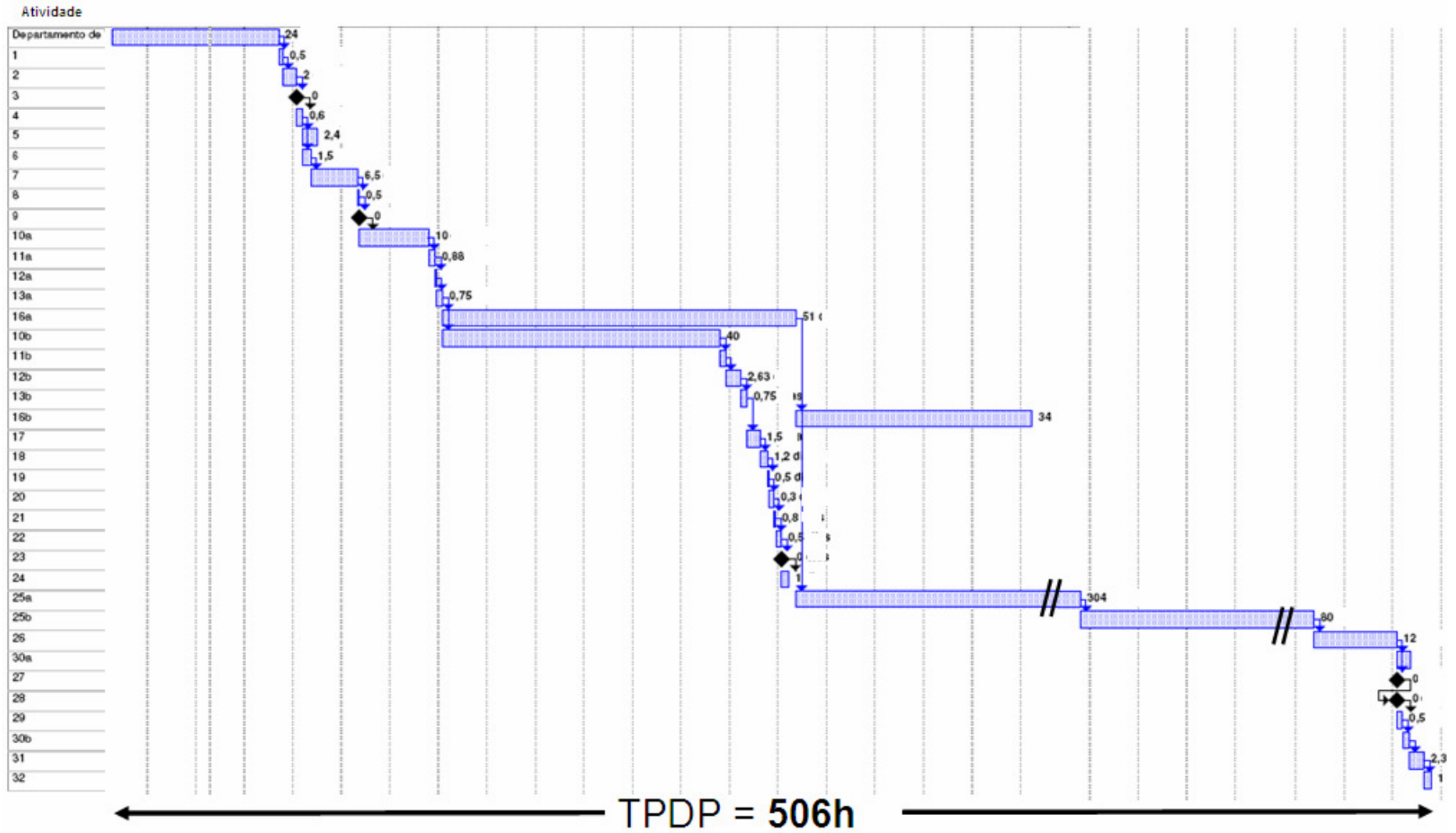


Figura D-5 – Gráfico de Gantt Supondo Desenvolvimento do Projeto 6 pelo Processo Proposto

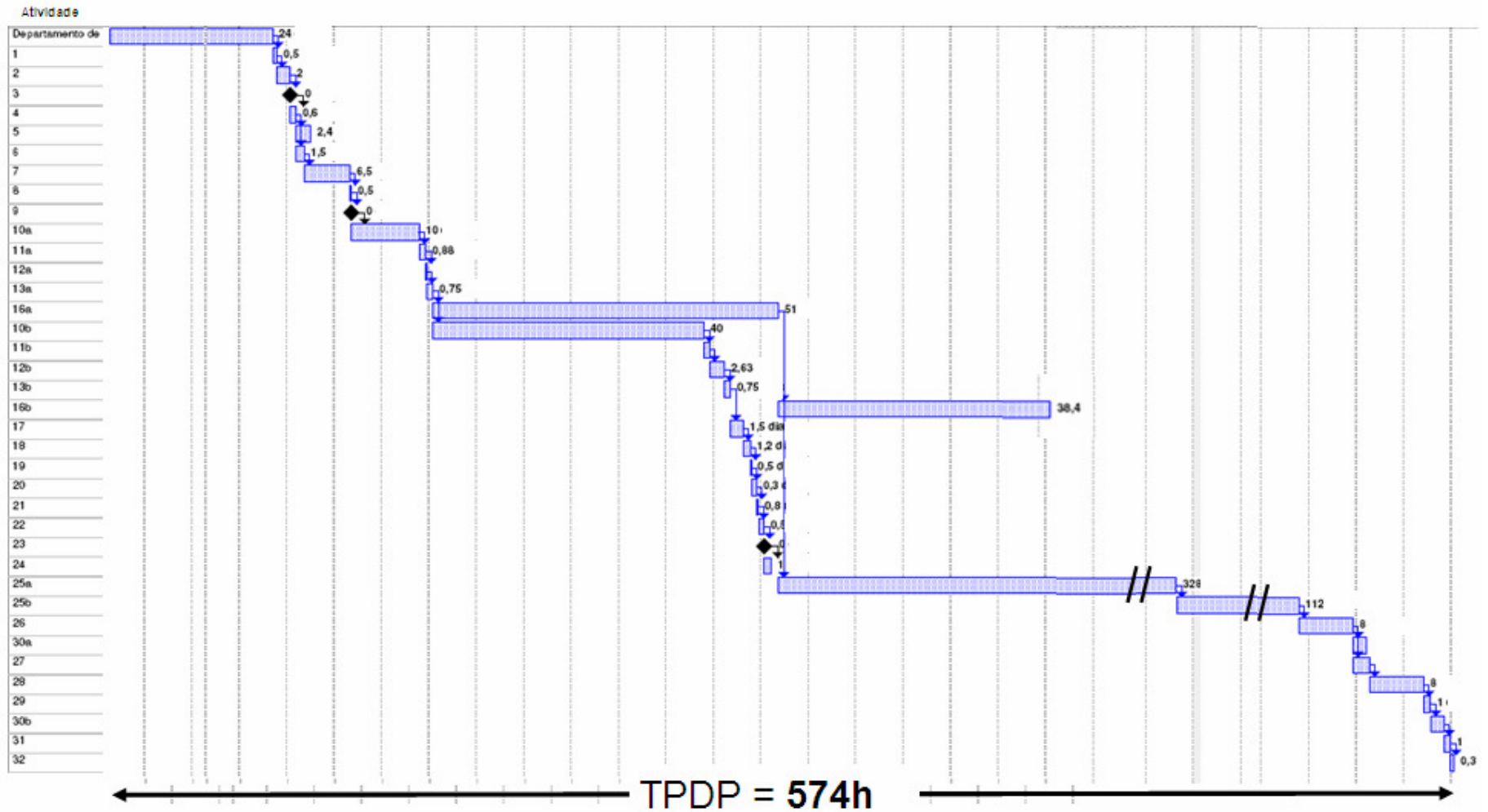


Figura D-6 – Gráfico de Gantt Supondo Desenvolvimento do Projeto 7 pelo Processo Proposto

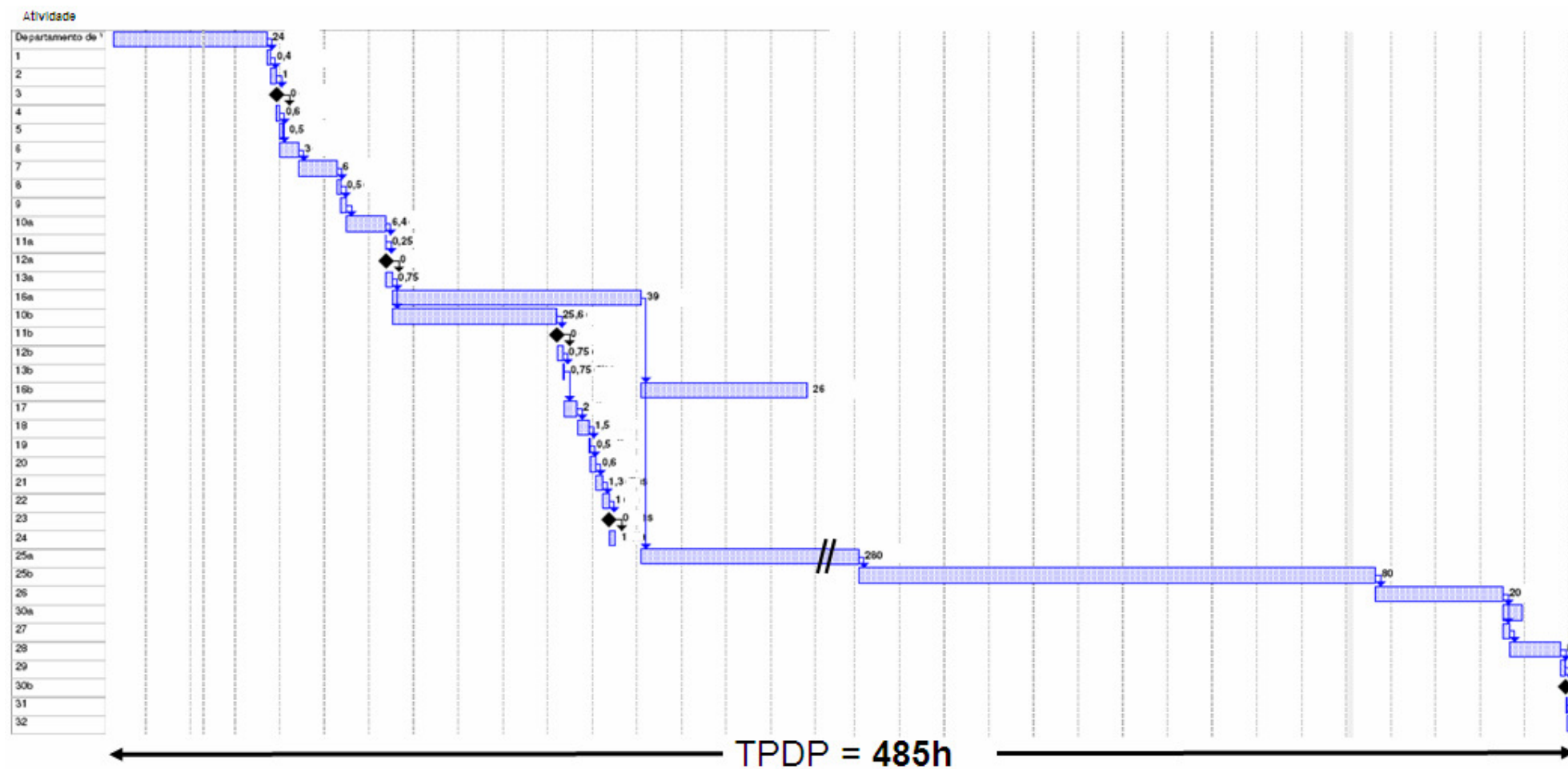


Figura D-7 – Gráfico de Gantt Supondo Desenvolvimento do Projeto 8 pelo Processo Proposto

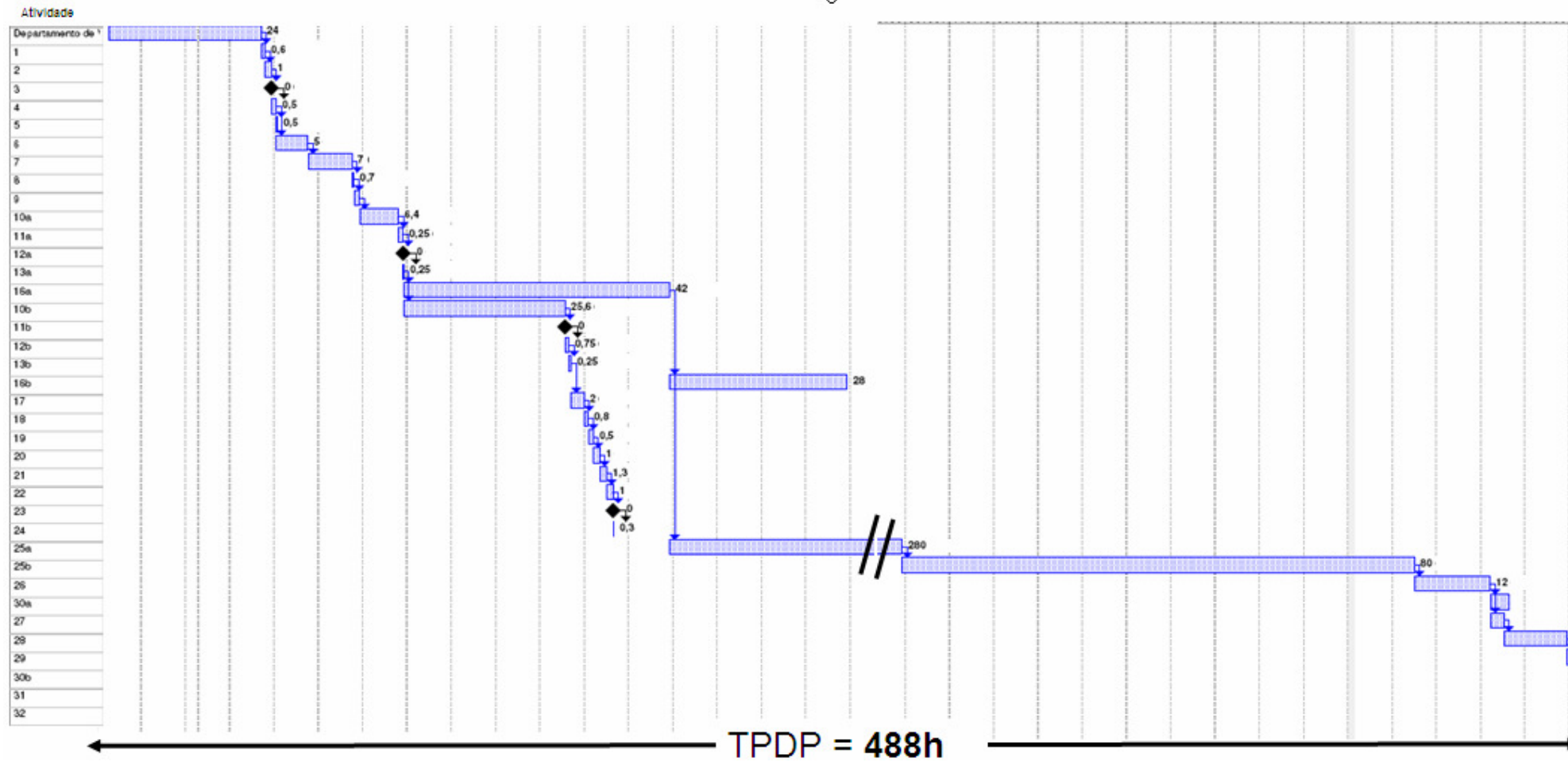


Figura D-8 – Gráfico de Gantt Supondo Desenvolvimento do Projeto 9 pelo Processo Proposto

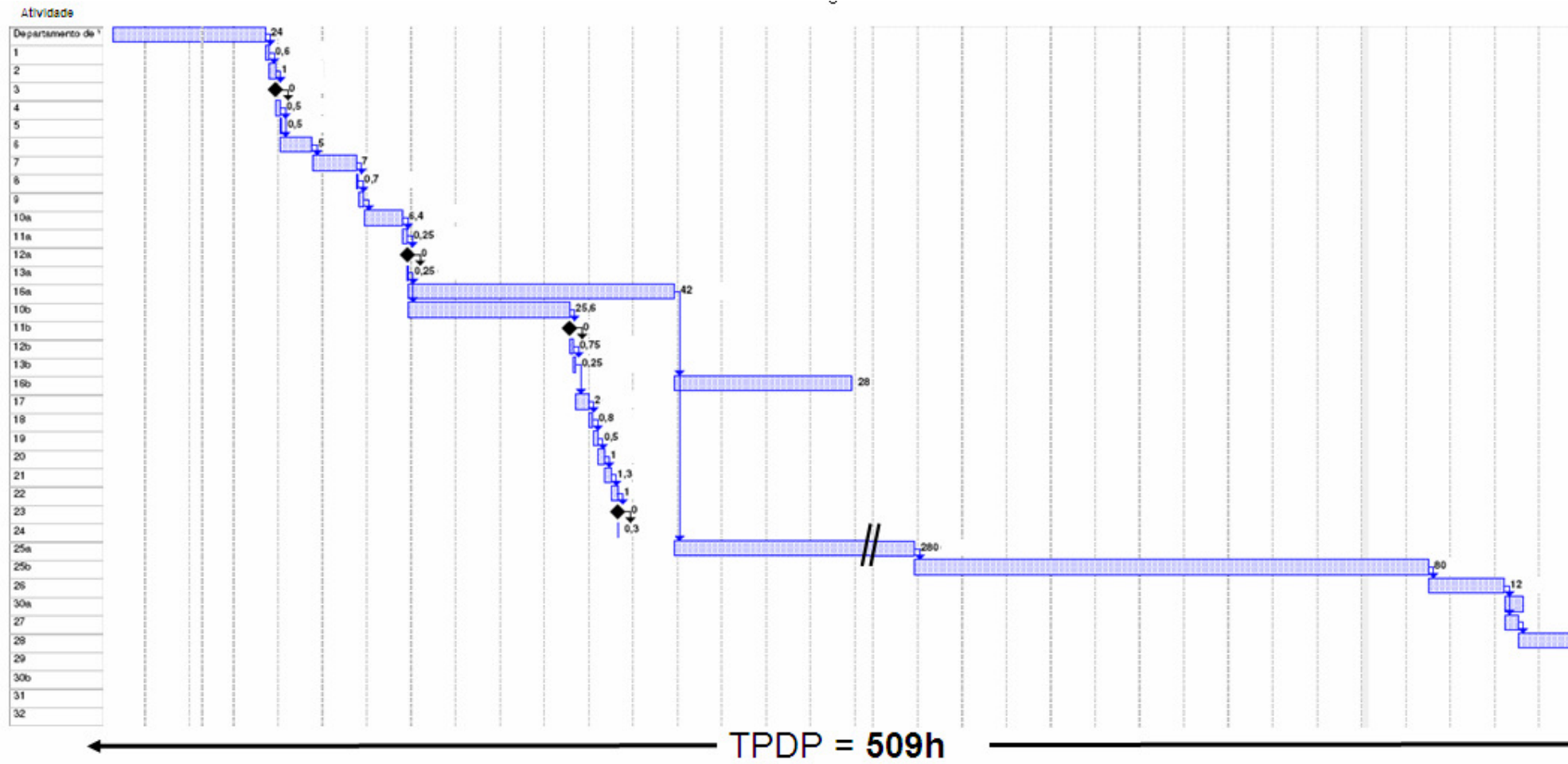


Figura D-9 – Gráfico de Gantt Supondo Desenvolvimento do Projeto 10 pelo Processo Proposto

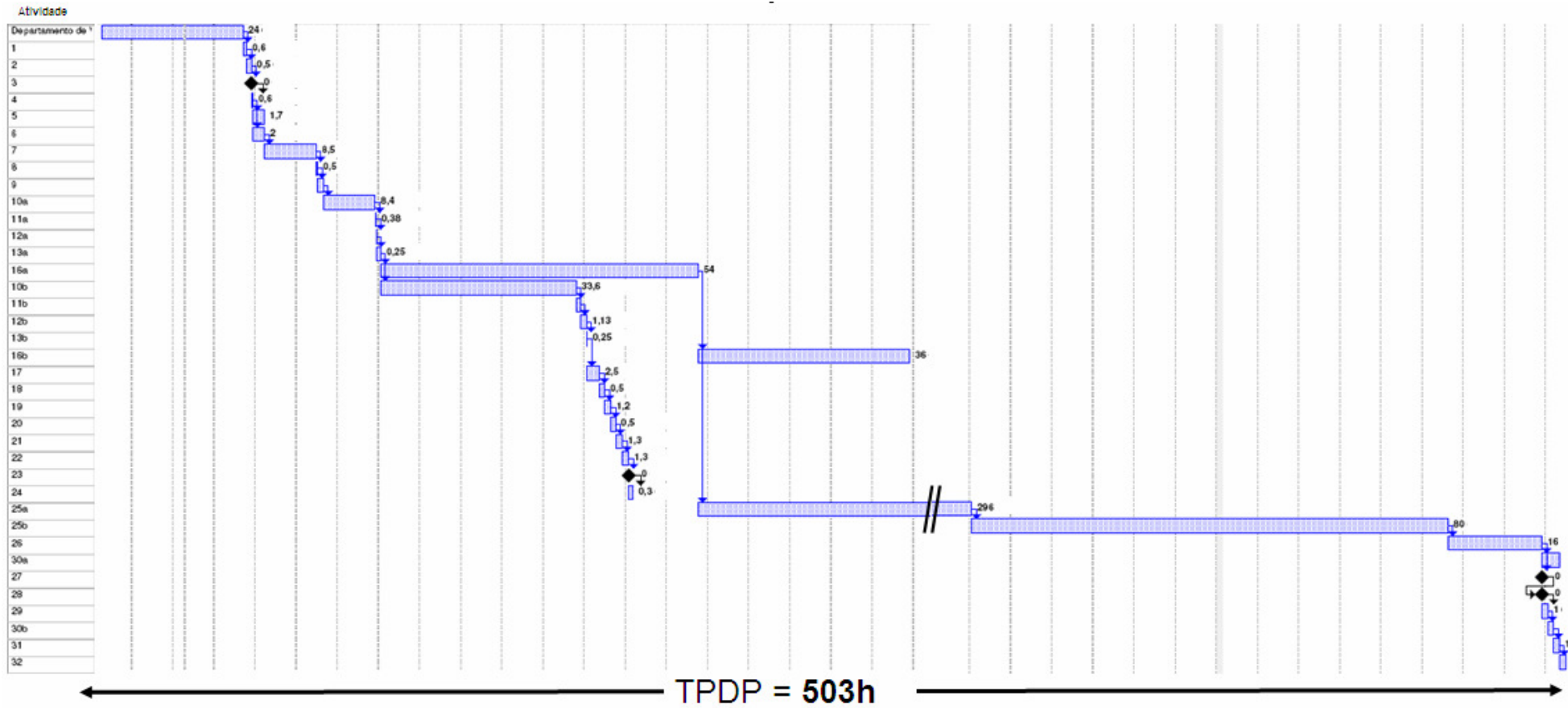


Figura D-10 – Gráfico de Gantt Supondo Desenvolvimento do Projeto 11 pelo Processo Proposto

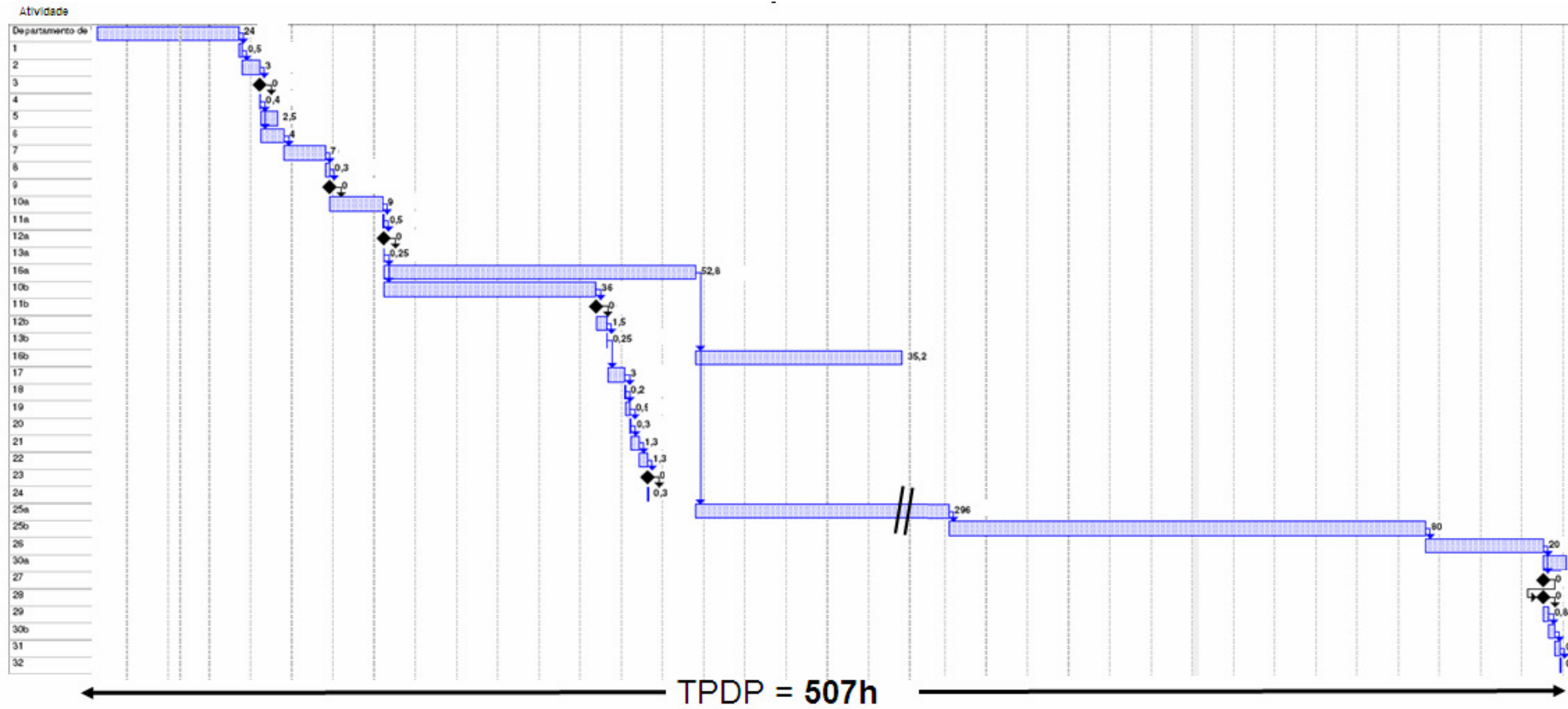


Figura D-11 – Gráfico de Gantt Supondo Desenvolvimento do Projeto 12 pelo Processo Proposto