

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Ana Paula
Milanez E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 31/07/2009



ORIENTADOR
Prof. Dr. ANTONIO BATOCCHIO
Matricula 176982
DEF/FEM/UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Proposta de um algoritmo à operação e reconfiguração de Empresas Virtuais

Autora: Ana Paula Milanez
Orientador: Antonio Batocchio

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO**

Proposta de um algoritmo à operação e reconfiguração de Empresas Virtuais

Autora: Ana Paula Milanez
Orientador: Antonio Batocchio

Curso: Engenharia Mecânica
Área de Concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2009
S.P. – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

M59p Milanez, Ana Paula
Proposta de um algoritmo à operação e
reconfiguração de empresas Virtuais / Ana Paula
Milanez. --Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientador: Antonio Batocchio.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Empresas virtuais. 2. Logística. 3. Administração
da produção. 4. Planejamento da produção. 5. Entrega
de mercadorias. I. Batocchio, Antonio. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Proposal of an algorithm for reconfiguration and operation of
virtual enterprises

Palavras-chave em Inglês: Virtual enterprise, Logistics, Production management,
Production planning, Delivery of goods

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Oswaldo Luiz Agostinho, Carlos Frederico Bremer,

Data da defesa: 31/07/2009

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

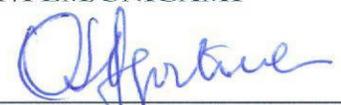
**Proposta de um algoritmo à operação e
reconfiguração de Empresas Virtuais**

Autora: Ana Paula Milanez
Orientador: Antonio Batocchio

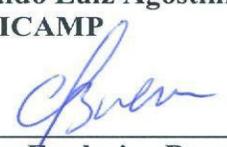
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Antonio Batocchio, Presidente
DEF/FEM/UNICAMP



Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho
DEF/FEM/UNICAMP



Prof. Dr. Carlos Frederico Bremer
AXIA Consulting

Campinas, 31 de Julho de 2009.

Dedicatória:

Aos meus pais, Maria Aparecida e José Roberto.

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos:

À Deus que me mostra os caminhos a seguir.

À minha família, em especial aos meus pais Maria Aparecida e José Roberto, meu irmão Luís Francisco, a minha cunhada Fabiana e meu querido sobrinho Pedro, pelos momentos de alegria, carinho e pelo incentivo em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador Antonio Batocchio pela orientação durante o trabalho.

Ao Aurélio Ribeiro Leite de Oliveira pela disponibilidade e ajuda.

A todos os professores do departamento, que ajudaram de forma direta e indireta na conclusão deste trabalho.

Ao meu namorado Luis Henrique pelo carinho, incentivo e por estar ao meu lado em todos os momentos.

A todos os amigos do departamento, em especial Paola e Silvia, pelos conselhos e ajuda.

À todos os meus amigos, em especial Alana, Joana e Patrícia.

À CAPES pelo apoio financeiro.

*"O conhecimento é orgulhoso por ter aprendido tanto; a sabedoria
é humilde por não saber mais."*

William Cowper

Resumo

MILANEZ, Ana Paula, *Proposta de um algoritmo à operação e reconfiguração de Empresas Virtuais*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 191 p. Dissertação Mestrado

Hoje, as empresas atuam em mercados em permanente mudança. Para atender as novas exigências, as empresas devem buscar flexibilidade e agilidade, ou seja, devem ser capazes de se reconfigurar rapidamente a fim de atender as necessidades do consumidor final de maneira efetiva, com produtos de alto valor agregado e baixo custo. A proposta do modelo organizacional de Empresa Virtual (EV) fornece às empresas as características necessárias para competir no mercado e ir de encontro às necessidades dos clientes. A Empresa Virtual é definida como uma aliança temporária de empresas que se unem para dividir suas habilidades, competências essenciais e recursos para melhor atender uma oportunidade de negócio, sendo a cooperação entre as empresas suportada por tecnologia da informação (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 2005). Devido à natureza autônoma e heterogênea dos membros da EV, a manufatura do produto é realizada por empresas com formas de produção e tecnologias distintas. Isso causa problemas relacionados à qualidade dos produtos/serviços oferecidos; ao ritmo da produção; às antecipações ou atrasos da produção em relação ao tempo previamente planejado; etc., acarretando em prejuízos e até no não cumprimento dos objetivos da EV. Diante deste contexto, este trabalho propõe uma metodologia de análise que auxilie na tomada de decisão frente a problemas logísticos relacionados ao tempo de produção, buscando soluções que garantam o sucesso de operação da EV.

Palavras Chave – Empresa Virtual, Logística, Tempo de produção

Abstract

MILANEZ, Ana Paula, Proposal of an algorithm for reconfiguration and operation of Virtual Enterprises, Campinas, Faculty of Mechanical Engineering, State University of Campinas, 2009. 191p. Dissertation

Today, companies operate in markets in permanent change. In order to meet the new requirements of these markets, they must search flexibility and agility, i.e., they should be able to reconfigure quickly to attend the needs of the end consumer in an effective way, with high value added and low cost products. The purpose of the Virtual Enterprise (VE) organizational model provides the companies with the necessary characteristics to compete in the market and to meet the needs of clients. The Virtual Enterprise is defined as a temporary alliance of companies that come together to share their skills, essential competences and resources in order to better respond to a business opportunity, being this cooperation supported by information technology (CAMARINHA-MATOS and AFSARMANESH, 2005). Due to the heterogeneous and independent nature of the virtual enterprise members, the product manufacturing is made by companies with different ways of production and technologies. This causes problems related to the quality of the offered products / services; the production rate; the advances or delays in the production in relation to the previously scheduled time; etc., resulting in losses and even in non-compliance with the objectives of the virtual enterprise. In this context, this work proposes a methodology of analysis, which aids the decision making in logistical problems related to the production time, seeking solutions to ensure success in the operation of the virtual enterprise.

Keywords – Virtual Enterprise, Logistics, Production time

Índice

Índice de Figuras	4
Índice de Tabelas.....	5
Nomenclatura.....	6
Capítulo 1. Introdução.....	10
1.1. Contexto.....	10
1.2. Justificativas	11
1.3. Objetivos.....	13
1.3.1. Objetivo Geral.....	13
1.3.2. Objetivos Específicos.....	13
1.4. Organização do trabalho.....	14
Capítulo 2. Empresa Virtual.....	16
2.1. Contexto.....	16
2.2. Definição de Empresa Virtual	19
2.3. Características da Empresa Virtual.....	22
2.4. As vantagens e os desafios de participar da Empresa Virtual	24
2.4.1. Vantagens.....	24
2.4.2. Desafios.....	25
2.5. Ciclo de Vida	27
2.5.1. Criação	28
2.5.2. Operação	29
2.5.3. Reconfiguração	30
2.5.4. Dissolução.....	30

2.6.	Particularidades da Reconfiguração	31
2.7.	Os membros da Empresa Virtual.....	33
2.7.1.	Coordenador da Empresa Virtual.....	34
2.7.2.	Membros da Empresa Virtual	34
2.8.	Classificação de Empresa Virtual.....	35
2.9.	Necessidades de infraestrutura para o desenvolvimento	37
2.10.	Considerações Finais	39
Capítulo 3.	Cadeia de Suprimentos	40
3.1.	Contexto.....	40
3.2.	Definições.....	41
3.3.	Estratégia na Cadeia de Suprimento.....	46
3.4.	Tipos de Cadeia de Suprimento.....	48
3.4.1.	Cadeia de Suprimentos Responsiva ou Ágil.....	49
3.4.2.	Cadeia de Suprimentos Eficiente ou Enxuta.....	49
3.4.3.	Critérios Ganhadores e Qualificadores	50
3.4.4.	Sistema Híbrido	51
3.5.	Logística	55
3.5.1.	Projeto de rede	57
3.5.2.	Informação	57
3.5.3.	Transporte	58
3.5.4.	Estoque.....	59
3.5.5.	Armazenagem, manuseio de materiais e embalagem	59
3.6.	Tecnologia de Informações	60
3.7.	Considerações Finais	62
Capítulo 4.	Cadeia de Suprimentos da Empresa Virtual.....	63
4.1.	Contexto.....	63
4.2.	O funcionamento da Cadeia de Suprimentos da Empresa Virtual	64
4.3.	O Processo de Negócio Distribuído.....	70
4.4.	Desafios de Gerenciamento da EV.....	71
4.5.	Considerações Finais	74
Capítulo 5.	Metodologia.....	76

5.1. Contexto.....	76
5.2. Especificações do Problema	77
5.3. Conceituação do modelo	80
5.3.1. Problema do Caminho Crítico	81
5.3.2. O Algoritmo de Dijkstra	82
5.3.3. Método <i>Branch-and-Bound</i>	84
5.3.4. Cálculo do Custo.....	87
5.4. Desenvolvimento metodológico	91
5.5. Análise crítica do modelo.....	101
5.6. Considerações Finais	102
Capítulo 6. Aplicação	103
6.1. Contexto.....	103
6.2. Exemplo Boeing	104
6.3. Aplicação da metodologia	107
6.3.1. O planejamento da EV	110
6.3.2. O <i>status</i> do processo de manufatura	113
6.3.3. Análise da inclusão de novos membros	117
6.3.4. Criação da Árvore.....	121
6.3.5. Análise do resultado.....	123
6.4. Considerações Finais	126
Capítulo 7. Conclusão e Trabalhos Futuros	128
Referências Bibliográficas	131
Anexo I. Implementação do algoritmo.....	137

Índice de Figuras

Figura 2-1. Exemplo de Empresa Virtual.....	21
Figura 2-2. Ciclo de Vida de uma Empresa Virtual.....	28
Figura 2-3. Sucessão dos estados da rede da EV ao longo do tempo	33
Figura 3-1. Gestão da cadeia de Suprimentos e Logística Empresarial	43
Figura 3-2. Exemplo de Cadeia de Suprimentos.....	44
Figura 3-3. A cadeia de suprimento como parte da cadeia de valor	48
Figura 3-4. Critérios Ganhadores de Mercado X Qualificadores de Mercado.....	50
Figura 3-5. O Ponto de Desacoplamento	52
Figura 3-6. Papel da informação na Cadeia de Suprimentos	61
Figura 4-1. Conceito de DBP	71
Figura 5-1. Mapeamento do Processo Logístico.....	79
Figura 5-2. Fluxograma representativo do algoritmo.....	94
Figura 6-1. Representação Boeing 787 por componentes e países de origem	106
Figura 6-2. Estrutura da aeronave	108
Figura 6-3. Formação original da EV.....	110
Figura 6-4. Representação do Caminho Crítico da EV.....	113
Figura 6-5. Representação do redimensionamento da rede - G'	114
Figura 6-6. Representação do Caminho Crítico – Atraso refletido na entrega	117
Figura 6-7. Redimensionamento da rede – G''_C	118
Figura 6-8. Representação do Caminho Crítico - Inclusão do BP - C'	121
Figura 6-9. Apresentação da informação no Nó	122
Figura 6-10. Representação da árvore de inclusão.....	122
Figura 6-11. Redimensionamento da rede – $G''_{C e I}$	123

Índice de Tabelas

Tabela 3-1. Atividades que compõe o gerenciamento da cadeia de suprimentos	45
Tabela 3-2. Distinção de características entre a Cadeia <i>Lean</i> e a Cadeia Ágil	51
Tabela 4-1. Composição das características do modelo BTO.....	68
Tabela 5-1. Dados de entrada do algoritmo	93
Tabela 6-1. Relação de tarefas, tempo de duração e precedência	108
Tabela 6-2. Custos relacionados ao projeto	110
Tabela 6-3. Programação das Atividades - Padrão	112
Tabela 6-4. Programação das Atividades - Atraso refletido na entrega.....	115
Tabela 6-5. Fatores impactantes no custo - Atraso refletido na entrega	116
Tabela 6-6. Programação das Atividades - Inclusão do BP - C'	119
Tabela 6-7. Fatores impactantes no custo - Inclusão do BP – C'	120
Tabela 6-8. Programação das Atividades - Inclusão do BP - C' e I'	124
Tabela 6-9. Fatores impactantes no custo - Inclusão do BP – C' e I'	125

Nomenclatura

Letras Latinas

A	matriz
Ad	tempo de operação adicional
b	vetor de parâmetros
bt	vetor de tempo de duração das tarefas
c	vetor de custo
c''	custo
c*	custo do valor sub-ótimo
C	porcentagem de tempo de operação do membro incluído
Cn	tempo de conclusão das tarefas
C _{total}	custo total do projeto
d	vetor de custo
D	matriz
E	tempo de antecipação da entrega do pedido
f	vetor de custo
G	rede de original da EV
G'	rede reconfigurada para o problema do atraso
G'' _i	rede reconfigurada para o problema do atraso e inclusão
L	tempo de atraso da entrega do pedido
O	tempo de ociosidade dos membros
P	problema original da EV
P'	problema do atraso

P''_i	problema do atraso e inclusão
resp	tarefa analisada pelo algoritmo
s	nó inicial da rede
T	matriz
Tf	conjunto de atividades da rede
T _{operação}	tempo que a tarefa analisada executou a operação
t _{ij}	tempo necessário para realizar a tarefa <i>i</i> e entregar para <i>j</i>
w	vetor de variáveis
W	tempo de armazenamento das tarefas
x _{min}	tempo mínimo admitido para o recebimento do pedido pelo cliente
\bar{x}	tempo máximo para entrega do pedido
x _i	tempo mais cedo para o início da tarefa <i>i</i>
x''	vetor de tempo
x*	vetor de tempo do valor sub-ótimo
y	vetor de variáveis
z	valor da função objetivo
\bar{z}	limite superior de z
\underline{z}	limite inferior de z

Letras Gregas

B	penalidade por período atrasado
α	penalidade/bônus por tempo adiantado
σ	custo de ociosidade
ω	custo de armazenagem
φ	custo de operação
τ	custo da inclusão de um novo parceiro na rede
δ	margem de tolerância
$\delta(P)$	margem percentual do problema

Subscritos

m	última tarefa da rede
---	-----------------------

i	tarefas ou nós
j	tarefas ou nós

Siglas

ATO	assembly-to-order
B&B	Branch – and – Bound
B2B	business-to-business
B2C	business-to-consumer
BP	processo de negócio
BTO	build-to-order
C2C	consumer-to-consumer
CS	cadeia de suprimentos
CSSMP	Council of Supply Chain Managemet
CTO	configure-to-order
DBP	processo de negócio distribuído
EA	atividades da empresa
EE	empresa estendida
EF	tempo mais cedo de término
EF _{padrão}	tempo mais cedo de término planejado
ES	tempo mais cedo de início
ES _{padrão}	tempo mais cedo de início planejado
ERP	Enterprise Resource Planning
ETO	engineering-to-order
EV	empresa virtual
JIT	just-in-time
LS	tempo mais tarde de início
LF	tempo mais tarde de término
MTS	make-to-stock
MTO	make-to-order
OV	organização virtual
PI	problema de programação inteira

PL	problema de programação linear
PIM	problema de programação inteira – mista
TI	tecnologia de informação
VBE	ambiente de formação de OV

Capítulo 1 .

Introdução

1.1. Contexto

Com o intuito de aumentar a lucratividade e satisfazer as necessidades dos clientes, as empresas, tradicionalmente, utilizam ou utilizavam um conjunto limitado de recursos (isto é, seus próprios recursos). No entanto, este cenário tem sido transformado pelos avanços da tecnologia de informação e de comunicação que criam um ambiente propício para a cooperação entre as empresas, e através da cooperação busca-se o estabelecimento de melhores práticas.

Atualmente, um conjunto de diferentes fatores contribui para o bom desempenho das empresas, entre eles, destaca-se a capacidade de alcançar e explorar vantagens competitivas em sinergia, através do uso ou da integração do melhor conjunto de recursos oferecidos para cada uma das funções que a empresa realiza. Ou seja, a empresa deve possuir a capacidade de reconfigurar a sua estrutura organizacional ajustando-se ou alinhando-se de forma dinâmica ao mercado, tornando-se uma empresa que possui características de reconfigurabilidade.

Logo, ao se considerar a nova realidade de mercado e o fato de que hoje o desenvolvimento completo de um produto não consegue ser executado por uma única empresa, e passa a ser desenvolvido por conjunto de empresas através de cooperação, se faz necessário selecionar as empresas, que serão responsáveis pelo desenvolvimento do produto, por suas habilidades e estas passarão a compor uma única entidade com sua própria cadeia de valor, ou seja, uma Empresa Virtual (EV).

A EV é normalmente definida como uma aliança temporária de empresas que se unem para dividir suas habilidades, competências essenciais e recursos para melhor atender uma oportunidade de negócio, e a cooperação entre as empresas é suportada por tecnologia da informação (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 2005).

Logo, seja pelo compartilhamento de recursos físicos e/ou de conhecimento, o desenvolvimento da maior parte dos produtos supera o desempenho de uma empresa isolada (já que as empresas foram selecionadas segundo suas competências essenciais, a fim de desenvolver um produto de alta qualidade) e oferecendo uma nova forma de competitividade.

Além de buscar as melhores práticas disponíveis no mercado, esse tipo de cooperação, visa oferecer produtos de alta qualidade, atendendo às necessidades reais do cliente. Mas, se planejar e controlar a produção em uma empresa tradicional já é um desafio, planejar e controlar a produção de uma empresa virtual se apresenta como um grande desafio. As dificuldades vão desde a seleção de parceiros, a complexidade de integração de diferentes empresas, cujos recursos estão distribuídos em diferentes plantas e onde cada uma é responsável por parte do processo, a distribuição da carga de trabalho baseado na capacidade de cada membro e a determinação de uma correta programação da produção para cada membro (GOULART, BREMER, KALAYDJIAN, 1999).

Assim, a necessidade do desenvolvimento de métodos de gestão e modelos eficientes é necessária para realizar, da melhor maneira, a distribuição das tarefas de produção de acordo com a capacidade de cada membro, bem como garantir a utilização correta dos recursos disponíveis na empresa virtual.

1.2. Justificativas

O aumento da competição, os avanços tecnológicos, o menor ciclo de vida dos produtos são fatores impulsionadores para mudanças no desenvolvimento e manufatura de novos produtos, seja na identificação de uma necessidade, no desenvolvimento ou manufatura, a agilidade é um fator fundamental para que as empresas alcancem vantagem competitiva.

Assim, as empresas devem possuir um curto tempo de resposta ao mercado para atender às mudanças nas exigências dos consumidores, que esperam que novos produtos estejam disponíveis para o consumo num curto espaço de tempo e com alto grau de customização.

Considerando a nova realidade de mercado e a crescente competição, as empresas investem no desenvolvimento de produtos inovadores, de alta qualidade e preço esperado por seu público alvo, permitindo que ela se diferencie de seus competidores.

Para atender a todas estas mudanças e exigências de mercado as empresas devem possuir flexibilidade, devem ser capazes de se reconfigurarem e devem possuir agilidade, ou seja, devem se reconfigurar rapidamente a fim de atender o consumidor final de maneira efetiva, com alto valor agregado e a baixo custo.

A proposta apresentada pelo conceito de EV é uma estratégia de competitividade que fornece as empresas características necessárias para competir no mercado e ir de encontro às necessidades dos consumidores, disponibilizando rapidamente produtos/serviços. Além disso, as empresas que participam da EV's contam com outras vantagens, como, a divisão dos custos, recursos, expansão de mercado, etc.

No entanto, as grandes vantagens oferecidas pelo conceito de EV muitas vezes não são suficientes para ultrapassar as barreiras que existem na sua formação, entre elas, a dificuldade para encontrar parceiros capacitados, a falta de sistemas de informações capazes de suportar a comunicação e troca de informação entre todos os membros, as questões legais que em muitos lugares ainda não são formalizados este tipo de colaboração e cooperação e dificuldades ligadas às questões de operação destas empresas, principalmente questões logísticas.

Como as EV's são compostas por empresas autônomas e heterogêneas muitas vezes podendo estar geograficamente distribuídas (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 2005), elas enfrentam principalmente problemas de ordem logística.

Os membros que compõem a EV possuem modos de produção e tecnologias distintas o que causa problemas relacionados a qualidades dos produtos/serviços oferecidos, assim como podem

ocorrer problemas com o ritmo da produção, antecipação ou atrasos da produção, em relação ao tempo previamente planejado.

Problemas relacionados a antecipação ou atraso da produção acarretam altos custos para a EV tanto por penalidades relacionadas ao atraso ou custos de armazenamento caso a produção esteja adiantada. Além disso, existem custos relacionados à ociosidade dos parceiros que esperam pela entrega de parte das tarefas para dar início a sua contribuição agregando valor ao produto ou ainda pode ocorrer a perda do mercado consumidor caso haja um atraso significativo, pois esta necessidade pode ser atendida por outro grupo de empresas que enxergue a oportunidade de negócio.

Ao entender o prejuízo que estes problemas causam para as EV's, a necessidade de disponibilizar ferramentas capazes de auxiliar na coordenação do desenvolvimento dos produtos/serviços e na tomada de decisão durante o processo de operação da empresa, é proposta por esta dissertação, o desenvolvimento de um algoritmo capaz de analisar o tempo de desenvolvimento dos produtos/serviços da EV's informando o tempo necessário para a realização do projeto, mediante as informações relacionadas à distribuição e relação de dependência das tarefas, e que possibilita a análise de alternativas, caso haja problemas relacionados a antecipação ou atraso da produção.

1.3. Objetivos

Os objetivos deste trabalho são:

1.3.1. Objetivo Geral

Propor um algoritmo que auxilie a tomada de decisão frente a problemas logísticos relacionados com o atraso das tarefas que compõem o produto durante o período de operação da Empresa Virtual.

1.3.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos que contribuem para alcançar o objetivo geral deste trabalho são:

- I. Identificar os problemas logísticos da fase de operação da Empresa Virtual.
- II. Identificar um problema logístico relevante e propor solução.

1.4. Organização do trabalho

Este trabalho é composto por 7 capítulos e 1 anexo, sendo:

Capítulo 1. Introdução – Este capítulo apresenta um panorama geral do trabalho, explica a importância de seu desenvolvimento, apresenta os objetivos e o modo como o trabalho está estruturado.

Capítulo 2. Empresa Virtual – Este capítulo apresenta o contexto econômico e organizacional em que a empresa virtual surge, seus conceitos, características, vantagens e desvantagens ao participar de uma empresa virtual, define o papel dos membros que compõe a empresa virtual e infraestrutura necessária para seu desenvolvimento.

Capítulo 3. Cadeia de Suprimentos – Neste capítulo é apresentado o conceito de Cadeia de Suprimentos e do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, as estratégias que podem ser adotadas e as definições logísticas e suas principais áreas.

Capítulo 4. Cadeia de Suprimentos da Empresa Virtual – Neste capítulo são apresentadas as características da cadeia de suprimentos da empresa virtual, fatores a serem considerados na escolha da estratégia dessa cadeia, apresenta o conceito de Processo de Negócio Distribuído e a existência de possíveis conflitos.

Capítulo 5. Metodologia – Neste capítulo são apresentados problemas logísticos identificados na empresa virtual, desenvolvida de uma ferramenta que auxilia na tomada de decisão quando há problemas logísticos e apresentados os conceitos utilizados para o desenvolvimento da metodologia.

Capítulo 6. Aplicação – Este capítulo é apresentado uma situação que justifica uma possível aplicação da metodologia desenvolvida e apresenta a aplicação da metodologia em um caso hipotético baseado em um caso real.

Capítulo 7. Conclusão e Trabalhos Futuros – Este capítulo apresenta as conclusões obtidas com este trabalho frente aos objetivos propostos no capítulo 1, também apresenta a possibilidade de desenvolver outros trabalhos a partir do trabalho desenvolvido nesta dissertação.

Referências Bibliográficas – Neste capítulo são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas nesta dissertação.

Anexo I – Apresenta a metodologia implementada com MATLAB 7.

Capítulo 2 .

Empresa Virtual

2.1. Contexto

A rápida e profunda transformação causada pelos avanços da tecnologia de informação e pela globalização exige que as organizações compreendam que o tempo e a capacidade de inovação são peças críticas responsáveis pela manutenção da competitividade. Hoje, o consumidor tem amplo acesso a novas mercadorias, o que aumenta sua noção de qualidade e o grau exigência por maior diversificação acirrando a competição entre empresas e fornecedores.

Deste modo, o mercado amplo e complexo dos dias atuais se apresenta como um obstáculo para as empresas, limitando seu campo de atuação e fazendo com que se especializem em atividades-chave, que agregam valor estratégico, e se associem a parceiros que completem a sua cadeia de valor (AZEVEDO, 2000).

A dinâmica do mercado, o curto ciclo de vida dos produtos, a constante inovação e o aumento da competitividade torna claro que hoje é impossível uma organização trabalhar sozinha e continuar competitiva. Segundo Porter (1993), competitividade é a habilidade resultante de conhecimentos adquiridos capazes de criar e sustentar um desempenho superior ao desenvolvido pela concorrência.

Todas estas mudanças incitaram ao longo dos últimos anos uma revolução no mundo dos negócios, tanto a nível estratégico como a nível estrutural. Novas formas de criação, produção e distribuição de bens e serviços, como Empresa Ágil, Empresa Enxuta, Empresa Fractal, Manufatura Holônico, Redes Colaborativas, entre outras, surgiram como solução para enfrentar

essa competitividade empresarial (GOLDMAN, 1999; AMATO NETO, 2001). Segundo Goldman (1999), as mudanças nas formas organizacionais têm o intuito de aumentar a velocidade de resposta frente as oportunidades de mercado, aumentar o valor percebido pelo cliente, estabelecer trocas de informação e conhecimento entre empresas, aumentando assim a possibilidade de lucro.

Para Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2005), as redes colaborativas, que são formadas por entidades (organizações ou pessoas) autônomas, geograficamente distribuídas e heterogêneas em termos de ambiente operacional, cultura, capital social e quanto a objetivos, que colaboram para alcançar objetivos comuns e cujas interações são suportadas por redes de computadores, são as manifestações de maior relevância. Entre as redes de colaboração se destacam a cadeia de suprimentos, as empresas virtuais, as organizações virtuais, empresa estendida, etc. Cujas definições são (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 2005; CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 2006):

- **Empresa Virtual (EV)** – Uma aliança temporária de organizações que se unem para dividir competências essenciais e recursos, com o intuito de melhor responder uma oportunidade de negócio, cuja cooperação é suportada por rede de computadores.
- **Organização Virtual (OV)** - Possui um conceito similar ao de EV, compreendendo um conjunto legalmente independente de organizações que dividem recursos e habilidades para alcançar uma missão/objetivo, mas que não se limita por uma aliança com fins lucrativos. No entanto, uma EV é um caso particular de uma OV.
- **Empresa Estendida (EE)** – É um conceito normalmente aplicado a organizações que estendem suas fronteiras para alguns ou todos seus fornecedores. Uma empresa estendida é um caso particular de EV.
- **Ambiente de Formação de OV (VBE)** – Representa uma associação de organizações, também conhecida como clusters, que se apoiam e manifestam seu potencial e sua vontade para cooperar umas com as outras através de um acordo

base de cooperação de longo prazo e infraestrutura de interoperável. Quando uma oportunidade de negócio é identificada, um subconjunto destas organizações é selecionado e formam uma OV/EV.

- **Cadeias de Suprimentos (CS)** – Uma estável rede de empresas de longo prazo onde cada uma tem seu papel claramente definido na cadeia de valor de manufatura, que abrange desde o planejamento do produto, aquisição de matérias-primas, manufatura, transporte, distribuição, armazenagem até que o produto final seja entregue ao consumidor.

As manifestações de EV's ainda são discretas e recentes, o que limita a difusão do seu conceito e cria dúvidas ao primeiro contato, muitas vezes seu conceito é comparado ao conceito de comércio eletrônico. O estabelecimento da diferença entre estes conceitos é básico para um bom entendimento do conceito de EV, por isso, o conceito de comércio eletrônico será apresentado.

Segundo Souza (2001), o comércio eletrônico é a realização de atividades comerciais, de forma parcial ou total, através de meios eletrônicos e telecomunicações, públicos ou privados, envolvendo empresas ou pessoas. E em especial o comércio eletrônico pela internet pode ser classificado de três modos: negócio-a-negócio (B2B – *Business-to-Business*), negócio-a-consumidor (B2C – *Business-to-Consumer*) e consumidor-a-consumidor (C2C – *Consumer-to-Consumer*).

É comum encontrar-se a expressão empresa virtual para empresas que escolhem a internet como ferramenta de realização de vendas, promoções, logística e distribuição e para realizar suas transações financeiras. Normalmente, estas empresas são chamadas “virtuais” porque seus consumidores finais não precisam necessariamente estar fisicamente num lugar geográfico para realizar negócios com a empresa e quando um produto é vendido (por exemplo, um livro ou computador pessoal), a logística que realizará a entrega é subcontratada eletronicamente (por exemplo, Fedex) e o produto entregue ao consumidor final.

Lefebvre e Lefebvre (2002) citam a Amazon.com como um exemplo clássico do que denominaram de Empresa Virtual de forma simplificada ou Empresa Virtual Simples. A

Amazon.com ganhou destaque porque após poucos anos do início do negócio e sem possuir nenhum ponto físico de vendas se tornou a maior livraria dos Estados Unidos, com base nos benefícios que a internet propicia, preços competitivos e rapidez no serviço de entrega.

Outro exemplo é o da Dell Computer Corporation, que é confundida com o conceito de negócio virtual, pois capitaliza através das oportunidades oferecidas pelo comércio eletrônico. Na Dell partes ou componentes dos computadores são subcontratados e só são solicitados quando o pedido é colocado pelo consumidor, e a cada período de tempo realiza atualização de seus estoques, o que permite um controle maior sobre o que é utilizado, otimiza a produção e inventário, o tempo de entrega e reduz time to market do produto (LEFEBVRE e LEFEBVRE, 2002).

Neste trabalho, o conceito de Empresa Virtual que é estudado é o conceito apresentado de Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2005), ou seja, Empresas Virtuais originadas de redes colaborativas, também chamadas de Empresa Virtual Complexa por Lefebvre e Lefebvre (2002), não o conceito de Empresa Virtual Simples.

2.2. Definição de Empresa Virtual

A utilização do conceito de Empresa Virtual tem causado debates, seja no meio acadêmico ou no meio industrial (CAMPBELL, 1998), devido às diferentes definições encontradas na literatura ou pela dúvida do conceito de Empresa Virtual ser um novo modelo organizacional ou não.

Nos debates estabelecidos um grupo defende que industriais têm utilizado e se beneficiado do conceito de empresa virtual há anos, enquanto outro grupo afirma que o uso de terminologia semelhante, os benefícios associados ao conceito e atividades da empresa virtual são completamente diferentes (GOLDMAN *et al.*, 1995).

Mitrovic, Hunter e Male (1999) afirmam que o conceito de Empresas Virtual representa uma evolução tanto da gestão como nos processos de produção em cadeia.

No intuito de se tornarem mais ágeis e flexíveis para atender demandas diversificadas, as empresas tem se reunido em função de suas competências essenciais e complementares formando as EV (CAMARINHA-MATOS E AFSARMANESH, 2005).

Assim, EV são formadas com o objetivo de atender a uma demanda específica de mercado se reconfigurando ou dissolvendo depois de cumprido seu objetivo, permitindo que os parceiros encontrem novas oportunidades de negócio (FRANKE, 2000).

Rabelo, Baldo e Tramontin Junior (2004) definem Empresa Virtual como:

“Uma agregação lógica e temporária de empresas autônomas, cooperantes e heterogêneas, que é estratégica e dinamicamente formada para atender a uma certa oportunidade de negócios, e cujo atendimento é operacionalizado através de um compartilhamento coordenado de habilidades, recursos e informações, integralmente via rede de computadores.

Amato Neto (2006), afirma que a empresa virtual pode ser vista sob dois pontos de vista, institucional e funcional:

“Do ponto de vista institucional a empresa virtual é uma combinação das melhores competências essenciais de empresas legalmente independentes, que cooperam entre si. Elas são conectadas através de modernas tecnologias da telemática durante um período de tempo necessário para a realização de um objetivo específico de negócio (business purpose), sem considerar as fronteiras das empresas independentes ou dos países a que pertencem.”

“Do ponto de vista funcional, uma característica essencial da empresas virtual é a concentração em competências essenciais (core competence), que são coordenadas de forma dinâmica e orientadas para a solução de problemas, através de uma base superior de tecnologia da informação (TI).”

Neste texto, será adotada a definição de Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2005), que define resumidamente, porém de modo completo, o conceito de empresa virtual:

“Uma Empresa Virtual é uma aliança temporária de empresas que se unem para compartilhar habilidades ou competências essenciais e recursos a fim de responder melhor às oportunidades de negócios, e cuja cooperação é suportada por redes de computadores.”

Camarinha-Matos e Afsarmanesh (1999) ressaltam que dois importantes conceitos em sua definição que são o de rede e o de cooperação, pois o melhor modo de se descrever uma empresa virtual é como uma rede de cooperação de empresas.

Na Figura 2-1 é apresentado um exemplo de como é formada e como são as relações entre os membros que compõem a empresa virtual.

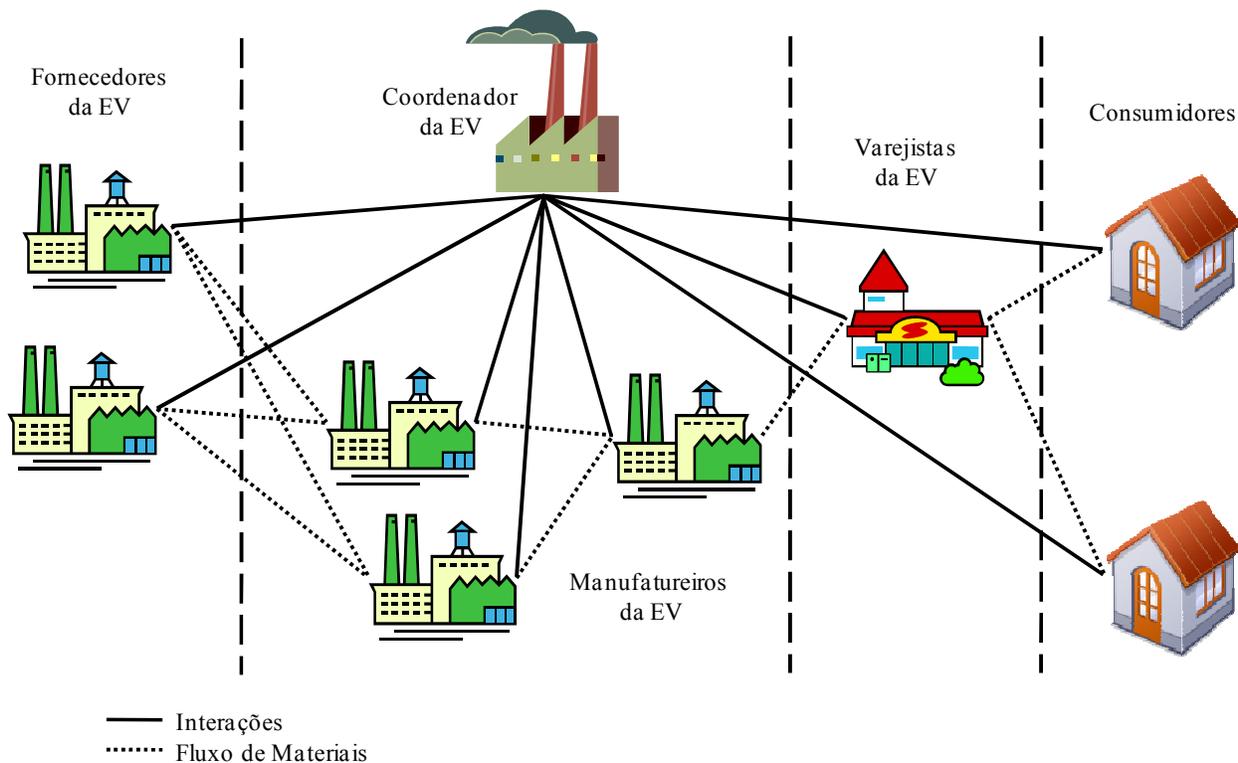


Figura 2-1. Exemplo de Empresa Virtual

Fonte: CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH (1999).

Para Bremer (2000), apesar das diversas definições de Empresa Virtual encontradas na literatura e apresentadas neste texto, todas apresentam um consenso sobre alguns aspectos das empresas virtuais:

- O objetivo maior é aproveitar as oportunidades de mercado, melhorar a competitividade e aumentar os lucros;
- É temporária;
- Sustentada por tecnologia de informação;
- Agrega valor a produtos/serviços através da união de competências-chave de seus membros;
- Supera os limites impostos pelo espaço, tempo e barreiras organizacionais;
- Um fator crítico para o sucesso é o recurso humano - confiança;
- É ágil.

Neste novo contexto, os limites tradicionalmente definidos entre os setores de fabricação e prestadores de serviços estão desaparecendo, ao mesmo tempo também está mudando o conceito de que os processos físicos de fabricação são o centro do valor adicionado aos produtos.

2.3. Características da Empresa Virtual

Através da definição de Empresa Virtual, fica claro que o processo de manufatura não é mais executado por uma única empresa e que cada empresa passa a ser apenas um nó da cadeia de valor, levando em conta todo o ciclo de produção para se chegar ao produto final.

Do ponto de vista das empresas, nas novas configurações de rede, cada membro tem acesso aos recursos existentes em toda a rede e o risco de cada empreendedor é dividido entre os parceiros. Já do ponto de vista do cliente final, não importa se há um fornecedor ou mais fornecedores, ou seja, para ele não importa como é a cadeia de valor do produto, o que há é uma

expectativa de receber produtos de menor preço e melhor qualidade, ter mais possibilidades de escolha e contar com melhores serviços (AMATO NETO, 2006).

Para alcançar as expectativas do consumidor são estabelecidos acordos de cooperação entre as empresas que não são um fenômeno novo, mas a novidade é o uso de tecnologia de informação para suportar uma cooperação ágil e isto é principal característica do conceito de empresa virtual e é uma nova necessidade para a indústria de manufatura (CAMARINHA-MATOS E AFSARMANESH, 1999).

Relacionada à cooperação está à coordenação das atividades, questão de grande importância para a empresa virtual, que garante que o trabalho parcial de cada membro da EV contribua para alcançar o objetivo comum. Assim, Camarinha-Matos e Pantoja-Lima (2000), concluem que a coordenação é uma das principais características da EV devido ao ambiente distribuído, autônomo e de natureza heterogênea de seus membros.

Para Goldman, Nagel e Preiss (1995) e Azevedo (2000), as principais características da Empresa Virtual são:

- **Autonomia** - as entidades são, em geral, independentes, podendo nomeadamente integrar outras EV, ou encontrar-se integradas em estruturas de cooperação com contratos de longo prazo.
- **Distribuição** - as entidades que compõem a EV encontram-se fisicamente dispersas, eventualmente muito afastadas (por exemplo, em diferentes continentes).
- **Configuração Dinâmica** - constituindo em geral uma aliança temporária, a EV tem subjacente um ciclo de vida que, para além do início e fim da própria EV, compreende a entrada e saída de novas entidades, de acordo com as oportunidades do mercado em que opera, originando-se assim atividades de reconfiguração.

- **Adaptabilidade** - no seu conjunto, a EV reage rapidamente, isto é, adapta-se com agilidade às mudanças do mercado.
- **Redes de Informação** - a emergência da EV como paradigma organizacional foi possível, em grande parte, ao desenvolvimento sem precedentes das tecnologias de informação e de comunicação.
- **Foco em Competências Essências (Core Competencies)** - cada empresa parceira participa com sua competência, sendo essa complementar às competências das demais parcerias, e juntas tornam-se capazes de atender as demandas do mercado que não seriam possíveis de atender através de apenas uma empresa.
- **Direcionada a Oportunidade** - a EV é um tipo de cooperação voltada a uma oportunidade de negócio específica, separando-se após o fim desta.
- **Baseada na Confiança** - uma característica importante é o grau de confiança existente entre seus parceiros. A cultura baseada na vontade de compartilhar habilidades e informações toma o lugar da cultura baseada no controle.

2.4. As vantagens e os desafios de participar da Empresa Virtual

2.4.1. Vantagens

É consenso entre os pesquisadores de redes colaborativas que fazer parte de redes de colaboração, como EV, traz benefícios aos participantes, sendo que estes benefícios são sentidos em todas as áreas da empresa.

Camarinha-Matos (2005) afirma que a definição de Organizações e Empresas Virtuais embute uma implícita noção de flexibilidade, onde a composição de uma EV é determinada pela necessidade de associar o melhor conjunto disponível de experiências e os recursos obtidos por um número de organizações individuais distintas.

A adoção de uma forma de cooperação possui, geralmente, uma motivação estratégica. Goldman, Nagel e Preiss (1995) e Martinez *et al.* (2001) apontam os seguintes objetivos que podem motivar a formação de Empresas Virtuais:

- Aumentar a escala de produção através do aproveitamento da capacidade produtiva;
- Aumentar a flexibilidade e a adaptabilidade frente as mudanças de mercado;
- Encurtar o período de lançamento de produtos;
- Melhorar a penetração no mercado;
- Conquistar novos mercados;
- Possibilitar a presença internacional de Pequenas e Médias Empresas;
- Contratar projetos de pesquisa e desenvolvimento;
- Compartilhamento de recursos, instalações e competências;
- Possibilitar a efetiva gestão do conhecimento;
- Reduzir os riscos e custos de infraestrutura;
- Aumentar a lucratividade;
- Individualizar os produtos e as soluções;
- Aperfeiçoar a cadeia de suprimentos global.

2.4.2. Desafios

A idéia de empresas serem capazes de se unirem rapidamente a fim de atender uma oportunidade transmite uma noção de grande agilidade. No entanto, encontrar parceiros e estabelecer as condições necessárias para iniciar um processo de colaboração é custoso em

termos de tempo e esforço, o que muitas vezes pode invalidar o conceito de agilidade (CAMARINHA-MATOS E AFSARMANESH, 2007).

Além dos benefícios alcançados pela formação das Empresas Virtuais existem inibidores e desafios a serem vencidos, entre eles podem ser citados, a falta de informação, falta de infraestrutura comum de colaboração e a falta de preparação das empresas, em particular, para participar de processos colaborativos.

Para Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2007), o desafio de superar a heterogeneidade dos potenciais parceiros, em termos de infraestrutura de TI, cultura, métodos de trabalho e práticas de negócio, demandam investimentos consideráveis, além disso, deve haver a construção da confiança que é o principal requisito para formação de redes colaborativas e sua construção é baseada no tempo.

Existe ainda, a estrutura legal de alguns países que é um obstáculo para agilidade da empresa virtual, pois alguns não possuem conhecimento sobre acordos de cooperação e sobre os contratos de regularização deste tipo de empresas. Já as questões sócio-organizacionais e culturais são a chave para a implantação e agilidade das empresas virtuais (CAMARINHA-MATOS, AFSARMANESH e RABELO, 2000).

Como exemplos desses desafios podem ser citados os seguintes:

- Desenvolvimento da confiança entre empresários para trocar informações;
- Integração dos sistemas de informação;
- Integração cultural entre os membros;
- Integração do modo de gestão dos membros;
- Atividades financeiras (fluxo de caixa que garanta esse tipo de trabalho);
- Investimento em Tecnologia de Informação e Comunicação;
- Barreiras de comunicação;

- Perda de competências;
- Desenvolvimento da parceria à distância;
- A existência de parceiros qualificados;
- Direitos sobre a propriedade intelectual.

Martinez *et al.* (2001) ressalta que há também problemas relacionados com a entrada do produto no mercado, já que para vender um produto ou serviço é essencial ter uma marca reconhecida, outro problema está relacionado com a manutenção que deve ser disponibilizada ao consumidor durante o ciclo de vida do produto.

2.5. Ciclo de Vida

Por definição, uma EV é criada para atender uma oportunidade de negócio, as empresas interessadas em participar do empreendimento disponibilizam suas competências essenciais para lançar o produto/serviço esperado pelo mercado. Quando a oportunidade de mercado é satisfeita a empresa virtual se reconfigura ou se dissolve, dependendo das condições de mercado, permitindo que as empresas participantes façam parte de outras empresas virtuais.

Assim a empresa virtual possui um ciclo de vida que é composto por 4 fases, sendo elas, criação, operação, reconfiguração e dissolução (SPINOSA *et al.*, 1998). A passagem, com sucesso, por cada fase do ciclo é de extrema importância para todas as etapas a serem atravessadas, pois refletirá o quanto a empresa pode ser ágil se as transpuser com eficiência.

A Figura 2-2 mostra como é o ciclo de vida da empresa virtual.

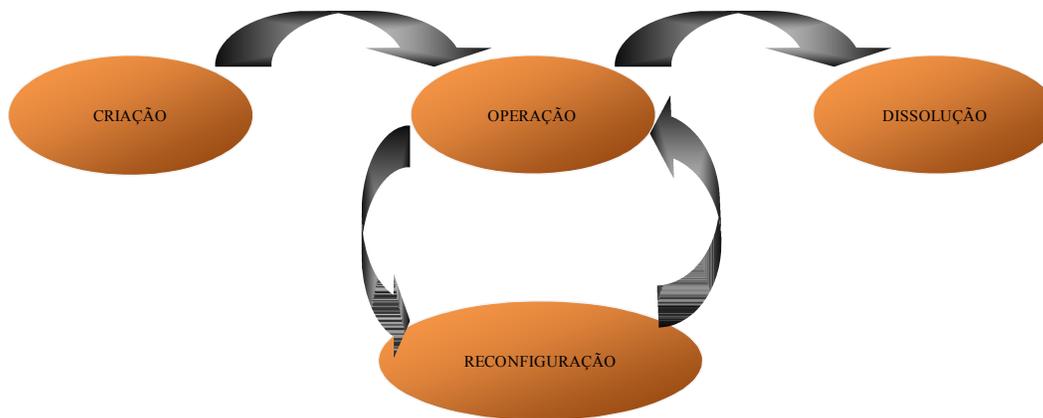


Figura 2-2. Ciclo de Vida de uma Empresa Virtual

Fonte: CAMARINHA-MATOS E AFSARMANESH, (1999).

2.5.1. Criação

Na fase inicial a empresa virtual é criada e configurada são estabelecidas metas e objetivos para a futura empresa (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 1999).

Segundo Guerra (2006), a fase de criação é a fase mais importante do ciclo de vida, pois o planejamento da empresa virtual influencia fortemente no custo do produto. Quando a fase de planejamento termina cerca de 70 a 80% do custo do produto já está determinado, por decisões tomadas em seu planejamento.

A criação da empresa virtual tem início quando é identificada uma oportunidade de negócio, sendo seguida, pela seleção de parceiros que possuam competências necessárias para o desenvolvimento do produto e pela negociação para assinatura dos contratos, após estes passos a empresa virtual está pronta para iniciar a manufatura do produto.

Para Wu e Su (2005) a seleção de parceiros para atender a oportunidade de negócios possui muitos fatores que devem ser considerados, esses fatores incluem custo, qualidade, confiança e credibilidade no tempo de entrega, uma vez que a falta destas condições pode acarretar sérios problemas para a EV, por exemplo, qualidade do produto é uma das condições necessárias para entrar no mercado, e para a empresa a alta qualidade é a base para se obter vantagem competitiva.

De acordo com Camarinha-Matos e Afsarmanesh (1999) são apresentadas as principais etapas do processo de configuração:

Configuração dos recursos de infraestrutura: Identificação e instalação da plataforma computacional da EV e sua configuração/integração com os sistemas legados, tais como, sistema operacional, sistema de gerenciamento de base de dados, sistema de gerenciamento empresarial (ERP), conexões de internet, etc.

Seleção de parceiros e formação da EV: Quando uma oportunidade de negócios é identificada procura-se os parceiros adequados e os seleciona. São estabelecidos acordos preliminares e então a topologia da EV e os papéis a serem desempenhados pelos parceiros são especificados.

Negociação de contrato da EV: Uma vez que a topologia da EV e os papéis dos parceiros foram definidos, contratos entre o coordenador da EV e cada um dos parceiros devem ser assinados, nestes contratos estão definidos os direitos e responsabilidades de cada um em relação à EV, ou seja, os planos de produção, as cláusulas de supervisão, que definem os direitos de acesso de informação por parte do coordenador da EV para monitorar e observar o progresso das atividades que ocorrem nos membros da EV.

Configuração da Empresa: Nesta etapa, a plataforma da EV recebe do coordenador as configurações definidas nas etapas anteriores, como por exemplo, as cláusulas de supervisão, garantindo os direitos de visibilidade de cada membro da EV.

De acordo com as etapas apresentadas, considera-se que todas as empresas que participam deste processo possuem uma pré-disposição para buscar alianças e ter uma plataforma computacional.

2.5.2. Operação

Nesta fase, os parceiros trabalham de forma colaborativa para alcançar os objetivos comuns, integram suas competências essenciais, cultura corporativa e práticas de negócios para trabalhar como uma única empresa.

Durante a fase de operação, a empresa virtual sofre muitas mudanças como, por exemplo, mudanças no gerenciamento de seus parceiros ou mudanças no mercado de atuação.

Para alcançar com sucesso os objetivos da empresa são necessárias algumas medidas, como:

- **Intercâmbio de dados:** Necessário para monitorar informações do negócio em geral, para coordenar e dar suporte para a colaboração na EV.
- **Coordenação avançada:** Usada pelo coordenador para supervisionar as atividades da EV, como, produção, vendas, distribuição/entrega, e tomar providências que julgar necessárias, tomando como base os acordos pré-definidos.
- **Funcionalidades de materiais/serviços:** Devem representar e monitorar o fluxo de materiais e serviços através da EV, as funcionalidades são: gerenciamento do fluxo de materiais/serviços (identificação, representação e monitoramento do fluxo na EV), Logística (planejamento do transporte, inventário e armazenamento) e previsão.

2.5.3. Reconfiguração

Se houver a necessidade de mudanças na EV, troca de parceiros para suprir novas necessidades, substituir parceiros que deixaram o empreendimento ou apenas reconfiguração do acordo já existente, há a possibilidade de ser realizada mesmo com a empresa virtual em funcionamento. Por esse motivo, a empresa virtual é vista como possuidora de grande agilidade.

2.5.4. Dissolução

Nesta fase, a empresa virtual já atendeu a oportunidade de negócio ou a empresa não obteve os resultados esperados, e o negócio é interrompido, e seus membros se separam.

Mesmo com a dissolução da empresa existem algumas tarefas que devem ser desempenhadas, como, a manutenção do produto, a redefinição ou interrupção dos direitos de

acesso a informações e deve ser gerada uma ficha de avaliação do desempenho de parceiros para se usada como critério nas próximas seleções de parceiros (TRAMONTIN JUNIOR, 2004).

2.6. Particularidades da Reconfiguração

Na EV a estabilidade de parceiros é baixa (estabilidade do relacionamento relacionada ao tempo) e a dependência entre eles também (isto é, cada parceiro é capaz de desenvolver sua tarefa sem a ajuda de outros parceiros), o que possibilita a reconfiguração da EV quantas vezes forem necessárias e possíveis, e em conjunto com a reconfiguração é realizado o acompanhamento permanente da estrutura da EV, que garante que seja introduzida a solução mais competitiva no cada momento do ciclo de vida do produto (CUNHA E PUTNIK, 2005a). Portanto, durante a fase de operação da VE sua configuração pode mudar, assegurando o alinhamento do negócio com as exigências do mercado, para atender situações inesperadas, para manter a competitividade e máximo desempenho (CUNHA E PUTNIK, 2002, 2005, 2005a).

Por alinhamento, neste contexto, se entende como as ações a serem empreendidas para ganhar sinergia entre as empresas, isto é, entre uma oportunidade de mercado e a entrega do produto requerido, com as necessárias especificações, no momento necessário, com o menor custo e com o melhor retorno possível. Deste modo, ao implementar do modelo de VE deve-se assegurar a necessária dinâmica para a reconfiguração, que é dependente (CUNHA E PUTNIK, 2005):

- Da redução dos custos e dos esforços de reconfiguração, ou seja, exige um equilíbrio entre a dinâmica de reconfiguração, seu o tempo e custos;
- Da capacidade de preservar o conhecimento das empresas privadas de produtos ou processos.

Assim, as características de configuração dinâmica e adaptabilidade da EV podem ser resumidas como uma característica de reconfigurabilidade, uma exigência para manter a EV alinhada, e que também é uma consequência do dinâmico ciclo de vida do produto.

Deste modo, reconfiguração significa a substituição de membros da EV, que gera uma nova instância da rede, isto pode acontecer principalmente por quatro razões (CUNHA E PUTNIK, 2002, 2005, 2005a):

- Reconfiguração durante o ciclo de vida da rede da empresa é uma consequência de alterações do produto durante seu ciclo de vida, garantindo o alinhamento da rede com as necessidades de mercado.
- Reconfiguração como uma consequência natural do ciclo de vida do produto, evolução do produto.
- Reconfiguração pode ocorrer também como consequência da avaliação dos recursos ou desempenho da rede, ou como consequência de rescisão de contrato por um dos membros.
- Reconfiguração como consequência da variação da demanda, ou mesmo uma consequência do chamado "efeito chicote" fenômeno da cadeia de suprimentos (onde uma pequena variação na demanda do cliente final pode ser dramaticamente amplificada nas empresas a montante), que exige uma adaptação rápida, por um curto período de tempo.

A VE é definida como uma rede reconfigurável que garante o alinhamento dos negócios, e está em constante transição entre estados ou configurações ao longo do tempo, como representado na Figura 2-3.

Como apresentado no texto acima, a reconfiguração é fundamental para a continuação da EV, mas ainda existem obstáculos que dificultam o processo de reconfiguração e como inibidores são considerados o custo e tempo necessários para realizar a reconfiguração, estes reduzem a dinâmica da rede e aumentam sua duração estável.

Basicamente, os custos de reconfiguração são compostos pelo custo de seleção de parceiros, negociação e integração, e do custo de permanente acompanhamento e avaliação do desempenho dos membros (CUNHA E PUTNIK, 2003).

Há também custos relacionados aos acordos contratuais e de tecnologia de informação, pois a separação de tarefas entre os membros aumenta o risco do vazamento de informações importantes, e somente os acordos contratuais podem garantir sua confidencialidade, além disso, a operação das estruturas em rede requer ferramentas que permitam a preservação do conhecimento da empresa.

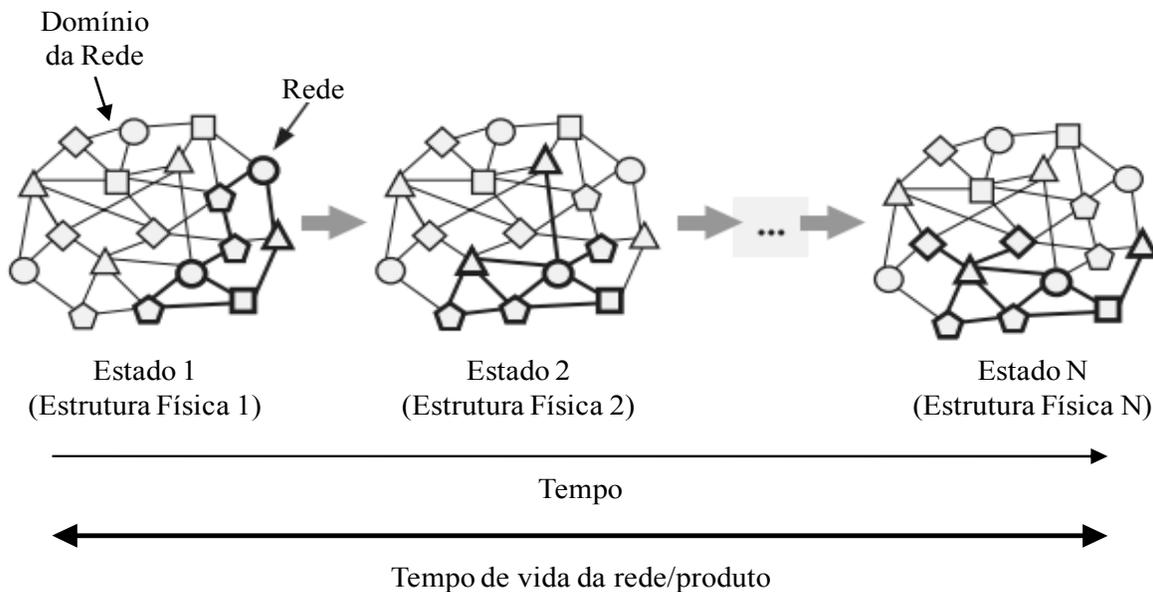


Figura 2-3. Sucessão dos estados da rede da EV ao longo do tempo

Fonte: CUNHA E PUTNIK, 2005.

Portanto, a implementação de organizações dinâmicas requer a existência de ferramentas e ambientes capazes de reduzir os custos e o tempo de reconfiguração. A superação destes dois obstáculos permite que a rede seja tão dinâmica quanto necessário, assegurando o alinhamento do negócio.

2.7. Os membros da Empresa Virtual

A empresa virtual exige uma vasta gama de recursos humanos sendo impossível seu desenvolvimento sem a presença destes atores, entre eles estão, coordenador da EV, membro da EV, provedor de dados/serviços, entre outros.

2.7.1. Coordenador da Empresa Virtual

O coordenador da EV é responsável por regularizar suas atividades, o coordenador é membro especializado em coordenar e adicionar os membros da EV.

De acordo com Camarinha-Matos e Afsarmanesh (1999), o coordenador tem as seguintes funções:

- Registrar novas empresas na rede;
- Fornecer assistência as novas empresas para instalar e configurar a infraestrutura de suporte;
- Sustentar o diretório de informação da rede da EV;
- Reconfigurar a EV, se necessário, e atualizar os membros sobre a evolução da rede;
- Supervisiona e coordena as atividades das diferentes empresas direcionando-as aos objetivos comuns da rede;
- Supervisiona e dá assistência as empresas no momento da dissolução da EV.

2.7.2. Membros da Empresa Virtual

Os membros da EV são as empresas que constituem a rede. As principais funções dos membros são (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 1999):

- Executar as atividades, carga de trabalho e responsabilidades, designadas pelo processo de negócios global;
- Gerenciar os direitos de visibilidade da informação local a fim de proteger os próprios interesses e os da EV;

- Trocar informações e materiais necessários para a cooperação, e para sincronizar a produção de um pedido específico com os outros membros.

De acordo com a referência citada, é função dos membros da EV negociar com o consumidor e de estabelecer contato com os outros membros e assegurar a interação entre eles, no entanto, este texto considera que estas funções são de responsabilidade do coordenador da rede.

Entre os membros da EV existe um em especial, é o *Broker*. O *Broker* é uma empresa ou pessoa que enxerga uma oportunidade de negócio, inicia a EV e procura os parceiros necessários para formá-la. Ele não é necessariamente o coordenador da EV, mas pode assumir este papel.

2.8. Classificação de Empresa Virtual

As empresas virtuais podem ser classificadas de acordo com as características apresentadas em sua formação, estas características são usadas para distinguir uma das outras.

As características da empresa virtual são definidas de acordo com as necessidades da empresa que está se formando, considerando um negócio específico.

De acordo com Camarinha-Matos e Afsarmanesh (1999) e Ouzounis (2001), uma forma de classificar as empresas virtuais é de acordo com as seguintes características:

- **Duração:** Algumas alianças entre empresas são estabelecidas para uma **única oportunidade de negócios** e são dissolvidas ao final do processo. Esta situação corresponde ao tipo considerado padrão de empresas virtuais. Entretanto, há também **alianças de longa duração** que são estabelecidas para executar um número indeterminado de processos de negócios.
- **Participação:** Quanto à participação, uma empresa pode se dedicar a uma **única EV**, ou pode participar simultaneamente de **múltiplas EVs**. No caso de EVs múltiplas, a infraestrutura de suporte deve ser capaz de lidar com vários “espaços” virtuais de participação, e de controlar a visibilidade das informações de acordo com os requisitos individuais de cada empresa.

- **Coordenação:** no que diz respeito à coordenação, existem várias abordagens diferentes. A primeira, chamada **estrutura de coordenação em estrela**, uma empresa dominante centraliza a coordenação, impondo seus próprios padrões, como os modelos de processos de negócio, os mecanismos de troca de informação e direitos de acesso, entre outros. O conceito de empresa estendida se enquadra bem nesta abordagem. Quando os parceiros cooperam de forma igualitária, preservando sua autonomia, mas compartilhando habilidades, temos uma **estrutura democrática**. Mesmo não havendo uma empresa dominante, faz-se necessário um nó coordenador para administrar e monitorar informações gerais da organização. No outro extremo temos uma **federação**, que consiste de uma aliança onde as empresas podem alcançar benefícios mútuos no gerenciamento comum dos recursos e habilidades, criando um tipo de estrutura de coordenação comum.
- **Visibilidade:** O aspecto da visibilidade está intimamente relacionado ao escopo de visualização de um nó da rede. Na maioria dos casos, um nó vê apenas os seus vizinhos diretos (fornecedores, armazéns, clientes), tendo então uma **visibilidade de único nível (*one tier*)**. Por outro lado, em situações onde há uma coordenação mais avançada, um nó pode ter um grau de visibilidade maior, **visibilidade de múltiplos níveis**. Isto é necessário em tarefas como: planejamento, escalonamento, previsão de demanda, distribuição de carga de trabalho, gerenciamento otimizado de recursos, entre outros.
- **Topologia:** De acordo com a topologia da rede, há situações que mostram uma natureza **variável/dinâmica**, na qual algumas empresas podem se unir rapidamente ou podem deixar a aliança de acordo com a fase do processo de negócio ou outros fatores de mercado. Mas em muitos setores há cadeias de suprimentos com **estruturas fixas**, ou quase fixas, com pouca variação em termos de fornecedores ou clientes durante o ciclo de vida da EV. O caso de topologias dinâmicas é necessárias funções específicas para buscar e selecionar parceiros (fornecedores ou prestadores de serviço), outra possibilidade que deve ser

considerada é a interação temporária com outras empresas que não fazem parte da EV, como um fornecedor ocasional ou como clientes espontâneos.

- **Flexibilidade:** Levando-se em conta a flexibilidade, existem dois tipos de empresas virtuais. Se uma empresa pode dinamicamente entrar ou sair da aliança enquanto o processo de negócios está sendo executado e sem afetar seu funcionamento, é chamada de variável ou dinâmica. E existe outro tipo de empresa virtual onde a variação de parceiros é muito pequena ou praticamente inexistente e recebe o nome de fixa ou estática.
- **Autonomia:** esta característica determina se os parceiros da empresa virtual são fortemente acoplados aos processos de negócios da EV, ou podem mudar um de seus processos internos e ainda se manter dentro do processo de negócios da aliança.

2.9. Necessidades de infraestrutura para o desenvolvimento

Um dos principais fenômenos observados na “Nova Economia Digital” constitui-se na difusão das novas tecnologias de informação (TI), que incitam as mudanças que vem ocorrendo no mundo dos negócios, mudando os rumos e as estratégias das empresas, independente dos produtos, mercados, processos, e transformando de forma radical suas tradicionais estruturas organizacionais (Amato Neto, 2006).

Para Filos e Banahan (2000), a informação é o que move a nova economia, e ela deve ser compreendida em todos os sentidos, conhecimento, idéias e capacidade mental (*brainpower*), pois os bens intangíveis, satisfação e software representam um segmento crescente na economia. Afirmam ainda, que as organizações mais bem sucedidas são as que operam com base no conhecimento coletivo, o que significa cooperação eficiente, compartilhamento de informações, geração de novas idéias e o desenvolvimento para explorá-las.

No entanto, mesmo com a utilização das novas tecnologias de informação ainda existe um grande número de desafios e questões não resolvidas, como por exemplo, a definição de uma arquitetura flexível para EVs que suporte a cooperação, o gerenciamento de informação e

ferramentas de apoio que permitam a coordenação e interoperabilidade entre as empresas (AFSARMANESH *et al.*, 1999).

Segundo Afsarmanesh *et al.* (1999), entre as características da EV, algumas necessitam de suporte da gestão da informação, entre elas:

- A heterogeneidade e autonomia pré-existente entre as empresas;
- A capacidade de aproximar e separar os membros;
- Propriedade versus compartilhamento da informação entre membros;
- Negociação e monitoramento do *status* das tarefas entre membros;
- Coordenação da EV;

Segundo Azevedo (2000), uma consequência imediata do estabelecimento de estruturas produtivas em rede integrando cadeias logísticas complexas, ao nível de produção, é a alteração nos processos de planejamento, de um nível estritamente local, para um nível mais abrangente, onde os aspectos logísticos e de coordenação assumem grande importância. Assim, na perspectiva da produção, deve ser capaz de gerir dinamicamente as capacidades dos diferentes membros, fornecendo suporte para colocação e aceitação de encomendas e para o planejamento das unidades produtivas. Logo, se espera que a tecnologia da informação disponibilize para os responsáveis pela tomada de decisão solução que permitam:

- A negociação das encomendas em tempo real;
- O planejamento otimizado e sincronizado das atividades da empresa;
- A monitoração do fluxo de ordens da produção e o apoio à tomada de decisões, em caso de ocorrências que perturbem esse fluxo, a fim de garantir o cumprimento dos prazos de entrega;
- Um sistema de informação configurável e escalável, de acordo com a estrutura empresarial.

2.10. Considerações Finais

Diante dos novos paradigmas econômicos e da globalização proporcionada pelo avanço nas tecnologias de informação e comunicação, os modelos de colaboração entre empresas, as chamadas Redes Colaborativas, são de crucial importância para a competitividade das empresas, sendo a EV considerada uma das manifestações mais promissoras.

Frente a um assunto tão recente e tão pouco difundido no país, como o de EV, é impossível expor todas as considerações que devem ser apresentadas para um completo entendimento, assim o presente trabalho visa desassociar o conceito de EV com o conceito de comércio eletrônico, uma vez que o comércio eletrônico pode ser utilizado pela EV como meio de compra e vendas de produtos e/ou para movimentação financeira da empresa, mas ele é somente um complemento da EV e não uma EV. São apresentados os conceitos de EV encontrados na literatura e é definido o conceito que será adotado no trabalho. Também são apresentadas as características julgadas essenciais para se entender o funcionamento da EV, como, as vantagens e o porquê participar de redes de cooperação e colaboração, ciclo de vida, os membros que compõem a EV, assim como a respectiva função e responsabilidades de cada um, etc.

No próximo capítulo é apresentado conceito de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos para que futuramente sejam estabelecidas as correlações entre Empresa Virtual, Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos e Logística.

Capítulo 3 .

Cadeia de Suprimentos

3.1. Contexto

Antigamente, a empresa focava sua atenção principalmente para área de marketing e operações como fonte de competitividade de seus produtos, pois para ela estas eram as principais funções da empresa. Hoje, a empresa se depara com uma grande mudança no cenário em que atua, isto é, a expansão dos mercados devido à queda de barreiras comerciais, a facilidade do fluxo de informações e a adoção de uma postura mais exigente dos consumidores fazem com que a empresa amplie seu mercado, estabeleça contratos com novos fornecedores, ampliando seu leque administrativo. Diante destas mudanças, torna-se extremamente importante possuir uma gestão eficiente da cadeia de suprimentos, antes não valorizada pelas empresas, pois ela está hoje diretamente ligada à competitividade do produto.

Diante do desafio de gerenciar a cadeia de suprimentos, percebe-se que a maioria das empresas não está preparada para controlar o fluxo inteiro do produto através do canal, embora esta seja uma oportunidade emergente. Por praticidade o escopo da cadeia de suprimentos estende-se no máximo ao suprimento físico imediato (administração de materiais) – hiato de tempo e espaço entre as fontes de material da empresa até seu ponto de processamento - e sobre os canais de distribuição – hiato de tempo e espaço do ponto de processamento da empresa até seus clientes, atividades que estão integradas na Cadeia de Suprimentos (BALLOU, 2001).

Para um melhor aproveitamento dos benefícios gerados pela gestão adequada da cadeia de suprimentos é necessário entender o seu posicionamento dentro da cadeia de valor da empresa, o

objetivo da cadeia, planejar, implementar e controlar suas atividades, para alcançar melhores resultados.

3.2. Definições

Para melhor compreender a importância da cadeia de suprimentos, as questões a ela relacionadas e o impacto que ela causa no sucesso de uma empresa, não se pode desvincular seu conceito daquele que se entende por logística, a qual vem passando por diversas mudanças em sua interpretação desde a sua concepção, para isso, serão apresentados alguns conceitos básicos.

Num primeiro momento, o termo logística surgiu no contexto militar, porém os objetivos das atividades empresariais se diferenciavam dos objetivos militares surgindo a necessidade de adaptar o conceito de logística para um novo cenário.

Para Ballou (2001), a logística é um conjunto de atividades funcionais que é repetida muitas vezes ao longo do canal de suprimentos através da qual as matérias-primas são convertidas em produtos acabados e o valor é adicionado aos olhos dos consumidores.

Ele ainda define que, *“a missão da logística é dispor a mercadoria ou o serviço certo, no lugar certo, no tempo certo e nas condições desejadas, ao mesmo tempo em que fornece a maior contribuição à empresa”* (BALLOU, 2001).

Segundo Christopher (1997), o gerenciamento logístico é o meio pelo qual as necessidades dos clientes são satisfeitas através da coordenação dos fluxos de materiais e de informação que vão do mercado até a empresa, suas operações e, posteriormente, para seus fornecedores, ou seja, através da integração.

Para Bowersox e Closs (2001), o gerenciamento logístico inclui o projeto e a administração de sistemas para controlar o fluxo de matérias, os estoques em processo e os produtos acabados, com o objetivo de fortalecer a estratégia de oportunidades de negócio das unidades da empresa.

Logo, a missão do gerenciamento logístico é planejar e coordenar todas as atividades necessárias para alavancar níveis desejáveis dos serviços e qualidade ao custo mais baixo possível (CHRISTIPHER, 1997).

Apesar da atividade logística já ser praticada a muito tempo, o diferencial é que agora há um gerenciamento coordenado destas atividades que representa novas oportunidades para as organizações.

A logística é vista como a competência que vincula a empresa a seus clientes e fornecedores através do fluxo de materiais e fluxo de informações. Para ser totalmente eficaz no atual ambiente competitivo a organização deve expandir a integração de todas as funções e atividades envolvidas na logística, ou seja, integrar clientes e fornecedores.

Para Bowersox e Closs (2001), essa extensão, por meio da integração externa é denominada gerenciamento da cadeia de suprimentos.

Uma cadeia de suprimentos engloba todos os estágios envolvidos, direta ou indiretamente, no atendimento do pedido de um cliente, não incluindo apenas fabricantes e fornecedores, mas também transportadoras, depósitos, varejista e os próprios clientes (CHOPRA e MEINDL, 2003).

Para Trend (2004), uma cadeia de suprimentos é um conjunto de organizações ligadas diretamente, onde há fluxos (a montante e a jusante da cadeia) de produtos, serviços, finanças e informações.

Já o gerenciamento da cadeia de suprimentos é a gestão e coordenação, nos dois sentidos, dos fluxos de produtos, serviços, informações e fundos da matéria-prima até o consumidor final (TREND, 2004).

Então de acordo com as definições apresentadas, os autores Ballou (2001), Chopra e Meindl (2003) e Bowersox e Closs (2001) afirmam que o gerenciamento da cadeia de suprimentos é uma extensão da logística integrada ou logística empresarial, como observado na Figura 3-1.



Figura 3-1. Gestão da cadeia de Suprimentos e Logística Empresarial

Fonte: Adaptado de BALLOU (2001); CHOPRA e MEINDL (2003); BOWERSOX e CLOSS (2001).

Analisando Figura 3-1, observa-se que a entrada do pedido do consumidor é o *input* da cadeia de suprimentos, ele é responsável por desencadear os outros processos da cadeia relacionados com o fluxo de informações, demanda, materiais, serviços entre outros, e o *output* desse sistema é a entrega do produto ao consumidor final.

Enquanto o gerenciamento logístico está preocupado em otimizar os fluxos dentro da organização, o gerenciamento da cadeia de suprimentos reconhece que a integração interna por si só não é mais suficiente.

Handfield e Nichols (2002) entendem que o conceito de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos abrange todas as organizações e atividades associadas com o fluxo e a transformação de bens, desde o estágio da matéria-prima até o consumidor final, lembrando que o fluxo de informação corre nos dois sentidos da cadeia como apresentado na Figura 3-2.

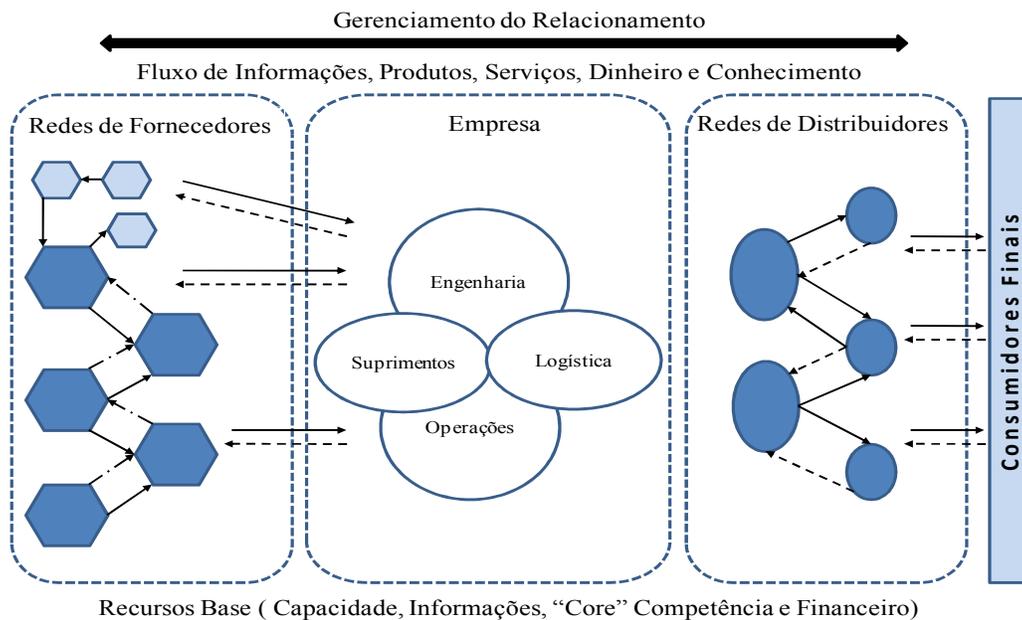


Figura 3-2. Exemplo de Cadeia de Suprimentos

Fonte: Handfiel e Nichols Jr. (2002)

De acordo com as definições apresentadas, fica claro que elas são coerentes, variando apenas o ponto de vista ou o modo de expressão dos autores. Porém, nesta dissertação, serão utilizadas as definições de gerenciamento da cadeia de suprimentos e de gestão logística adotadas pelo CSCMP (*Council of Supply Chain Management Professionals*, 2009), apresentadas respectivamente a seguir.

“O gerenciamento da cadeia de suprimentos engloba o planejamento e a gestão de todas as atividades envolvidas no abastecimento e aquisição, conversão e todas as atividades de gestão logística. Inclui também a colaboração e coordenação entre os parceiros da cadeia, que podem ser fornecedores, intermediários, terceiros prestadores de serviços e clientes. Essencialmente a gestão da cadeia de suprimentos integra o gerenciamento do fornecimento e da demanda dentro e entre as empresas.”

“A gestão logística é a parte do gerenciamento da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla, de forma eficiente e eficaz, o fluxo, o fluxo reverso, a armazenagem de materiais, serviços e informações entre o ponto de origem e o ponto de consumo, a fim de satisfazer as necessidades dos clientes”

O conhecimento de como gerenciar o fluxo de produtos através do canal é uma oportunidade relevante para as organizações, no entanto, elas não estão capacitadas para controlar o fluxo, normalmente são responsáveis pelo gerenciamento do controle físico imediato e pelos canais de distribuição física, tornando o escopo da logística empresarial muito estreito, como apresentado na Figura 3-1.

As atividades que compõem o gerenciamento da cadeia de suprimentos podem variar de empresa para empresa. Na Tabela 3-1, são apresentadas atividades-chave, atividades de suporte pertencentes ao gerenciamento da cadeia de suprimentos.

Tabela 3-1. Atividades que compõe o gerenciamento da cadeia de suprimentos

ATIVIDADES-CHAVE	ATIVIDADES DE SUPORTE
Padrões de serviço ao cliente	Armazenagem
Transportes	Manuseio de Materiais
Administração de Estoques	Compras
Fluxo de informações e processamento de pedidos	Embalagem Protetora Cooperação com a produção/operação Manutenção de informação

Fonte: Adaptação BALLOU, 2001.

O objetivo de toda cadeia de suprimentos é maximizar o valor global gerado e para isso conta com o gerenciamento efetivo e eficaz da cadeia de suprimentos para coordenar os processos da cadeia a fim de reduzir o desperdício, reduzir o tempo de entrega, desenvolver um sistema de resposta flexível na cadeia e reduzir o custo unitário. Para atingir estes objetivos a cadeia de suprimentos deve ser trabalhada para minimizar a duplicação, alcançar um nível de uniformidade entre operações e sistemas e aumentar a qualidade (SERVE *et al.*, 2002).

Assim, o resultado do gerenciamento e da integração da cadeia de suprimentos é um aumento do valor percebido na cadeia pela evolução das atividades gerenciais e pela integração dos processos, e cujos benefícios são indiretamente refletidos no produto final. A integração entre as áreas é constantemente explorada pelas organizações devido ao potencial de benefícios e melhorias conquistados ao longo do tempo que são percebidos indiretamente pelos consumidores.

A integração é entendida como colaboração entre estágios compradores e estágios fornecedores através da utilização de sistemas de informação para alcançar visibilidade da informação e até a utilização de instalações compartilhadas.

A visibilidade da informação é o caminho para a melhoria de desempenho do processo produtivo e da satisfação do cliente, um dos principais benefícios trazidos pela visibilidade da informação é a diminuição do efeito chicote.

Neste contexto, a previsão de demanda, o planejamento de produção e o reabastecimento na cadeia são uma decisão conjunta de todos os elos da cadeia de suprimentos (BERTAGLIA, 2003).

3.3. Estratégia na Cadeia de Suprimento

Na corrida pela liderança do mercado, as organizações buscam estratégias que aumentem suas forças competitivas.

Slack (1998) aponta para a importância da elaboração das estratégias, uma vez que, as estratégias corporativas orientam e conduzem a corporação em seu ambiente global, econômico, social e político, as estratégias de negócios definem as missões, objetivos individuais e como as organizações devem competir em seus mercados e as estratégias funcionais que descrevem as tarefas específicas que devem ser executadas para a implementação das estratégias.

Para ganhar vantagem competitiva sobre seus concorrentes, a organização deve proporcionar valor para seus clientes desempenhando as atividades primárias da cadeia de valor, apresentadas na Figura 3-3, de modo mais eficiente ou desempenhando essas atividades de forma a criar mais valor percebido pelo consumidor final (CHRISTOPHER, 1997).

Segundo Chopra e Meindl (2003), a estratégia competitiva de uma organização define o conjunto de necessidades do consumidor que ela pretende satisfazer através de seus produtos e serviços.

Assim, a estratégia competitiva tem como alvo um ou mais segmentos de consumidores e se propõem a oferecer produtos ou serviços capazes de satisfazê-los, seja pelo custo, entrega ou tempo de resposta, variedade e qualidade.

Como cada organização possui sua própria estratégia competitiva e conseqüentemente sua própria cadeia de valor, inserida em uma cadeia de suprimentos, esta estratégia não pode ser planejada e gerenciada isoladamente. Logo, existe uma relação direta entre estratégia competitiva e estratégia da cadeia de suprimentos.

Ao se tratar da competitividade da cadeia de suprimentos, estende-se o conceito de vantagem competitiva, e os produtos e serviços oferecidos por uma cadeia irão competir com os produtos e serviços oferecidos pelas outras cadeias de suprimentos existentes no mercado.

A estratégia da cadeia de suprimentos é responsável pelas principais atividades pertencentes à cadeia de suprimentos, que são: estoque (dimensionamento e gestão), transportes (infraestrutura e gestão), tecnologia da informação e movimentação de materiais. Inclui o que tradicionalmente é chamado de estratégia de fornecedor, estratégia de operações e estratégia logística (CHOPRA e MEINDL, 2003; BOWERSOX e CLOSS, 2001).

Segundo Chopra e Meindl (2003), para uma cadeia de suprimento tornar-se bem-sucedida, a estratégia competitiva e a estratégia da cadeia de suprimento devem estar alinhadas, o que significa que elas devem possuir os mesmos objetivos, como a estratégia competitiva vai especificar um ou mais segmentos que a empresa pretende satisfazer, a estratégia da cadeia de suprimentos deve garantir que as habilidades da cadeia sejam capazes de satisfazer os clientes-alvo.

O alinhamento estratégico requer que a empresa conheça alguns pontos importantes (CHOPRA e MEINDL, 2003). Primeiro, deve entender as necessidades dos clientes, que ajuda a organização a definir variáveis como, custo, nível de serviço, tempo de resposta, a variedade de

produtos necessária. Segundo, entender a cadeia de suprimento, pois existem vários tipos de cadeia de suprimento e cada uma é projetada para desempenhar diferentes tarefas, podendo ser eficiente, responsiva ou híbrida



Figura 3-3. A cadeia de suprimento como parte da cadeia de valor

Fonte: TREND, 2004.

E por fim, realizar o alinhamento estratégico para ter certeza que não há incompatibilidade entre as necessidades dos clientes e o tipo de cadeia de suprimentos planejada.

3.4. Tipos de Cadeia de Suprimento

Após apresentar a importância do alinhamento estratégico realizada pelas organizações entre a estratégia competitiva e a estratégia da cadeia de suprimentos, onde a estratégia da cadeia oferece suporte para a estratégia competitiva, são apresentados os tipos de cadeias de suprimentos que podem ser adotados.

A definição de qual o tipo de cadeia de suprimentos deve ser adotada depende de qual é a demanda que a organização pretende atender, para saber quais são os requisitos de mercado. As cadeias de suprimentos podem ser responsivas ou eficientes e podem ser híbridas.

3.4.1. Cadeia de Suprimentos Responsiva ou Ágil

À medida que aumenta a demanda por respostas rápidas entre todos os parceiros da cadeia de suprimentos, maior será a pressão sobre os fabricantes, para satisfazer as necessidades de variedades requeridas pelos consumidores em um espaço de tempo menor (CHRISTOPHER, 1997).

A responsividade na cadeia de suprimentos representa a habilidade que a cadeia tem de responder a amplos escopos de quantidades exigidas, atender com *lead times* curtos, manejar uma grande quantidade de produtos, produzir produtos altamente inovadores e atender a um nível de serviço muito alto (CHOPRA e MEINDL, 2003).

Assim, a cadeia responsiva é aquela que organiza todas as atividades da cadeia de valor e da gestão da cadeia de suprimentos para atender à demanda final de forma mais ágil possível, na busca da velocidade de resposta e sendo sensível ao mercado (CHRISTOPHER e TOWILL, 2000; CHRISTOPHER, 1997).

A cadeia responsiva é também chamada de cadeia ágil que apresenta como critério ganhador de pedidos o nível de serviço e é normalmente adotada para produtos inovadores. De certa forma é possível afirmar que a cadeia ágil é uma extrapolação do conceito de produção puxada (PIRES, 2004).

Segundo Christopher e Towill (2000), a agilidade na cadeia de suprimento deve ser vista como a capacidade de usar o conhecimento de mercado para explorar oportunidades rentáveis em um mercado volátil.

3.4.2. Cadeia de Suprimentos Eficiente ou Enxuta

Por outro lado, a eficiência na cadeia de suprimentos é o custo de fabricação e entrega do produto ao consumidor final, então o aumento nestes custos reduz a eficiência da cadeia (CHOPRA e MEINDL, 2003).

Portanto, cadeia eficiente é aquela em que a organização de todas as funções e atividades da cadeia de valor e da gestão da cadeia de suprimentos estão direcionadas para atender fisicamente

a demanda de mercado ao menor custo, cadeias eficientes usam o conceito de produção empurrada (PIRES, 2004).

De acordo com Christopher e Towill (2000), a cadeia de suprimentos eficiente é conhecida como cadeia enxuta, pois suas atividades focam a redução de desperdícios e anomalias ao longo dos elos, a cadeia enxuta tem como critério ganhador de pedido o custo.

O conceito de enxuto na cadeia de suprimentos significa desenvolver um fluxo de valor para eliminar todos os desperdícios, incluindo o tempo, e para permitir um nível de programação (CHRISTOPHER e TOWILL, 2000).

3.4.3. Critérios Ganhadores e Qualificadores

Ao mencionar critérios vencedores e qualificadores, apresenta-se uma linha de partida para a organização analisar qual estratégia de fabricação deve ser adotada para entrar em um mercado altamente competitivo e desenvolverem uma cadeia de suprimentos orientada ao mercado qualificador ou ao mercado ganhador, como apresentado na Figura 3-4 (CHRISTOPHER e TOWILL, 2000).



Figura 3-4. Critérios Ganhadores de Mercado X Qualificadores de Mercado

Cadeia Ágil X Cadeia Enxuta

Fonte: CHRISTOPHER e TOWILL, 2000.

Na Figura 3-4, fica clara a relação existente entre critérios qualificadores, ganhadores, cadeia ágil e cadeia enxuta.

Para tornar nítida as diferenças entre cadeia ágil e enxuta, será apresentada uma comparação mais específica desses conceitos através de características específicas de cada um, permitindo assim que haja uma escolha mais apropriada das estratégias.

Em diversos casos, ambas as cadeias atuam conjuntamente, dependendo do sistema de produção adotado ou da estratégia para critério ganhador de pedido. Antes de qualquer coisa, é preciso saber se o produto a ser comercializado é funcional ou inovador.

Logo, é possível que parte da cadeia de suprimentos seja eficiente e outra parte seja responsiva, já que as estratégias não são excludentes e podem ser combinadas entre si.

Observe a Tabela 3-2 que apresenta as principais características da cadeia ágil e da enxuta.

Tabela 3-2. Distinção de características entre a Cadeia *Lean* e a Cadeia Ágil

Características	Cadeia Enxuta	Cadeia Ágil
Tipo de Produtos	Commodities	Inovadores
Demanda	Previsível	Volátil
Variedade de Produtos	Baixa	Alta
Ciclo de Vida dos Produtos	Longo	Curto
Orientação do Consumidor	Custo	Nível de Serviço
Margem de Lucro	Baixa	Alta
Custo dominante	Custo físico	Custo negociável
Penalidades por falta de estoque	Definido por Contrato de Longo Prazo	Imediato e Volátil
Política de compras	Compra Materiais	Determina a capacidade
Enriquecimento da Informação	Altamente Desejável	Obrigatória
Mecanismos de Previsão	Algoritmo	Consultivo

Fonte: CHRISTOPHER e TOWILL, 2000.

3.4.4. Sistema Híbrido

Segundo Christopher e Towill (2000), afirmam que trabalhar com ambas estratégias num sistema híbrido é a melhor combinação para qualquer cadeia. O ponto onde termina uma e começa a outra estratégia é chamado de ponto de desacoplamento, também conhecido como

ponto de pedido, ou seja, o fluxo de produtos até o ponto de dissociação pode ser realizado através de previsão, empurrado, e após o ponto de desacoplamento o fluxo deve se orientar pela procura, puxado.

A determinação do ponto de desacoplamento pode ser alcançada pela estratégia de inventário, onde a idéia é gerar um inventário genérico ou modular até o ponto e terminar a montagem ou configuração a partir deste ponto, onde se possui maior conhecimento das necessidades do consumidor, como mostra a Figura 3-5.

Taylor (2005), chama o ponto de desacoplamento de fronteira *push-pull* (ou seja, empurra-puxa), afirma que o tipo de produção determina onde será estabelecido o ponto de desacoplamento ou a fronteira *push-pull* e adverte que a escolha da estratégia de produção exerce um impacto significativo na dinâmica da cadeia de suprimentos.

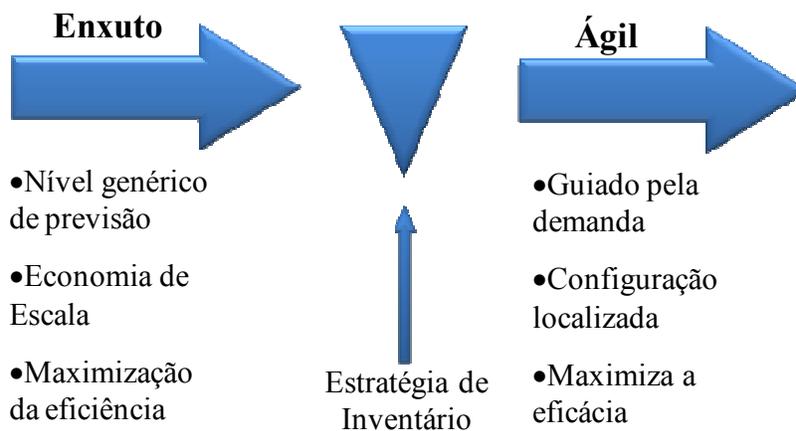


Figura 3-5. O Ponto de Desacoplamento

Fonte: CHRISTOPHER e TOWILL (2000).

Tradicionalmente, os modelos de manufatura (ou, estratégias de produção) encontrados na literatura são: Fabricação contra previsão de demanda (MTS – *Make to Stock*), Fabricação por encomenda (MTO – *Make to Order*), Montagem por pedido (ATO – *Assembly to Order*), Projetado por pedido (ETO – *Engineering to Order*) e Configurado por pedido (CTO – *Configure to Order*) e suas características são (MOLINA, VELANDIA e GALEANO, 2007; TAYLOR, 2005):

- **Fabricação contra previsão de demanda (MTS)** – este modelo operacional é aplicado quando a produção e operação são planejadas de acordo com a previsão de demanda do consumidor e a demanda do consumidor é encontrada como produto acabado em estoque. Suas principais características são:
 - Alta padronização;
 - A demanda pode ser prevista com necessária exatidão e é de grande quantidade;
 - Planejamento da produção baseado na previsão, normalmente planejado com antecedência e ajustado se necessário;
 - Curto tempo de entrega;
 - Falta de estoque e o custo do estoque são fatores de risco;
 - O processo de manufatura é desencadeado pelo nível de estoque;
 - O fator de competitividade são os preços baixos e a rápida entrega;
 - Baixo nível de customização.

- **Fabricação por encomenda (MTO)** – este modelo operacional é adotado quando a demanda é imprevisível e o consumidor está disposto a esperar pela entrega do produto, já que o processo de fabricação tem início após receber o pedido. Suas características são:
 - O nível itens padronizados é baixo;
 - Demanda de baixa quantidade e de difícil previsão;
 - Planejamento da produção é baseado nos pedidos e não pode ser planejado com antecedência;
 - Tempo de entrega é longo o que conduz a maiores risco;

- Alto nível de customização, chave para possuir vantagem competitiva;
- Manufatura tem início com o pedido do consumidor.
- **Montagem conforme pedido (ATO)** – Neste modelo operacional partes padronizadas ou sub-configuradas são adquiridas ou manufaturadas de acordo com a previsão de demanda, enquanto a programação para os componentes restantes e a montagem final não são realizadas até que esteja de posse das especificações detalhadas do pedido enviado pelo cliente. Suas Características são:
 - O nível de itens padronizados é médio;
 - A demanda é de quantidade média e pode ser prevista;
 - O planejamento da produção é baseado na previsão e em pedidos, o planejamento é feito com antecedência e ajustado pelos pedidos;
 - O custo do estoque e o tempo de entrega são razões de risco;
 - A chave da vantagem competitiva são os preços baixos, a entrega relativamente rápida e a maior customização;
 - A produção é iniciada pelo estoque e por pedidos.
- **Projetado por pedido (ETO)** – este modelo é indicado para produtos que precisam de significativa customização e atenda necessidades específicas do consumidor. Então, cada pedido possui projeto, conjunto de partes, lista de materiais e rotas únicas, ou seja, o produto é desenvolvido de acordo com as especificações de cada consumidor. Suas características são:
 - Alto nível de customização;
 - Longo tempo de entrega;

- Não há nível de inventário;
 - A complexidade do produto é alta;
 - A chave para a vantagem competitiva é baseada na diferenciação e na tecnologia;
 - Há restrições para altas quantidades.
- **Configurado por pedido (CTO)** – é a evolução do modelo ATO, ele é utilizado por várias companhias, como a Dell. Do mesmo modo do ATO, o CTO fornece uma customização padrão, onde o consumidor obtém certas variações que podem resultar em produtos diferenciados. A principal diferença entre os dois modelos é que no modelo ATO trabalha com previsões e possui inventário de partes e subconjuntos, enquanto o modelo operacional CTO não possui inventários ou previsões. No CTO as companhias compram componentes e montam o produto final depois de receber o pedido, deste modo o inventário existe na cadeia de suprimentos e não na companhia. Este sistema pode ser muito eficiente, mas o problema do inventário é passado aos fornecedores, que devem controlar os níveis de inventário para estar apto a responder rapidamente a demanda do consumidor.

A chave da vantagem competitiva do modelo é a oferta de um alto número de alternativas disponíveis para satisfazer o consumidor. Este modelo normalmente é aplicado na indústria de computadores, porque ela possui um número baixo de componentes para gerenciar, este modelo aplicado à indústria automotiva, por exemplo, seria de difícil implementação devido ao grande número de componentes a serem gerenciados.

3.5. Logística

A logística envolve a integração das áreas de informações, de transporte, estoque, armazenamento, manuseio de materiais e embalagem (BOWERSOX e CLOSS, 2001). É através de processos logísticos que os materiais fluem pelo sistema de produção de uma indústria e são distribuídos aos consumidores.

Mesmo não sendo uma novidade, a implementação das melhores práticas logísticas é uma das áreas operacionais mais desafiadoras nos dias atuais.

O desafio dos profissionais da área logística é coordenar os conhecimentos específicos das atividades individuais, existentes nas áreas mencionadas, numa competência integrada concentrada no atendimento dos clientes.

Segundo Bowersox e Closs (2001), a responsabilidade operacional da logística está diretamente relacionada com a disponibilidade de matérias-primas, produtos semi-acabados e estoques de produtos acabados, no local onde são requeridos, ao menor custo possível. Apesar de ser dispendiosa, a logística agrega valor quando o estoque é corretamente posicionado facilitando as vendas.

O maior interesse das organizações na logística é pelo fato de que organizações que possuem competência logística de classe mundial ganham em vantagem competitiva, pois proporcionam a seus clientes nível de serviço superior.

As organizações logisticamente sofisticadas buscam desempenho ideal por meio de aperfeiçoamento contínuo. Tais organizações utilizam sistemas de informação capazes de monitorar seu desempenho logístico em tempo real, o que possibilita identificar possíveis falhas operacionais e adotar ações corretivas antes que o produto chegue ao cliente ou informam antecipadamente o cliente sobre as possíveis falhas orientando sobre as soluções alternativas, possuem desempenho acima da média em termos de disponibilidade de estoque, velocidade e consistência de entrega (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

O desempenho logístico acima da média proporciona benefícios para as organizações, pois elas se tornam fornecedores preferenciais e parceiros ideais.

Ou seja, quando as operações logísticas são fortemente integradas e são consideradas uma competência-chave, elas podem servir como base para a obtenção de vantagem estratégica.

Para alcançar a competência logística, a organização precisa coordenar corretamente, um projeto de rede, informação, transporte e estoque (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

3.5.1. Projeto de rede

Encontrar instalações fixas ao longo da rede logística é um problema importante de decisão que dá formato, estrutura e forma ao sistema logístico, define as alternativas e seus custos associados, que podem ser usados para operar o sistema (BALLOU, 2001).

O objetivo do projeto de rede é determinar a quantidade e a localização geográfica de todos os tipos de instalações, fábricas, armazéns, instalações de *cross dock* e lojas de varejo, necessárias para o projeto logístico, o tipo de estoque e o volume a ser armazenado em cada instalação, vinculando os pedidos de clientes aos locais de onde deve ser feita a expedição. Eventualmente as instalações podem ser terceirizadas, mas todas devem ser gerenciadas como parte integrante da rede logística da organização (BALLOU, 2001; BOWERSOX e CLOSS, 2001).

Portanto, todas as atividades relacionadas com o processamento de pedidos de clientes, à manutenção de estoque e ao manuseio de matérias são executadas dentro de uma estrutura do projeto de rede.

É importante reavaliar as instalações ao longo do tempo, para verificar se sua posição ainda proporciona vantagem competitiva, pois a eficiência logística é dependente e limitada pela estrutura de rede.

3.5.2. Informação

Hoje, com a tecnologia existente, a informação é conseguida em tempo real e essa informação permite que sejam criadas soluções únicas e inovadoras para melhorar o desempenho logístico.

O fluxo rápido de informações possibilita entregas mais rápidas a um custo total mais baixo, atendendo um dos objetivos básicos da logística, que é o equilíbrio entre nível de serviço e custo, assim, fica claro que o gerenciamento de pedidos e as previsões são as duas áreas do processo logístico que mais dependem das informações.

Para Bowersox e Closs (2001), o fluxo de informações torna um sistema logístico dinâmico, e a disponibilidade de informações de boa qualidade, em tempo hábil, é um fator-chave para as operações logísticas.

Tão importante quanto coordenar atividades para alcançar a competência logística é entender a relações e dependências existente entre elas, neste caso, quanto mais eficiente for o projeto do sistema logístico de uma organização, mais precisas serão suas informações.

3.5.3. Transporte

Dada uma rede de instalações com capacitação em termos de informação, o transporte é a área operacional da logística que posiciona geograficamente o estoque (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

O transporte é um fator-chave de decisão no processo logístico, pois é a atividade logística de maior custo. As principais decisões de transporte são a seleção de modal, a roteirização do transportador, a programação de veículos e a consolidação de embarque (BALLOU, 2001).

A organização possui algumas opções no sentido de atender as necessidades de transporte, ou seja, pode operar uma frota exclusiva de veículos, pode fazer contratos com empresas transportadoras ou pode contratar o serviço de várias transportadoras que oferecem diversos serviços de transportes de cargas individuais.

O desempenho do transporte é avaliado a partir de três fatores, custo que é o pagamento pela movimentação entre dois pontos geográficos e as despesas relacionadas com o gerenciamento do estoque em trânsito, a velocidade, que é o tempo necessário para completar uma movimentação específica e a consistência que são as variações de tempo necessárias para executar a movimentação específica (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

O estabelecimento da estrutura de rede, instalações, do sistema logístico gera a necessidade de transporte e limita outras possíveis opções de roteirização.

3.5.4. Estoque

Os estoques devem ser mantidos de acordo com o nível desejado de serviço aos clientes, o objetivo é equilibrar o nível desejado de serviço que é oferecido aos clientes com o mínimo de estoque necessário, ou seja, tentando alcançar o menor custo total possível (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

Na tentativa de atingir esse objetivo são projetadas estratégias logísticas e adotadas políticas de estoque que consideram o segmento de clientes, especificidade de produtos, integração de transportes, necessidades relativas a operações baseadas no tempo e desempenho competitivo.

No entanto, a magnitude dos investimentos comprometidos em estoque e a sua proporção, considerando os custos totais, fazem do estoque uma importante área em termos de custo. Já existe um avanço no que se diz respeito ao gerenciamento de estoques devido a estratégias baseadas em prazo, como o JIT (*Just in Time*), entre outros. Há ainda muitas oportunidades de melhoria em relação aos estoques e seus custos, e essas melhorias derivam da capacidade que as cadeias de suprimentos integradas têm de visualização de informações, que possibilita a diminuição da incerteza da demanda, efeito chicote, e do esforço para reduzir os tempos do ciclo de processamento (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

3.5.5. Armazenagem, manuseio de materiais e embalagem

O processo de armazenagem, manuseio de materiais e embalagem fazem parte das outras áreas logísticas apresentadas. Normalmente, as mercadorias necessitam ser armazenadas em momentos específicos do processo logístico, para transportá-las é necessário o manuseio de materiais para carregá-los e descarregá-los de modo mais eficiente. Por fim, os produtos são manuseados de modo mais eficiente quando embalados adequadamente.

Quando efetivamente integrados às operações logísticas, a armazenagem, o manuseio de materiais e a embalagem simplificam e aumentam a rapidez de fluxo de produtos ao longo de todo sistema logístico (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

3.6. Tecnologia de Informações

De posse de uma maior visibilidade da informação, através do uso de tecnologia da informação (TI), as organizações estão se remodelando e também a natureza das ligações entre elas. A informação sempre foi vital para o gerenciamento eficiente da logística. Mas, as novas possibilidades oferecidas pela tecnologia se mostram como uma propulsão para a estratégia da logística competitiva (CHRISTOPHER, 1997).

Segundo Chopra e Meindl (2003), definem a tecnologia da informação como:

“A tecnologia de informação (TI) consiste de hardwares e softwares ferramentas utilizadas por toda a cadeia de suprimentos para agrupar e analisar as informações”.

Uma das principais vantagens da utilização de TI é a ampla visualização da cadeia de suprimentos como um todo que propicia a maximização da lucratividade da cadeia. Chopra e Meindl (2003) consideram que a informação na cadeia de suprimentos é composta pela informação do fornecedor, informação da fabricação, informação da distribuição, varejo e informação sobre a demanda.

A obtenção e o acesso a informações ajudam gerentes na tomada de decisões na cadeia de suprimentos tornando o uso de tecnologia de informação um fator crucial no desempenho da cadeia, isto se justifica pelo fato de que a informação é que fornece dados sobre a demanda, ajuda a determinar cronograma de produção e níveis de estoque.

A Figura 3-6 apresenta o caminho e ressalta a importância da informação na cadeia de suprimento quando mostra que de posse de informações, precisas e disponíveis no momento necessário, a possibilidade da visualização da cadeia como um todo permite tomar melhores decisões, aumentando a possibilidade de sucesso na cadeia de suprimentos.



Figura 3-6. Papel da informação na Cadeia de Suprimentos

Fonte: CHOPRA e MEINDL (2003).

Os sistemas de tecnologia de informação podem ser classificados em uma dimensão vertical que mede o nível de funcionalidade do sistema (nível estratégico, de planejamento ou operações), e sobre uma dimensão horizontal que abrange os estágios da cadeia de suprimento (fornecedor, fabricante, distribuidor, varejista, cliente) formando uma matriz que mostra os papéis das tecnologias utilizadas na cadeia de suprimentos e possibilita a compreensão de como essas tecnologias interagem (CHOPRA e MEINDL, 2003).

Com o objetivo de aprimorar a troca de informações, reduzir tempo e custo, melhorar o nível de serviço e o desempenho das empresas que participam das cadeias de suprimentos são utilizados recursos tecnológicos.

Um das principais tecnologias de informação utilizadas são os sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*), que são sistemas de planejamento de recursos da empresa, que reúnem informações de todas as funções da organização, monitoram matéria-prima, pedidos, cronogramas, estoques (BALLOU, 2001; CHOPRA e MEINDL, 2003).

Os ERP possuem grande capacidade de monitorar transações, mas não possuem capacidade analítica para determinar qual transação deve ocorrer, logo, são mais utilizadas a nível operacional do que em nível de planejamento ou de estratégia.

A inclusão de módulos-chave no ERP como, de finanças, logística, fabricação, atendimento do pedido, recursos humanos e gerenciamento do fornecedor, são utilizados como recursos para ampliar o escopo vertical, fazendo do sistema um dos mais procurados pelas organizações.

3.7. Considerações Finais

A gestão da cadeia de suprimentos é um campo bastante abrangente, e não se tem o propósito de esgotar o tema, já que muito vem sendo escrito e discutido a respeito.

A literatura pesquisada mostra que muitos esforços têm sido feitos no sentido de gerenciar a cadeia de suprimentos e a logística integrada utilizando recursos de tecnologia de informação e de conscientização do papel dos gerentes no desenvolvimento e sucesso da cadeia de suprimentos.

O intuito deste trabalho é de esclarecer e mostrar a importância do gerenciamento da cadeia de suprimentos como um todo, para que posteriormente os conceitos e comportamentos apresentados possam ser analisados em uma Empresa Virtual.

Capítulo 4 .

Cadeia de Suprimentos da Empresa Virtual

4.1. Contexto

Hoje, os sistemas de produção das empresas devem possuir algumas características, como, a capacidade de execução em curto horizonte de tempo, a capacidade de produzir pequenos lotes e rapidez na tomada de decisão, o que é considerado um fator relevante para a sobrevivência da empresa. Ao analisar estes fatores é possível concluir que a agilidade propicia vantagem competitiva no ambiente de manufatura global.

As empresas virtuais, como apresentado anteriormente, são uma manifestação em resposta a esses novos paradigmas, e tem na agilidade uma estratégia para se diferenciar da concorrência e se encaixar nas novas exigências de mercado, através da colaboração. No entanto, sua composição heterogênea e geograficamente distribuída é fonte de problemas no processo de planejamento e controle do fluxo de produção (BANASZAK, SKOLUD e ZAREMBA, 2003).

Segundo Banaszak, Skolud e Zaremba (2003), considerando a complexidade do sistema da empresa virtual é difícil satisfazer todas as necessidades (como, controlar o tempo de fabricação, prazos de entrega, limitações nos tamanhos dos lotes, etc.) dos diversos trabalhos que são simultaneamente processados, e ao mesmo tempo, decidir sobre o melhor roteamento, sobre a distribuição do trabalho, sobre as regras da programação da produção e sobre as estratégias de controle.

Com base na afirmação anterior fica claro que gerenciamento da cadeia de suprimentos da empresa virtual é complexo, pois além de ter que controlar inúmeros fatores a cadeia ainda deve

suportar um alto grau de flexibilidade, assim, o desenvolvimento de ferramentas que ajudam no seu gerenciamento é fundamental para prevenir problemas durante a operação da empresa.

A realização do procedimento de produção da EV é possível graças aos recentes avanços nas áreas de tecnologia de informação, redes de computadores e logística, e a coordenação dos processos e atividades realizados é um elemento-chave para operação da empresa virtual.

A coordenação deve realizar o gerenciamento das dependências entre as atividades e responder adequadamente as informações recebidas de modo a realizar a união dos processos (atividades realizada por cada empresa) tornando-a uma só parte (CAMARINHA-MATOS, 2001).

Shen e Norrie (1999) afirmam que EV e a gestão da cadeia de suprimentos são termos semelhantes, onde, a cadeia de suprimentos da empresa de manufatura pode ser definida como uma rede que inclui fornecedores, fábricas, armazéns, centro de distribuição e varejistas, através da quais matérias-primas são adquiridas transformadas em produtos e posteriormente entregues ao consumidor final, sendo que, a gestão da cadeia de suprimentos está mais centrada em nível de cadeia e está relacionada com o ciclo de vida dos produtos. Já a empresa virtual está centrada na colaboração entre as empresas envolvidas na fabricação, enquanto o comércio eletrônico é responsável pelas encomendas e as transações financeiras entre as empresas envolvidas.

Para Wu e Su (2005), a empresa virtual pode ser vista como uma cadeia de suprimentos estreitamente ligada, por causa do intenso compartilhamento de recursos, habilidades e informações.

4.2. O funcionamento da Cadeia de Suprimentos da Empresa Virtual

Como apresentado anteriormente, a empresa virtual é uma estratégia para ganhar competitividade através da agilidade proporcionada pela colaboração e cooperação de empresas, onde o planejamento, desenvolvimento e a fabricação dos produtos são realizados em lugares heterogêneos e geograficamente distribuídos.

Para Goulart, Bremer e Kalaydjian (1999) o processo de gestão da produção das empresas virtuais está relacionado com o desenvolvimento do produto a ser oferecido, e o produto está

relacionado com a oportunidade de negócios que deu origem a EV. Assim, o tipo de oportunidade interfere no planejamento da produção, pois determina quão estruturado já está o pedido, influenciando no desenvolvimento do produto e na identificação da demanda e dos prazos a serem cumpridos.

A empresa virtual é formada para atender oportunidades de negócios que sejam inovadoras (ou seja, ainda não disponíveis no mercado e a EV pode ser voltada tanto para produtos como para serviços) ou para atender a grandes demandas que não podem ser atendidas por uma única empresa. Assim, a previsão de demanda da empresa virtual deve ser realizada junto aos consumidores, pois são eles que apresentam a necessidade de novos produtos ou serviços.

Para Martinez *et al.* (2001), a demanda do produto ou serviço pode ser obtida de diferentes fontes, podendo ser obtida diretamente com o consumidor (empresas ou indivíduos) ou como resultado de estudos dos mercados emergentes. É importante observar que a natureza da demanda também depende diretamente do nível de customização exigido definindo as características do mercado de atuação da EV.

Uma vez identificada a oportunidade e definida a quantidade a ser produzida deve iniciar-se o planejamento do produto, onde serão definidas suas especificações técnicas, tais como estrutura, quais materiais devem ser comprados e quais devem ser produzidos e roteiros de fabricação.

O planejamento da produção em empresas virtuais deve considerar duas dimensões, global e local. No planejamento global é determinado o nível de produção a ser atingido, levando em consideração a coordenação e planejamento de todos os membros da EV e os resultados logísticos, também são determinadas metas de prazos e custos. No planejamento local é determinada a programação detalhada do chão de fábrica de cada membro considerando suas capacidades. Nessa etapa, quando é realizado o detalhamento das atividades do chão de fábrica de cada membro, surgem os conflitos gerados por possíveis superposições de tarefas, logo é necessário utilizar métodos adequados para gerenciar estes possíveis conflitos e obter um plano final para o sistema produtivo distribuído (Goulart, Bremer e Kalaydjian, 1999).

Após ter realizado o planejamento do produto, a quantidade a ser produzida e o roteiro de fabricação, podem ser emitidas as ordens de produção, definidas as rotas de transporte entre os membros e estabelecidas os materiais necessários.

Para que a EV obtenha sucesso no desenvolvimento do produto é necessário que durante a fase de operação, os membros responsáveis pelo desenvolvimento das diferentes partes do produto mantenham as informações relacionadas à produção atualizadas e disponíveis a todos os parceiros da EV ou para o coordenador, dependendo do acordo de compartilhamento de informação que foram assinados na fase de criação, para que se necessário possam ser tomadas medidas de reprogramação ou reconfiguração para suprir possíveis falhas.

O foco principal quando se inicia o processo de operação deve ser o tempo de resposta ao mercado (*time-to-market*), já que uma das características de EV é disponibilizar rapidamente o produto, exigindo que as atividades, ou subtarefas, sejam executadas o mais simultaneamente possível.

Na análise de Molina, Velandia e Galeano (2007), o conceito de empresa virtual vem com o propósito de atender a demanda relacionada à customização em massa e para isso se baseia na estrutura da cadeia de suprimentos e no princípio do modelo operacional adotado por essa cadeia, que é a manufatura de produtos sob demanda, ou seja, produtos altamente customizados, voltados à necessidade do consumidor final, sem restrições no tamanho do lote, baixo tempo de resposta e a baixo custo. Assim, é necessário analisar cuidadosamente a estratégia que será adotada na cadeia de suprimentos EV.

Para encontrar um modelo de manufatura adequado para EV é necessário realizar uma comparação entre as características do consumidor, do produto, do processo e dos fornecedores dos modelos de manufaturas existentes, com as características do consumidor, produto, processo e fornecedor na manufatura da EV.

Como apresentado na seção 3.4, os modelos de manufatura tradicionalmente encontrados na literatura são o de Fabricação contra previsão de demanda (MTS – *Make to Stock*), Fabricação por encomenda (MTO – *Make to Order*), Montagem por pedido (ATO – *Assembly to Order*),

Projetado por pedido (ETO – *Engineering to Order*) e Configurado por pedido (CTO – *Configure to Order*).

De acordo com Molina, Velandia e Galeano (2007), analisando as características de cada modelo operacional é possível concluir que nenhum destes modelos atende completamente os requisitos exigidos pela EV, ou seja, questões sobre como produzir exatamente o que o consumidor quer, exceto o modelo ETO que não se encaixa nas características necessárias de EV, já que é custoso, e esse custo se reflete no produto, e por possuir alto tempo de resposta de mercado.

Na busca de um modelo operacional adequado a EV, o modelo Construído por Pedido (BTO – *Build to Order*) apresenta características mais próximas às necessidades da EV, ou seja, apresenta características mais próximas a necessidade do consumidor, como tempo, preço, volume, nível de customização, tornando-se uma estratégia de manufatura interessante para a cadeia de suprimentos da EV. As características do modelo BTO são (MOLINA, VELANDIA e GALEANO, 2007):

- Alto nível de customização;
- Projeto altamente direcionado ao consumidor;
- A quantidade, tamanho do lote, não é restritiva;
- Curto ciclo de tempo;
- Não há custo de inventário;
- Custo total do mínimo;
- Elevada integração no fornecimento.

É importante entender que adotar o modelo BTO não significa que todos os membros da EV devem mudar sua estratégia de operação, e sim, que se devem utilizar as características dos modelos tradicionais, através de combinações e integrações adequadas de processos e

competências das empresas que compõem a EV, a fim de alcançar as características do BTO e assim, atender adequadamente a demanda de customização em massa.

A Tabela 4.1 mostra que o modelo BTO pode ser alcançado através da combinação das características dos modelos operacionais tradicionais e que nenhum destes modelos é realmente capaz de satisfazer as necessidades que a EV busca satisfazer.

Tabela 4-1. Composição das características do modelo BTO

	MTS	MTO	ATO	ETO	CTO	BTO
Nível de customização	Não há	Adaptado	Padronizado	Alto	Padronizado	Alto
Direcionamento ao consumidor	Não há	Não há	Não há	Alto	Médio	Alto
Volume	Alto (alto volume)	Médio	Alto (alto volume)	Alto (baixo volume)	Médio	Baixo-alto (alto valor)
Ciclo de tempo	Disponibilidade imediata	Médio	Curto	Longo	Curto	Curto
Inventário	Alto	Baixo	Médio	Não há	Médio	Não há
Custo total	Baixo	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo
Integração no fornecimento	Não há	Não há	Médio	Não há	Alto	Alto

Fonte: MOLINA, VELANDIA e GALEANO, 2007.

A combinação de estratégias operacionais tem início com o Broker no momento da procura e seleção de parceiros e no desenvolvimento dos produtos, por exemplo, o alto nível de customização pode ser alcançado através da integração de competências dos membros da EV, a não restrição quanto ao volume pela configuração das capacidades de manufatura, a redução do custo através da seleção de fornecedores com baixo custo e eficiente planejamento de produção, a redução do ciclo de tempo pela utilização de membros com manufaturas especializadas e para suportar todas estas atividades os recursos de tecnologia de informação capaz de integrar adequadamente as informações de todos os membros, a seguir são apresentadas informações mais específicas sobre alguns itens (MOLINA, VELANDIA e GALEANO, 2007):

- **Alto nível de customização:** Desenvolver produtos que atendem as necessidades dos consumidores é uma tarefa complicada já que uma única empresa não possui competências e capacidade necessária para alcançar esse objetivo. A EV é capaz

de superar esta restrição com a cooperação e colaboração entre parceiros que juntos possuem os requisitos necessários para atender as necessidades do consumidor, superando o máximo nível de customização de uma empresa que trabalha com um modelo operacional tradicional.

- **Volume irrestrito:** O volume ou tamanho do lote não possui restrições devido à capacidade dos membros da EV, dependendo do volume necessário é realizada uma combinação das capacidades dos membros.
- **Redução de custo:** Pode ser obtida contratando empresas com baixo custo de produção, normalmente pequenas e médias empresas, porém estas empresas não possuem capacidade para atender grandes demandas, e a contratação de várias empresas para que possam atender essa demanda, muitas vezes gera alto custo operacional superando a redução de custo esperada. Como a EV tem como proposta suportar a integração tecnológica entre seus membros o custo operacional é reduzido.

A redução de custo total e de custos relacionados com o inventário é alcançada, respectivamente, pelos modelos MTS, ATO e MTO e o modelo BTO busca a redução de custo através da diminuição de inventário obtida com a integração da cadeia de suprimentos da EV já que a manufatura do pedido só é executada quando são realizados os pedidos. Outro fator importante para redução de custos da EV é o planejamento da produção, configuração e alocação das tarefas, que afeta diretamente a capacidade de reduzir inventário.

- **Redução do ciclo de tempo:** A falta de habilidade para executar alguns processos de manufatura compromete o ciclo de tempo de realização do produto. Para garantir a redução do ciclo de tempo a EV seleciona parceiros especializados, que atendam as necessidades dos produtos, e isto aliado à capacidade de gerenciar os membros garante os resultados esperados quanto à redução do ciclo de tempo e consequentemente redução de custos.

4.3. O Processo de Negócio Distribuído

Na formação da EV, a manufatura do produto deve ser apropriadamente decomposta em tarefas ou subtarefas, e ao distribuir essas tarefas entre seus membros, a EV deve considerar a utilização de recursos, o planejamento da produção, o controle da qualidade, a capacidade dos membros, entre outros fatores, ou seja, a EV deve considerar os grupos de atividades necessárias, os recursos essenciais, as competências necessárias para manufatura do produto e a capacidade de cada membro, no intuito de realizar uma distribuição adequada de tarefas.

Assim, empresa virtual distribui entre seus membros as tarefas, ou subtarefas, que foram previamente divididas e planejadas e esta distribuição de tarefas é denominado Processo de Negócios Distribuído (DBP – *Distributed Business Process*). O DBP é um dinâmico e temporário conjunto de processos de negócios (BP – *Business Process*) que juntos dão origem ao produto final da EV. Como os BP's são desenvolvidos por diferentes empresas, a empresa responsável pela coordenação da EV deve supervisionar estas operações evitando o caos no negócio (PEREIRA KLEN *et al.*, 2001).

Mais especificamente, o BP corresponde a um nome genérico para representar o que uma empresa é responsável por realizar num determinado negócio, independentemente da sua complexidade, dimensão e quantidade. Pode referir-se ao processo de manufatura, serviços, transporte, armazenagem, entre outras atividades (PEREIRA KLEN, 1999).

A composição de cada processo ou tarefa é definida a fim de alcançar parcialmente o objetivo e quando bem coordenado, a combinação dos diversos processos de negócios realizados pelos diferentes membros irá conduzir ao alcance do objetivo global da empresa virtual. (CAMARINHA-MATOS, 2001).

A Figura 4-1 apresenta um exemplo de como é utilizado o conceito de DBP, onde mostra que a empresa 2 (nó 2) é, no momento, uma empresa-cliente, enquanto a empresa 1 (nó 1), a empresa 3 (nó 3) e a empresa 5 (nó 5) são seus fornecedores diretos. Cada empresa tem (sub-) BP's sob sua responsabilidade, ou seja, as respectivas atividades da empresa (EA – *Enterprise Activities*). Os BP's representam o valor adicionado por cada empresa na cadeia de produção ao longo do tempo.

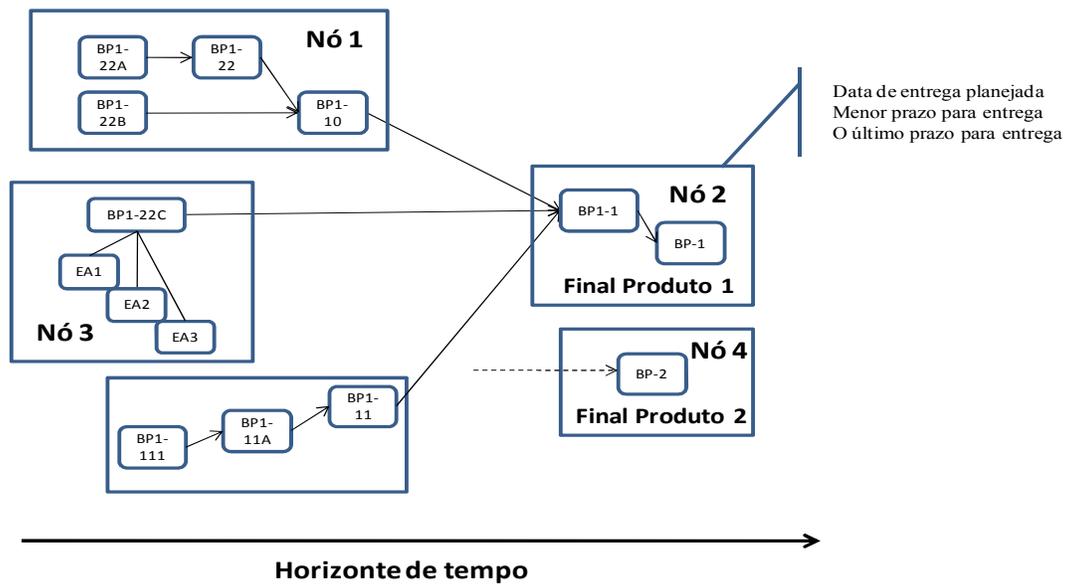


Figura 4-1. Conceito de DBP

Fonte: PEREIRA KLEN *et al.*, 1999.

Ainda de acordo com a figura 4-1 é possível observar que a empresa 1 tem que realizar quatro BP's (BP1-10, BP1-22, BP1-22A e BP1-22B), que são tarefas interdependentes das outras empresas e o processo resultante deve ser enviado para a empresa 2, assim o BP1-1 pode ser manufaturado, dando continuidade a produção, e o produto final BP-1 é posteriormente concluído.

O desenvolvimento de produtos na EV através do processo de negócios distribuídos é possível graças aos avanços logísticos nos últimos tempos, conhecido como logística integrada, onde o fluxo de informações e materiais são vistos com igual importância desde a matéria-prima até o consumidor final, servindo de suporte para uma real integração da EV (PEREIRA KLEN *et al.*, 2001).

4.4. Desafios de Gerenciamento da EV

O gerenciamento da cadeia de suprimentos da EV é uma tarefa complexa, principalmente por ter que suportar a flexibilidade da cadeia de valor. Há também a complexidade do gerenciamento dos processos logísticos, que influenciam diretamente no gerenciamento do

Processo de Negócio Distribuído (DBP) da EV, logo, o coordenador da EV deve estar atento ao desenvolvimento de todos os BP's evitando os conflitos entre os membros, que são muitas vezes causados por eventos inesperados como o atraso, cancelamento ou modificações do BP's, com as mudanças de prioridades do DBP e falhas de comunicação que afetam toda a cadeia de produção da EV.

Logo, são considerados conflitos todos os eventos que não são previamente planejados ou eventos que afetam as datas previstas dos BP's, como atraso ou antecipação dos BP's. A solução destes conflitos normalmente possui protocolos a serem seguidos que realizam desde envios de recomendações aos membros, procura e seleção de novos parceiros até replanejamento de datas com avaliação de resultados (PEREIRA KLEN *et al.*, 2001).

Segundo Pereira Klen *et al.* (2001), a complexidade na resolução de conflitos de ser cuidadosamente considerada, porque mesmo considerando que algumas atividades possuem um intervalo de tempo capaz de suportar acontecimentos inesperados, o que possibilita um rápido restabelecimento do processo de manufatura das tarefas ou BP's, em outros casos, há a necessidade de análises mais complexas para solucionar estes problemas.

Com o propósito de evitar possíveis conflitos, Spinosa, Rabelo e Pereira Klen (1998) sugerem que a coordenação dos BP's deve iniciar a análise e programação das atividades em cada fase do ciclo de vida da EV, como descrito a seguir:

Criação

Nesta fase são selecionadas as empresas que irão realizar os BP's e essas empresas, ou membros, são chamadas nós da rede que juntos compõem o DPB.

1. Formação EV: o conjunto de atividades aponta as empresas que devem compor a EV.

1.1. Elaboração do DBP: São informadas as especificações do DBP, como aspectos técnicos, qualidade, monitoramento, produção, etc., que será produzido pela rede.

1.2. Procura de parceiros: Buscar parceiros que satisfazem as exigências necessárias para desenvolver o DBP conforme as especificações.

- 1.3. Propostas e Seleção de Parceiros: Gerenciar as propostas recebidas para o DBP para futuramente selecionar os parceiros mais apropriados.
- 1.4. Planejamento de fluxo de informações e de materiais do DBP: O processo de trabalho distribuído deve ser cuidadosamente planejado, principalmente as questões logísticas.
- 1.5. Acordos Legais: Os acordos na EV não necessitam estar legalmente selados, porém se há diferenças entre as áreas geográficas onde se encontram os membros é necessário que os acordos sejam assinados.

Operação

Nesta fase é acompanhado o desempenho da EV.

1. Gerenciamento do DBP: Compreende as atividades do DBP
 - 1.1. Avaliação, desempenho e simulação: O DBP precisa ser constantemente verificado para garantir que a EV irá alcançar seus objetivos. Logo, no DBP devem ser considerados os aspectos técnicos, como de produção e logística, sociais e impactos humanos e legais.
 - 1.2. Monitoramento: A base para o gerenciamento da EV esta em obter informações reais dos membros.
2. Supervisão: Atividade responsável por solucionar conflitos que possam ocorrer no gerenciamento do DBP.
 - 2.1. Reconfiguração da EV: A EV pode ser reconfigurada dependendo do conflito enfrentado, e em alguns casos esta reconfiguração implica no replanejamento do tempo de entrega do produto/serviço. A reconfiguração pode ser feita pela inclusão de um novo membro ou pela exclusão de um membro da EV.
 - 2.2. Modificações no contrato do DBP: O DBP pode ter suas especificações alteradas ao longo do processo de operação da EV, estas alterações pode ser relacionadas às datas, especificações técnicas, procedimento de transporte, etc. Em alguns casos, as modificações são realizadas pelo coordenador da EV e o próprio repassa as

especificações e/ou o replanejamento e também pode haver modificações devido à falha de algum membro da EV.

2.3. Avaliação de conflitos: O conflito ocorre quando acontecem problemas que ofende o contrato do DBP. O processo de tomada de decisão pode ser muito complexo, ou seja, dependendo da natureza do problema, de quantos e quais parceiros estão envolvidos, dos processos tecnológicos envolvidos, os custos de avaliação, etc., sendo necessário que o conflito seja adequadamente avaliado para que a EV possa tomar a melhor decisão.

Dissolução

1. **Dissolução Normal:** Quando a execução dos BP's é realizada corretamente, de acordo com o contrato e entregue, termina o DBP e a EV conseqüentemente.
2. **Dissolução Problemática:** o DBP não é concluído com sucesso, isso acontece quando existem conflitos que não são resolvidos.

4.5. Considerações Finais

O funcionamento da cadeia de suprimentos da EV é complexo, pois envolve o gerenciamento de empresas autônomas, heterogêneas e geograficamente distribuídas que deve comportar uma única estratégia de cadeia de suprimentos, a estratégia da cadeia de suprimentos da EV.

Além disso, a estratégia adotada pela cadeia deve ir ao encontro dos objetivos de formação da EV, como o aumento de vantagem competitiva, através introdução de produtos altamente customizados, com alta qualidade, baixo custo e rápida disponibilidade ao mercado, e deve responder as expectativas e necessidades do consumidor final.

O desenvolvimento do produto também é complexo exigindo planejamento e análise. O processo de desenvolvimento tem início já na fase de criação da EV quando o produto é decomposto em tarefas ou BP's necessários e selecionados os parceiros que possuam as respectivas competências exigidas por cada BP's.

Após a definição e distribuição das tarefas e já na fase de operação o gerenciamento dos BP's pelo coordenador da EV é fundamental para alcançar o objetivo final da EV, que é a entrega do produto ao consumidor. O coordenador monitora o desenvolvimento de cada BP's, é responsável por detectar possíveis conflitos e tomar decisões capazes de saná-los.

Assim, o propósito deste capítulo é apresentar uma idéia geral de como é a cadeia de suprimentos da EV, não sendo possível apresentar detalhadamente seu funcionamento devido à complexidade e extensão do assunto. Porém, esta visão geral possibilita a compreensão do objetivo e da metodologia proposta por este trabalho.

Capítulo 5 .

Metodologia

5.1. Contexto

Com base nos objetivos específicos foram apresentados os capítulos 2, 3 e 4, que respectivamente esclarecem o que é a empresa virtual, apresenta conceitos de cadeia de suprimentos e seu gerenciamento em organizações tradicionais, e como é o funcionamento da cadeias de suprimentos e na EV, o que possibilita entender como é seu processo de produção.

Mais especificamente, o capítulo 2 apresentou o contexto econômico e organizacional que deu origem a novas formas organizacionais, entre elas, a empresa virtual, introduziu o conceito de EV e suas principais características. Apresentou as vantagens e os desafios de fazer parte da EV, esclareceu o papel de cada membro e como é sua efetiva participação, mostrou como podem ser classificadas as EV's e quais são as necessidades de infraestrutura para seu desenvolvimento.

O capítulo 3 apresentou o conceito de Cadeia de Suprimentos e do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos que se fundamenta na idéia de que as empresas devem possuir estratégias de integração com seus principais fornecedores e consumidores. Também ressalta a importância e a dificuldade de implementação da estratégia de divisão da informação e da dificuldade de aceitação, dos participantes da cadeia de suprimentos, das novas formas de criar valor.No capítulo 4 foram apresentadas as principais características da cadeia de suprimentos da empresa virtual, como definir a estratégia da cadeia de suprimentos da EV de acordo como suas particularidades e necessidades, introduziu o conceito de DBP e BP utilizados no processo de

manufatura do produto, a complexidade do gerenciamento da cadeia de suprimentos da EV, a existência de conflitos e necessidade de alto nível coordenação.

Neste capítulo, baseado no entendimento dos capítulos anteriores e na literatura existente são identificados os problemas enfrentados pela EV, em especial os problemas logísticos, proposta principal desta dissertação.

Na sequência são apresentados alguns problemas que foram identificados no decorrer deste trabalho, e entre eles é escolhido um problema, o problema em questão será descrito e será proposta uma metodologia, que tem o intuito de auxiliar na sua resolução.

5.2. Especificações do Problema

Como apresentado anteriormente, a empresa virtual surge da possibilidade de explorar uma oportunidade específica de negócio. Após a identificação da oportunidade de negócio, tem início a fase de criação da EV, onde são definidos os membros que participarão do desenvolvimento do produto, através da análise de competências e pela análise de capacidade de cada parceiro, a fim de garantir o mínimo de imprevistos possíveis e a entrega do produto ao consumidor final no menor prazo, já que a proposta da EV é ganhar vantagem competitiva por sua maior flexibilidade e agilidade comparada às empresas tradicionais.

No momento em que a EV termina sua fase de criação e atende todos os requisitos, sejam eles formais ou informais, a configuração inicial da EV está definida. Ainda nesta fase, o produto é decomposto em tarefas ou processo de negócios (BP), que são distribuídos aos membros que compõem a EV, também são definidos os prazos de início da manufatura de cada BP's e seus respectivos prazos de entrega. A roteirização do transporte para a entrega das tarefas e para a entrega do produto final para os consumidores também é definida nesta fase.

Após iniciada a fase de operação o *status* do desenvolvimento da EV deve ser rigorosamente acompanhado, pois se houver algum problema durante a operação, a EV deve se reconfigurar a fim de atender as exigências que lhe foram feitas.

Segundo Drissen-Silva e Rabelo (200_) durante a fase de operação da EV podem aparecer diferentes tipos de problemas, e entre eles são citados:

- Antecipação ou atraso da entrega de produtos/tarefas;
- Parceiros com desempenho abaixo das métricas estabelecidas;
- Tarefas colaborativas não realizadas adequadamente;
- Mudanças nas especificações iniciais dos produtos;
- Substituição de parceiros;
- Cancelamentos de pedidos;
- Entre outros problemas de ordem logística.

Como o objetivo deste trabalho é identificar e abordar um problema logístico da EV foi selecionado o problema de atraso dos BP's/tarefas, que resulta em um aumento significativo de custo para EV. O custo do atraso da entrega do produto/tarefa esta relacionado a penalidades por não cumprimento de prazos junto ao consumidor final e ociosidade dos outros membros.

Diante deste problema, é proposta uma metodologia que analisa custos e tempos para identificar se há ou não a necessidade de reconfigurar a EV, isto é, se há necessidade de incluir novos parceiros para evitar que este atraso se propague até o consumidor final.

Para o desenvolvimento da metodologia foram considerados os objetivos da EV, em especial, o objetivo de aumento de competitividade através de respostas rápidas ao consumidor. O que sugere que a EV é mais eficiente do que as empresas tradicionais.

No entanto, o bom desempenho da EV só pode ser garantido através do acompanhamento e disponibilização da informação para todos os membros. As informações estão relacionadas à demanda, ao processo produtivo dos parceiros, aos recursos envolvidos no processo de produção e o fluxo de materiais de rede. Para que os fluxos de informação na EV sejam entendidos, foi elaborado um mapeamento do processo logístico, como mostra a Figura 5-1.

A Figura 5-1 é composta pelo coordenador da EV, que é responsável pelo gerenciamento e análise das informações, e por mais seis membros, entre eles, fornecedores, fabricantes e um

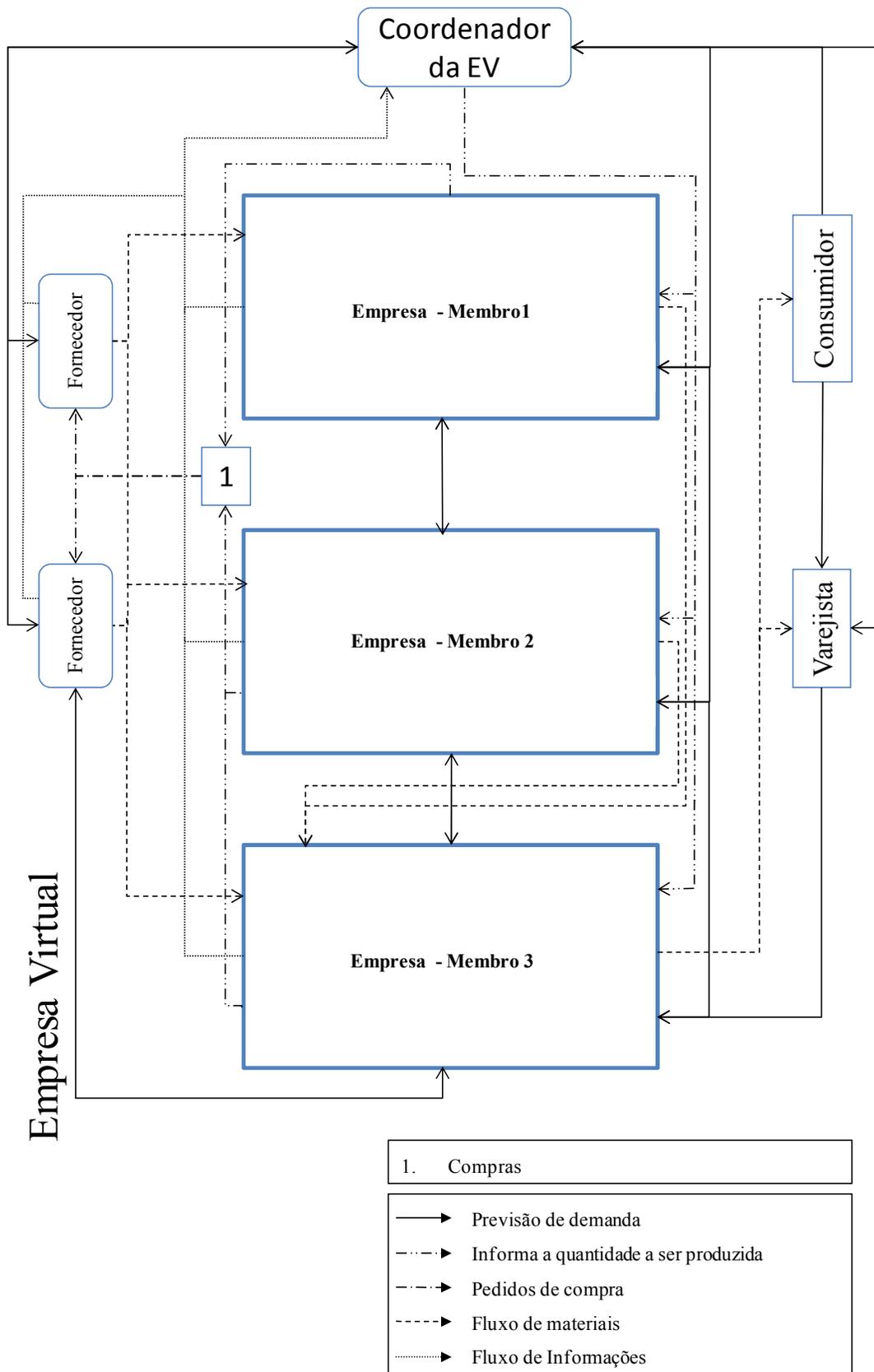


Figura 5-1. Mapeamento do Processo Logístico

varejista, que pode ou não fazer parte da EV, pois a comercialização do produto pode ser realizada diretamente com o consumidor final através de comércio eletrônico.

A primeira representação que deve ser considerado é a representação do fluxo de informação sobre a demanda, através desta informação o coordenador da EV pode acompanhar se as previsões inicialmente realizadas permanecem compatíveis com a realidade de mercado, o que possibilita futuras adequações. As informações sobre a previsão de demanda são compartilhadas com todos os membros, seguindo os acordos de acesso a informação, estabelecidos na fase de criação da EV. Conhecendo a demanda, o planejamento e a distribuição de tarefas, previamente estabelecidas, o coordenador informa a cada membro a quantidade que deve ser produzida e os tempos de entrega de cada tarefa.

A literatura sobre EV's admite que, cada membro é responsável por adquirir as matérias-primas necessárias para o desenvolvimento de sua tarefa e, posteriormente este custo é dividido entre todos os membros da EV (WU e SU, 2005). Já no mapeamento do processo logístico foi considerada, com a finalidade de representação, a existência de um setor de compras responsável pela aquisição de matérias-primas requisitadas pelos membros. Com a informação de pedidos de compras, o setor de compras entre contato com os fornecedores da EV e estes enviam as matérias-primas para os membros fabricantes, que dão início ao processo de produção.

Na Figura 5-1 o membro-1 e o membro-2, ambos fabricantes, representam atividades que devem ser realizadas paralelamente, pois não são atividades dependentes e a realização destas tarefas de modo paralelo contribui para que o produto final seja lançado no mercado com o menor *time-to-market* possível. Já o membro-3, também fabricante, possui dependência com as tarefas realizadas pelos membros- 1 e 2, como representado pelo fluxo de materiais, e o término de sua tarefa só é possível quando os outros membros disponibilizarem as subtarefas de que são responsáveis. O membro-3 finaliza o processo de fabricação e o fluxo de materiais, no caso de produtos acabados, segue para o varejista ou diretamente até o consumidor final.

5.3. Conceituação do modelo

Durante a fase de criação da EV foram definidos os parceiros, a atividade que cada parceiro deve realizar, o tempo de duração das atividades e estimado o custo de realização do produto pela

EV. Ainda nesta fase, a rede de atividades deve ter sido devidamente mapeada e devem ter sido analisadas as interdependências entre elas. Neste trabalho, a identificação das interdependências é realizada através de um grafo direcionado acíclico, denominado G, onde os nós da rede representam atividades e os elos representam as relações de precedência.

Já na fase de operação a EV deve monitorar o desempenho que cada parceiro e estar atenta ao surgimento de problemas, como os apresentados na seção 5.2.

Esta metodologia foi desenvolvida para especificamente para os problemas dos atrasos da entrega de tarefas entre os membros, que conseqüentemente, acaba sendo refletindo no consumidor final.

Assim, o objetivo desta dissertação é apresentar uma ferramenta que auxilie na tomada de decisão frente a problemas logísticos relacionados ao atraso de tarefas. O problema do atraso de tarefas não possui uma solução exata, mas sim soluções que visam minimizar os efeitos dos problemas para a EV.

Inicialmente, são apresentados os principais conceitos utilizados no desenvolvimento desta ferramenta, que são o Problema do Caminho Crítico, o Algoritmo de Dijkstra, o Método *Branch-and-Bound* e cálculo do custo.

5.3.1. Problema do Caminho Crítico

O Problema do Caminho Crítico determina o caminho de maior duração entre a primeira e a última atividade, respeitando a ordem de precedência entre elas.

O algoritmo do Caminho Crítico é simples, os dados de entrada são o conjunto de atividades do projeto, representadas na forma matricial e para cada atividade é atribuído um tempo de duração, como mostrado a seguir (NAHMIA, 2001):

$$\min \sum_{i=1}^m x_i \quad (5.1)$$

$$x_j - x_i \geq t_{ij} \quad (5.2)$$

$$x_i \geq 0 \quad \text{para todo } 1 \leq i \leq m \quad (5.3)$$

Onde:

x_i = tempo mais cedo para o início da tarefa i ;

t_{ij} = tempo necessário para realizar a atividade i e entregar para j .

As restrições do modelo garantem que há tempo suficiente separando uma atividade da outra, ou seja, a atividade j só pode ter início depois que a atividade i terminar, e este início será no tempo maior ou igual ao tempo t_{ij} , a segunda restrição é de não negatividade.

O valor obtido na variável x_m , onde m é a última atividade da rede, representa o menor tempo em que a empresa consegue entregar o pedido.

O Problema do Caminho Crítico desconsidera que possa haver escassez de recursos, mas para o propósito desta dissertação este fato não é um problema, pois no contexto da EV, quando um membro dá início ao processo de manufatura considera-se que toda a matéria-prima necessária já esteja à sua disposição e, caso não esteja gerará atrasos que serão refletidos na rede.

A solução para o modelo foi obtida através da aplicação do Método Simplex.

5.3.2. O Algoritmo de Dijkstra

O algoritmo de Dijkstra pode ser empregado em vários contextos, desde o estudo de uma cadeia de produção até o clássico problema do carteiro viajante que não pode passar duas vezes na mesma rua. Seus dados de entrada podem representar distância entre localidades, custos operacionais, quantidade de recursos, ou qualquer outro elemento que possa ser considerado entre os vértices. Os vértices também podem ser considerados em várias possibilidades podendo ser cidades ou qualquer outra localidade, podem ser estados de um problema dinâmico, entre outros (AHUJA, MAGNANTI, ORLIN, 1993).

O algoritmo mantém uma distância para cada nó i e cada passo, separa os nós em dois grupos, um permanente e outro temporário, e a distância de um nó permanente recebe o valor que representa a menor distância (ou tempo de operação, quantidade, etc) entre o nó s e um de seus nos sucessores (l). Para os nós temporários, a distância é representada pelo limite superior. A idéia do algoritmo é encontrar nós permanentes a partir do nó s . Inicialmente, é atribuído ao nó s o valor zero e aos outros nós infinito, onde o nó s é o nó de partida. A cada iteração é selecionado um nó i que possui menor distância em relação ao nó de partida, assim o nó i se torna permanente. Este processo é realizado sucessivamente até que todos os nós da rede tenham sido percorridos (AHUJA, MAGNANTI, ORLIN, 1993).

A analogia entre o conceito do algoritmo de Dijkstra e sua adaptação utilizada no modelo tem início com sua capacidade de percorrer todos os nós da rede, procedimento necessário para a programação das atividades da EV. Além disso, a rede da EV, neste trabalho, é considerada acíclica e os tempos de operação são não-negativos, requisitos que também são necessários para aplicação do algoritmo de Dijkstra.

Ao percorrer a rede de atividades de um projeto do início para o fim é possível encontrar os tempos mais cedo de início (ES – *Earlier Start*) e de término (EF – *Earlier Finish*) de cada atividade. Uma atividade só poderá ter início quando todas as predecessoras tenham terminado, logo, seu tempo ES será o máximo entre os tempos EF de suas predecessoras. O tempo EF é consequência de seu tempo ES somado a sua duração, sendo que o tempo do início do projeto é considerado zero.

Para encontrar ES e EF, primeiro é realizada a inicialização de todos os tempos ES e EF de cada nó, ambos com valor zero. No nó do início da rede (s), o tempo ES é zero, já o tempo EF é o tempo de operação do nó s (duração(s)). Em seguida são identificados todos os nós a quem o nó s esta ligado (l), se o tempo ES do nó de chegada l é menor ou igual ao tempo EF do nó s , o tempo ES do nó l recebe o tempo EF do nó s , se o tempo EF do nó l é menor ou igual ao seu tempo ES mais seu tempo de duração (duração(l)), então seu tempo EF recebe o valor do seu tempo ES de l mais seu tempo de operação (duração(l)). Este procedimento é realizado para todos os nós ligados a s , e posteriormente, para os outros nós da rede, até que ela tenha sido completamente percorrida.

Do modo análogo, ao percorrer a rede de atividades do fim para o início encontra-se para cada atividade seus tempos mais tarde de início (LS – *Late Start*) e de término (LF – *Late Finish*), o tempo LF de uma atividade é o mínimo entre os tempos LS de suas sucessoras.

Depois de calculados os tempos ES, EF, LS e LF, é possível determinar o tempo de folga que cada atividade possui entre ES e LS. A folga indica a variação de tempo permitida às atividades sem que cause atrasos ao projeto. As atividades que não possuem folga (ES - LS=0) pertencem ao caminho crítico do projeto.

5.3.3. Método *Branch-and-Bound*

O método *Branch-and-Bound* (B&B) é aplicado a problemas onde se quer otimizar a função objetivo de um problema de programação inteira – mista (PIM), como mostrado a seguir:

$$z = \max f^T w + d^T y \quad (5.4)$$

$$Aw + Dy \leq b \quad (5.5)$$

$$w \in R_+^n, y \in Z_+^p \quad (5.6)$$

onde A é uma matriz (m x n), D uma matriz (m x p), f^T um vetor (1 x n), d^T um vetor (1 x p), e b um vetor (m x 1), representam os parâmetros do problema. Os vetores variáveis são w e y com dimensões (n x 1) e (p x 1). R_+^n representa o espaço dos vetores com n componentes reais não-negativos e Z_+^p representa o espaço dos vetores com p componentes inteiros não-negativos (ARENALES *et al.*, 2007).

Para a resolução deste problema o método utiliza o conceito de relaxação linear, que consiste em substituir em PIM $y \in Z_+^p$ por $y \in R_+^p$, que se torna, portanto, um problema de programação linear, ou seja, é construído um novo problema que possui a mesma função objetivo e as mesmas restrições, com exceção das variáveis inteiras. O problema de programação inteira (PI) e sua relaxação linear (PL) são representados a seguir (ARENALES *et al.*, 2007, WOSLEY, 1998).

$$(PI) \quad z = \max\{c^T: Aw \leq b, w \in Z_+^n\} \quad (5.7)$$

$$(PL) \quad \bar{z} = \max\{c^T: Aw \leq b, w \in R_+^n\} \quad (5.8)$$

No caso onde a função objetivo é de maximização, o valor ótimo do problema (PL) é um limitante superior do problema de programação inteira (PI), isto é, $\bar{z} \geq z$. No caso onde a função objetivo é de minimização, o valor ótimo do problema (PL) é um limitante inferior do problema de programação inteira (PI), isto é, $z \geq \bar{z}$.

Uma forma de obter uma solução ótima para o problema PI é utilizar um processo denominado enumeração completa, em que o valor de todas as soluções factíveis é calculado e escolhe-se a de maior valor. O método B&B é uma forma de reduzir o espaço de busca e consiste em usar informações do problema de programação linear (PL) para executar um procedimento chamado enumeração implícita, em que subconjuntos de soluções são implicitamente considerados e descartados, se não contém uma solução ótima, ou então contém soluções ótimas distintas, mas de mesmo valor ótimo. Esses subconjuntos são obtidos pela estratégia dividir e conquistar, que separa o problema original (PI) em problemas menores de mais fácil resolução.

O desenvolvimento do algoritmo de B&B costuma-se associar uma árvore, onde cada nó, esta associado a um problema. A raiz da árvore corresponde ao problema de alocação originalmente dado PI e que se quer solucionar.

A divisão nada mais é do que a divisão do espaço do problema original em problemas menores, isto é, com um menor número de soluções possíveis a serem averiguadas. Isto é feito para problemas de variáveis inteiras fixando-se as variáveis em 0 ou em 1 (WOSLEY, 1998). Assim, são criados novos nós na árvore associados a cada novo problema P_i específico, que possui determinadas variáveis fixas em 0 ou 1 e outras livres para assumir valores inteiros.

Para entender a analogia entre o método de B&B e o modelo desenvolvido neste trabalho, considere que o problema original do B&B corresponde no modelo ao problema utilizado no planejamento da operação da EV. O problema obtido quando há atraso corresponde ao problema de relaxação linear do B&B e, a partir deste problema são encontradas possíveis soluções, que são os nós que compõe o caminho crítico do problema com atraso.

O conjunto de nós que compõe o caminho crítico, e podem ser considerados como possíveis soluções, serão chamados de Nós Ativos, cada nó pertencente a Nós Ativos, resultará em um novo problema, então, é dito que este nó será ramificado.

O modelo desenvolvido também é associado a uma árvore, onde a raiz é o problema com atraso, e os outros nós da árvore estão associados aos Nós Ativos.

Normalmente a busca pelo ótimo na árvore de B&B pode ser realizada em profundidade, se utilizado o conceito de programação de pilha ou por largura utilizando o conceito de programação de fila, no modelo é a busca por largura. Por exemplo, primeiro são resolvidos os problemas originados de cada Nó Ativo do nó raiz, para depois serem considerados os Nós Ativos destes problemas.

O método de B&B desconsidera as soluções de nós, processo chamado de poda de nós, por 3 critérios, (1) inviabilidade (se não satisfizer as restrições), (2) limitante (função classificadora indica que o ótimo não pode ser atingido naquela subárvore) ou (3) otimalidade (ótimo da subárvore já foi encontrado). O modelo adota apenas um critério de poda, admiti-se que o resultado obtido pelo problema do planejamento é o valor máximo a ser considerado, ou seja, é o limite superior (\bar{x}), e a partir deste valor é estipulada uma margem de tolerância (δ), que é a diferença percentual do limite superior em relação ao tempo mínimo admitido para o recebimento do pedido pelo consumidor (x_{min}), que cria um intervalo de valores aceitos. Se durante o processo de ramificação, o problema obtiver resultado abaixo da margem estipulada, ele não será mais ramificado, ou seja, será podado, mas seu valor ainda será considerado. O cálculo da Margem de Tolerância (δ) é apresentado a seguir:

$$\text{Margem de Tolerância } (\delta) = \frac{\bar{x} - x_{min}}{\bar{x}} \quad (5.9)$$

Onde:

\bar{x} = limite superior;

x_{min} = tempo mínimo admitido para o recebimento do pedido.

O cálculo para identificar se um problema específico está dentro da margem estipulada é o mesmo que foi apresentado pela Equação (5.9), onde o valor de x_{min} deverá ser substituído por x_m que representa o menor tempo que a empresa consegue entregar o pedido, neste caso, o valor obtido será chamado de Margem Percentual do Problema ($\delta(P)$).

5.3.4. Cálculo do Custo

Quando é iniciada a fase de operação da EV todas as atividades têm seu tempo de operação já definidos, mas eventos como o atraso ou a inclusão de novos membros foge ao planejamento da empresa e acaba gerando conflitos entre os membros, exigindo que a coordenação da EV tome decisões para amenizá-los.

O objetivo é encontrar soluções que combinem custos e tempos apropriados e, para avaliar estes custos e tempos obtidos por problemas específicos é proposta a heurística de custos.

Os parâmetros e as variáveis do problema são:

Parâmetros

β = penalidade por período atrasado;

α = penalidade/bônus por tempo antecipado;

σ_i = custo de ociosidade da tarefa i ;

ω_i = custo de armazenagem da tarefa i ;

φ_i = custo de operação da tarefa i ;

τ_i = custo para incluir novo membro na tarefa i ;

δ = margem de tolerância;

$\delta(P)$ = margem percentual do problema;

T_f = conjunto de atividades da rede;

Ramifica = vetor que contém o conjunto de nós ramificados do problema;

resp = tarefa que está sendo analisada;

$T_{\text{operação}}$ = tempo que a tarefa analisada (resp) executou a operação;

C_i = porcentagem de tempo de operação do membro incluído na tarefa i ;

x_{min} = tempo mínimo admitido para o recebimento do pedido pelo cliente;

m = última tarefa da rede;

ES = tempo mais cedo de início do problema;

EF = tempo mais cedo de término do problema;

$ES_{\text{padrão}}$ = tempo mais cedo de início planejado;

$EF_{\text{padrão}}$ = tempo mais cedo de término planejado.

Variáveis

Cn_i = tempo para a conclusão da tarefa i ;

W_i = tempo que a tarefa i foi armazenada;

O_i = tempo que a tarefa i ficou ociosa;

L = tempo que a entrega do produto foi atrasada;

E = tempo que a entrega do produto foi antecipada;

Ad_i = tempo de operação adicional da tarefa i ;

C_{total} = somatória dos custos do projeto;

Formulação:

$$C_{total} = \sum Cn * \varphi + \sum O * \sigma + \sum W * \omega + E * \alpha + Ad * \tau + L * \beta \quad (5.10)$$

Sujeito a:

$$Cn(i) = \begin{cases} t_{operação}(resp) & i = resp, i \in Tf \\ duração(i) * (1 - C(i)) & i \in Ramifica, i \in Tf \\ duração(i) & i \neq resp, i \notin Ramifica, i \in Tf \end{cases} \quad (5.11)$$

$$W(i) = \begin{cases} 0 & i \leq resp, i \in Tf \\ \max(0, ES_{padrão}(i) - ES(i)) & i > resp, i \neq m e i \in Tf \\ 0 & \delta(P) \leq \delta, i > resp, i = m e i \in Tf \\ x_{min} - EF(i) & \delta(P) \geq \delta, i = m e i \in Tf \end{cases} \quad (5.12)$$

$$O(i) = \begin{cases} 0 & i \leq resp e i \in Tf \\ \max(0, ES(i) - ES_{padrão}(i)) & i > resp e i \in Tf \end{cases} \quad (5.13)$$

$$Ad(i) = duração(i) * C(i) \quad i \in Ramifica, i \in Tf \quad (5.14)$$

$$L = \max(0, EF(m) - EF_{padrão}(m)) \quad m \in Tf \quad (5.15)$$

$$E = \begin{cases} \bar{x} - x_{mim} & \delta(P) \geq \delta, m \in Tf \\ \max(0, EF_{padrão}(m) - EF(m)) & \delta(P) \leq \delta, m \in Tf \end{cases} \quad (5.16)$$

A Equação (5.11) mostra que para determinar o vetor de tempo de conclusão das tarefas (Cn) é necessário considerar que, primeiro, o tempo de conclusão da tarefa que está sendo analisada (Cn_i, com $i = resp$) é igual ao seu tempo de operação ($t_{operação}$), onde $resp$ e $t_{operação}$ são dados de entrada do algoritmo, segundo, se houve inclusão de um BP para auxiliar na execução da tarefa i , isto é, se i foi ramificada, o tempo de conclusão da tarefa i será seu tempo de duração menos o tempo que o BP incluso é responsável por cumprir (entenda que tempo está relacionado

a quantidade de trabalho) e terceiro, se i não é a tarefa analisada e também não foi ramificado, o tempo de conclusão de i é seu próprio tempo de duração.

Na Equação (5.12) é determinado o vetor de tempo de armazenagem das tarefas (W), onde o primeiro fator considerado é que para toda tarefa i que antecede a tarefa analisada (*resp*) não há armazenamento, pois se admite que estejam sendo cumpridos os prazos planejados. Segundo, se a tarefa i sucede a tarefa analisada (*resp*) e não é a última tarefa da rede, o seu tempo de armazenagem será o maior valor entre 0 e a diferença entre seu tempo mais cedo de início planejado ($ES_{padrão}$) e seu tempo mais cedo de início (ES) do problema específico. Terceiro, se a tarefa i sucede a tarefa analisada (*resp*), é a última tarefa da rede, o valor obtido pelo cálculo da margem percentual do problema ($\delta(P)$) é menor ou igual ao valor da margem de tolerância (δ), isto é, se o problema específico obteve um tempo de entrega do pedido entre o tempo mínimo aceito pelo cliente (x_{mim}) e o limite superior (\bar{x}), o produto não precisará ser armazenado. E por fim, se a tarefa i sucede a tarefa analisada (*resp*), é a última tarefa da rede e o valor obtido pelo cálculo da margem percentual do problema ($\delta(P)$) é maior ao valor da margem de tolerância (δ), ou seja, se o problema analisado obteve um tempo de entrega do pedido menor que o tempo mínimo aceito pelo cliente (x_{mim}), o produto precisará ser armazenado até que atinja o tempo mínimo aceito pelo cliente.

A Equação (5.13) determina o vetor de tempo de ociosidade das tarefas (O), onde são considerados que, primeiro, para toda tarefa i que antecede a tarefa analisada (*resp*) não há ociosidade, pois se admite que estejam sendo cumpridos os prazos planejados. Segundo, se a tarefa i sucede a tarefa analisada (*resp*), o seu tempo de ociosidade será o maior valor entre 0 e a diferença entre seu tempo mais cedo de início (ES) do problema específico e seu tempo mais cedo de início planejado ($ES_{padrão}$).

A Equação (5.14) determina o vetor de tempo adicional de operação (Ad), onde para toda tarefa i , a qual foi incluso um BP para auxiliar em sua execução, Ad é duração da tarefa i pela capacidade percentual (C_i) do membro incluso.

Na Equação (5.15) é determinado se o pedido foi entregue com atraso para o consumidor (L), onde o tempo de atraso é obtido pelo maior valor entre 0 e a diferença entre o tempo mais

cedo de término (EF) da última tarefa (m) e o tempo mais cedo de término planejado ($EF_{padrão}$) da última tarefa (m).

A Equação (5.16) mostra o quanto a entrega do produto foi antecipada (E), para isso é considerado o valor a margem percentual do problema ($\delta(P)$), se ela é maior do que a margem de tolerância (δ), o pedido é armazenado e entregue no tempo mínimo aceito pelo cliente (x_{mim}), logo, o valor de E é dado pela diferença entre o tempo estipulado em contrato para a entrega, o limite superior (\bar{x}) e o tempo mínimo aceito pelo cliente (x_{mim}). Mas, se o valor a margem percentual do problema ($\delta(P)$) for menor ou igual a margem de tolerância (δ), E é obtido pelo maior valor entre 0 e a diferença entre o tempo mais cedo de término planejado ($EF_{padrão}$) da última tarefa (m) e o tempo mais cedo de término (EF) da última tarefa (m).

E a Equação (5.10) calcula, de acordo com as variáveis anteriormente obtidas e de acordo com os parâmetros do problema, o custo total do projeto para o problema específico. Observe que o produto nunca será entregue antes do tempo mínimo aceito pelo cliente (x_{mim}), pois quando o produto é finalizado antes desse tempo ele é armazenado até que possa ser entregue, assim se houver antecipação ela sempre será bonificada.

5.4. Desenvolvimento metodológico

Na tentativa de minimizar prejuízos causados a EV, pelos problemas atraso de tarefas, é proposto um algoritmo baseado no tempo de execução das tarefas, mais especificamente, no menor tempo em que é possível completar as tarefas.

Assim, formulado o problema original de uma EV, o tempo mínimo para conclusão do projeto é obtido através do modelo do Problema do Caminho Crítico, e a partir destes tempos é possível encontrar os tempos ES, EF, LS e LF de cada tarefa, sempre respeitando a ordem de precedência entre elas.

Os dados referentes ao problema original servirão de norteadores para as futuras análises, pois eles são considerados os tempos obtidos no planejamento da EV. Ou seja, este trabalho considera que os valores referentes aos tempos de execução de cada tarefa e o tempo mínimo

para a entrega do produto final da EV, tenham sido previamente estipulados na sua fase de criação ou no início da fase de operação.

Durante a fase de operação, quando o coordenador da EV recebe constantemente informações sobre o andamento da manufatura do produto, são verificados se os tempos realizados por cada membro são adequados quando comparados aos tempos planejados. Se forem identificadas inconformidades, isto é, o atraso na entrega de uma tarefa, é necessário que sejam tomadas decisões capazes de evitar custos desnecessários e possíveis conflitos entre os membros da EV.

Podem ser considerados, como conflitos resultantes da antecipação ou atraso das tarefas, respectivamente, a falta de capacidade dos membros sucessores para recebê-las antes do tempo previsto, o que ocasiona custos relacionados ao armazenamento, e problemas de ociosidade produtiva dos membros sucessores, aumento do custo produção e deve ser considerado de modo especial as penalidades.

A penalidade em relação ao tempo de entrega do pedido deve ser avaliada com especial cuidado. No caso de atraso da entrega, o pagamento de penalidades por quebra de contrato, por exemplo, não se limita somente no prejuízo da quantia paga, mas pode ocasionar prejuízos relacionados à marca da empresa, comprometendo sua capacidade de expansão no mercado, ou até na perda de mercado para outra EV que tenha se formado com o mesmo propósito. Logo, o atraso exige medidas mais emergenciais.

O primeiro passo após a identificação do atraso é recalcular o tempo mínimo de entrega do pedido considerando como tempo de execução da tarefa analisada o tempo com o atraso, se a atividade em questão pertence ao caminho crítico da rede, o atraso é propagado até o último nó, se não, existe uma margem de folga entre o tempo para completar a execução da tarefa e a atividade sucessora, que pode acomodar este atraso, sem atrasar o tempo de entrega do produto.

A metodologia desta dissertação está focada principalmente nos casos em que o atraso compromete o tempo de entrega do produto, e como solução propõem a inclusão de novos parceiros no decorrer da rede para impedir que o atraso chegue ao consumidor final.

A opção por inclusão de novos parceiros não é uma tarefa simples, ela implica na seleção de novos membros e na reconfiguração da rede, conseqüentemente, em custos e na necessidade de refazer o roteamento do transporte, novas negociações de compartilhamento de informação, etc. Assim, a inclusão do novo membro deve proporcionar a EV a conformidade do produto e custos aceitáveis, fortalecendo a imagem da EV no mercado e aumentando suas chances de expansão.

O processo de seleção de novos parceiros deve garantir a escolha da inclusão ótima, neste trabalho, garante a solução sub-ótima devido à margem de tolerância. Uma observação de fundamental relevância para o entendimento do processo de análise, é que o algoritmo não busca somente pelo menor custo, mas sim, pelo menor custo que garanta a entrega do produto final dentro da margem de tolerância.

A Figura 5-2 apresenta o fluxograma que define o algoritmo utilizado para solucionar o problema de inclusão de parceiros e tem como base o conceito do método B&B. O que se fez neste trabalho foi adaptá-lo para solucionar o problema da EV.

Dada uma EV qualquer os dados de entrada do problema para que ele seja analisado pelo algoritmo, são apresentados na Tabela 5-1.

Tabela 5-1. Dados de entrada do algoritmo

Dados	Descrição	Parâmetros
$T (u \times s)$	Matriz	$[0, 1, -1]$
$c (s \times 1)$	Vetor de custos	$[0, 1]$
$b_t (s \times 1)$	Vetor de tempos de duração de cada tarefa	-
Tf	Escalar que indica o número de tarefas da rede,	-
$\varphi (s \times 1)$	Vetor de custo das atividades,	-
$\omega (s \times 1)$	Vetor de custos de armazenagem (quantidade já estabelecida)	-
$\sigma (s \times 1)$	Vetor de custo de ociosidade	-
$\tau (s \times 1)$	Vetor de custo da inclusão de um novo parceiro	-
β	Penalidade pelo atraso de entrega do pedido	-
α	Bônus/custo pela antecipação da entrega do pedido.	-

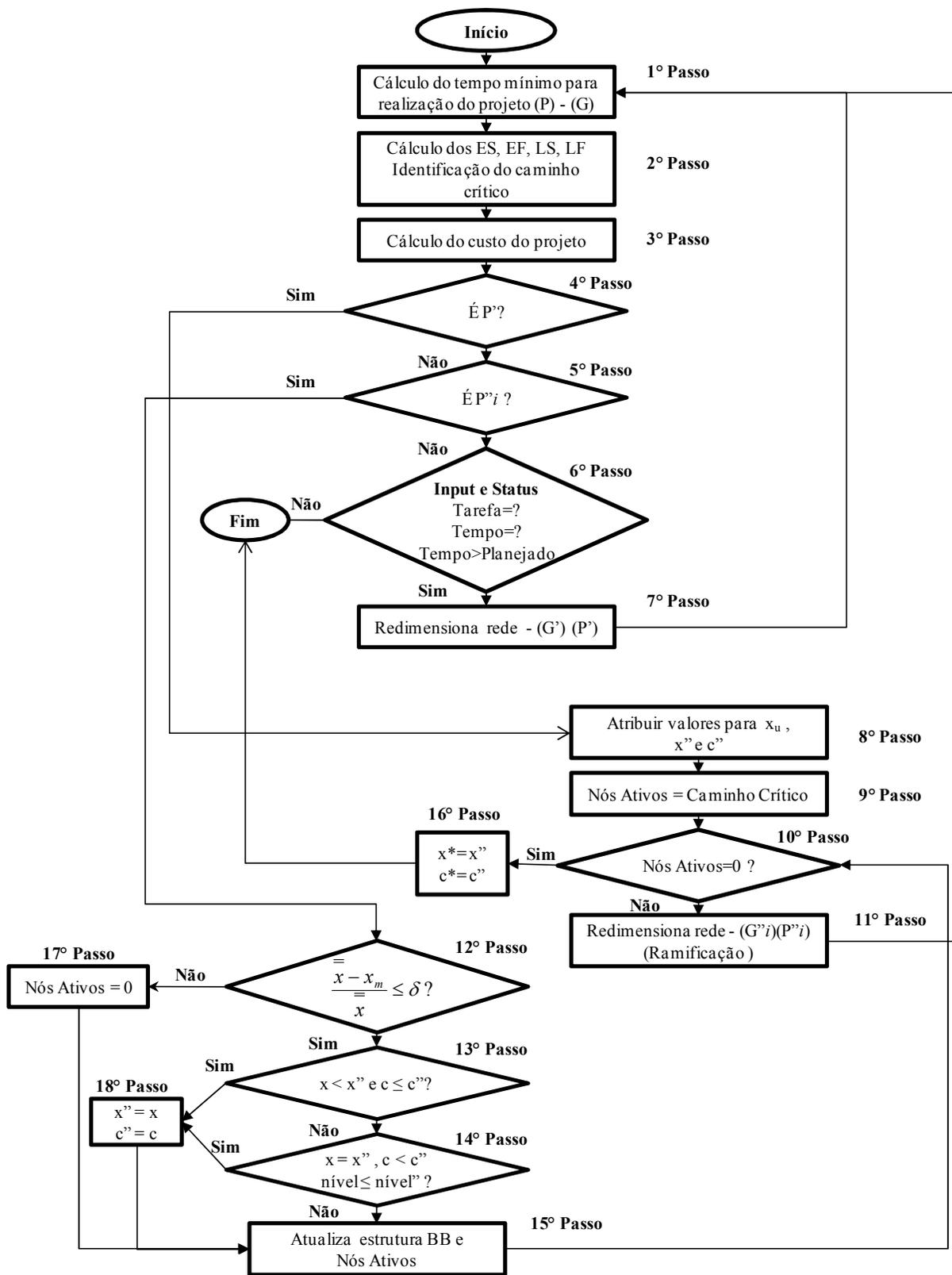


Figura 5-2. Fluxograma representativo do algoritmo

Primeiro Passo

Depois de ler os dados do problema específico, o algoritmo busca pelo tempo mínimo que o projeto pode ser realizado através da *Função Minimiza* que utiliza o *Método Simplex* para encontrar a solução. Logo, a função retorna os tempos mais cedo de início das tarefas, e consequentemente, o menor tempo que a empresa consegue entregar o pedido (x_m), considerando como dados de entrada para:

- O problema original - P: os dados do problema de entrada do algoritmo.
- O problema do atraso - P': os dados que são estabelecidos no momento em que a rede é reconfigurada, criação da rede G'.
- O problema do atraso com inclusão de novos membros - P''_i: os dados que são estabelecidos no momento em que a rede é reconfigurada, criação da rede G''_i.

Segundo Passo

Os tempos ES, EF, LS, LF de cada tarefa são encontrados para:

- O problema original - P: utilizando a *Função Tempos* que está baseada nos dados de entrada do problema original e retorna os valores de ES, EF, LS, LF, a folga e as atividades que formam o caminho crítico da rede.
- O problema do atraso - P': utilizando a *Função Análise de Tempos* que está baseada nos dados que são estabelecidos no momento em que a rede é reconfigurada (criação da rede G'), e retorna os tempos ES, EF, LS, LF, folga e caminho crítico do problema onde o atraso é refletido na entrega do pedido. Nesta função são consideradas somente as atividades se sucedem a tarefa analisada (*resp*).
- O problema do atraso com inclusão de novos membros - P''_i: através da *Função Análise de Tempos com Inclusão de Nó* que está baseada nos dados que são estabelecidos no momento em que a rede é reconfigurada (criação da rede G''_i), e retorna os tempos ES, EF, LS, LF, folga e caminho crítico do problema com atraso e considerando a inclusão do

nó i , Nesta função também são consideradas somente as atividades se sucedem a tarefa analisada (*resp*) e o nó incluído i .

Terceiro Passo

Com o objetivo de encontrar tempos e custos apropriados é utilizada a *Função Custos* que avalia os custos por tempo de duração das atividades, os custos relacionados à antecipação e ao atraso de tarefas. Logo, esta função retorna C_n tempo de conclusão das tarefas, W tempo de armazenamento das tarefas, O tempo de ociosidade dos nós que sucedem a tarefa analisada, L número de períodos atrasados na entrega do pedido, E número de períodos adiantados na entrega do pedido e C_{total} valor a ser pago pela EV de acordo com o problema específico. Sendo que para:

- O problema original - P: que representa o planejamento da EV considerada apenas os custos relacionados ao tempo de operação, isto é, o custo é dado pela somatória do tempo de duração da tarefa i pelo seu respectivo custo.
- O problema do atraso - P': que representa o problema do atraso refletido na entrega, o custo é obtido através da *Função Custo* e é formado pelo custo das operações, onde o tempo de operação da tarefa analisada (*resp*) e o seu $t_{operação}$, obtidos através de *inputs* do algoritmo, pela ociosidade dos membros, devido ao atraso da tarefa analisada e pelo número de períodos que o pedido foi atrasado.
- O problema do atraso com inclusão de novos membros - P'' $_i$: que representa o problema do atraso com a inclusão do nó i (ou dos nós i 's). O custo é obtido pela *Função Custo Incluir* e é formado pelo custo das operações (onde o tempo de operação da tarefa analisada (*resp*) é seu $t_{operação}$), e dependendo do problema haverá uma combinação entre custos de ociosidade, armazenamento, atraso na entrega e bonificação por antecipação da entrega.

Quarto Passo

Neste passo é verificado se o primeiro, segundo e terceiro passos foram calculados para o problema do atraso - P' (originado do sétimo passo). Se sim, vá para o oitavo passo, se não, continua.

Quinto Passo

Neste passo é verificado se o primeiro, segundo e terceiro passos foram calculados para o problema do atraso com inclusão de novos membros - P''_i (originado do décimo primeiro passo). Se sim, vá para o décimo segundo passo, se não, continua.

Sexto Passo

Há a entrada de dados para avaliar a conformidade de uma tarefa específica. Conformidade, neste caso, refere-se à verificação do tempo de conclusão das tarefas se está dentro dos prazos estipulados, já que o processo de manufatura está sujeito a problemas de quebra de máquinas, de refugo, de não conformidade de produtos, entre outros, que apesar de considerados no planejamento podem ultrapassar as expectativas e impedir o cumprimento dos prazos.

Estes dados são entradas externas (*inputs*) são os parâmetros *resp*, que informa qual tarefa foi concluída e será analisada, e *t_{operação}*, que informa o tempo real de conclusão da tarefa. Se o tempo de conclusão for maior que o tempo planejado é iniciado o processo de análise dos tempos e custos baseados no novo valor, se não, fim do algoritmo.

Sétimo Passo

A rede G é reconfigurada e dá origem a uma nova rede denominada G' . A rede G' é composta pelas tarefas da rede que ainda não foram executadas, isto é, pelas tarefas que sucedem a tarefa concluída. Isto acontece porque qualquer tipo de decisão que possa vir a ser tomada só poderá ser aplicada a tarefas que ainda não foram concluídas.

O redimensionamento da rede G é realizado pela *Função Dimensão Matriz*, que dá origem a rede G' e a um novo problema denominado P' . Nesta função a relação de precedência entre as

tarefas é refeita, assim como, são ajustados os tempos de operação, relacionados às restrições, e os custos.

O primeiro, segundo e terceiro passos são refeitos para o problema do atraso - P'.

Oitavo Passo

São atribuídos valores ao limitante superior (\bar{x}), que recebe o valor do tempo de conclusão do problema original, e as variáveis x'' e c'' que são inicializadas com um valor extremamente alto (infinito), e irão guardar o melhor tempo e seu respectivo custo até que todos os nós sejam ramificados e analisados.

Nono Passo

A inclusão de novos parceiros será iniciada através da análise das atividades que compõem o caminho crítico. Assim, as atividades que compõem o caminho crítico e que serão ramificadas são chamadas de Nós Ativos.

Neste passo também é criada uma estrutura denominada *BB (Branch-and-Bound)*, que tem a função de representar a construção da árvore *Branch-and-Bound*. A estrutura é composta por 16 campos, alguns deles são os *Nós Ativos* que recebe os nós do caminho crítico, *Matriz* recebe a matriz atual, *tempo* recebe o vetor de tempos de operação (restrições) atualizado, *custo* recebe o vetor de custos 0 e 1 e *x* que recebe o tempo de conclusão, etc.

Décimo Passo

Para iniciar a análise de inclusão dos parceiros o algoritmo verifica se o vetor *Nós Ativos* não é vazio. Inicialmente, este vetor contém os nós do caminho crítico do problema do atraso - P', e posteriormente o caminho crítico de um problema específico.

Se não é vazio, tem início a inclusão do primeiro nó ativo, e assim será feito sucessivamente, até que todos os nós ativos do problema do atraso - P', ou de um problema específico, tenham sido incluídos, logo, vá para o décimo primeiro passo. Se *Nós Ativos* é vazio vá para o décimo sexto passo.

Cada nó incluído representa uma ramificação da árvore *Branch-and-Bound* e, portanto, um novo problema a ser resolvido.

Décimo Primeiro Passo

Selecionado o nó ativo que será incluído é realizado o redimensionamento da rede do qual origina uma nova rede denominada G''_i e a um novo problema denominado de problema do atraso com inclusão de novos membros - P''_i , onde o índice i indica qual nó foi incluído, o redimensionamento da matriz T' , baseada na rede G' , é realizado pela *Função Dimensão Matriz*.

Os primeiro, segundo e terceiro passos são refeitos para o problema do atraso com inclusão de novos membros - P''_i .

Décimo Segundo Passo

O tempo de conclusão do problema do atraso com inclusão de novos membros - P''_i é analisado considerando uma margem percentual do problema ($\delta(P)$), diferença percentual entre o limite superior é o menor tempo que a empresa consegue entregar o pedido. Logo, se os valores obtidos com a inclusão do nó estão dentro da margem de tolerância, o algoritmo segue para o décimo terceiro passo, se não, ir para o décimo sétimo passo.

Décimo Terceiro Passo

Uma vez que o valor o tempo de conclusão do problema do atraso com inclusão de novos membros - P''_i está dentro da margem de tolerância, ele é um candidato a ser a solução sub-ótima. Neste passo é verificado se os valores encontrados no problema do atraso com inclusão de novos membros - P''_i são melhores que os valores atuais guardados em x'' e c'' . Se o valor de x_m é menor do que o valor de x'' e o c_{total} for menor ou igual ao valor c'' ir ao décimo oitavo passo, se não, ir para o décimo quarto passo.

Décimo Quarto Passo

Ainda considerando o tempo de conclusão do problema do atraso com inclusão de novos membros - P''_i dentro da margem de tolerância é verificado se x é igual a x'' e c_{total} for menor

c'' , deve-se comparar em que nível da árvore está o problema do atraso com inclusão de novos membros - P''_i e o problema que resulta nos valores x'' e c'' . Esta comparação é realizada, pois quanto maior o nível da árvore em que o problema se encontra maior foram às ramificações realizadas o que implica em maior complexidade na resolução do problema. Logo, se o nível do problema do atraso com inclusão de novos membros - P''_i for menor ou igual ao nível'', ir ao décimo oitavo passo, se não, ir ao décimo quinto.

É relevante notar que esta condição é atendida somente se o problema do atraso com inclusão de novos membros - P''_i e o problema que resulta nos valores x'' e c'' estão no mesmo nível.

Décimo Quinto Passo

A estrutura BB é atualizada através da criação de um campo para guardar os dados referentes ao problema do atraso com inclusão de novos membros - P''_i , em seguida os Nós Ativos são atualizados e o algoritmo volta ao décimo passo.

Décimo Sexto Passo

Se todos os nós ativos já foram analisados, os valores sub-ótimos x^* e c^* recebem os valores das variáveis de x'' e c'' , o algoritmo é finalizado.

Décimo Sétimo Passo

Se a margem percentual do problema ($\delta(P)$) obtida com a inclusão do nó i , não estão dentro da margem de tolerância (δ) admitida, continuar o processo de ramificação deste nó resultará apenas em consumo de tempo computacional, pois todos os valores posteriormente obtidos da ramificação do nó i estarão fora do limite de tolerância. Assim, os *Nós Ativos* de i são considerados zero, impedindo futuras ramificações.

Décimo Oitavo Passo

Se os valores de x , c (e nível, no caso do décimo quarto passo) atende as condições imposta, os valores de x'' e c'' são atualizados.

5.5. Análise crítica do modelo

A análise do tempo de execução e de entrega dos BP's na EV envolve muitas variáveis e não é possível, neste trabalho, considerar todos os fatores capazes de descrever com fidelidade a realidade da operação da EV. Assim, é necessário restringir o modelo a situação global da EV, desconsiderando as muitas variações locais. As variações locais acontecem nos membros compõe a EV, a única variação local que é considerada é o atraso no tempo de operação dos membros, que resulta no problema global avaliado.

Neste trabalho é considerado que os membros da EV são responsáveis por executar apenas uma tarefa do projeto e o *status* dos membros só são conhecidos após o término da execução. Para ser possível que o *status* dos membros seja atualizado com períodos de tempo mais curtos é necessário que o modelo seja aperfeiçoado ou, seja acoplado como um módulo de programa maior capazes de realizar análise de produção por período de tempo de cada membro, pois assim seria possível saber se o membro irá conseguir cumprir o cronograma planejado ou se haverá atraso, considerando o que foi realizado até aquele momento.

A obtenção de informações antes do término da operação de um BP torna mais plausível a utilização do modelo proposto, pois ao obter informações de atraso de um BP ao final da operação não há tempo hábil para negociação e inclusão de um novo membro já na atividade sucessora, como é realizado no modelo.

O modelo considera que um BP tem início quando todos os BP's que o precedem tenham terminados, assim haverá BP a espera do término de outros BP's para que haja continuidade no processo de manufatura. Esta espera, desde que esteja dentro do planejamento da EV, não será considerada como BP armazenado.

Ao incluir um novo membro na rede, o BP da rede e o BP incluído trabalhando em conjunto, podem concluir a tarefa antes do tempo planejado e, neste caso, o BP será armazenado até o tempo estabelecido no planejamento. Esta medida é adotada considerando que o membro sucessor não tem disponibilidade de receber o BP.

A aplicação do modelo também é limitada pelo tamanho da rede, sendo eficiente apenas para problemas de tamanho pequeno a moderado tornando-se computacionalmente caro para redes grandes.

5.6. Considerações Finais

O desenvolvimento deste capítulo está diretamente relacionado com os capítulos anteriores, pois a partir do conceito de EV, cadeia de suprimentos, gerenciamento da cadeia de suprimentos e funcionamento da cadeia de suprimentos da EV foi possível identificar alguns dos seus principais problemas logísticos.

A escolha do problema abordado, o atraso das tarefas entre os membros ou atraso da entrega do pedido ao consumidor, foi baseada nos objetivos da EV e entre eles estão, a capacidade de ganhar mercado pela agilidade, qualidade, baixo custo, flexibilidade, etc, considerando que a falta de um ou mais destes diferenciais compromete o desempenho da EV e justifica o desenvolvimento deste trabalho.

Como solução para o problema escolhido, o modelo propôs a inclusão de novos parceiros na EV, isto é, a reconfiguração da EV, que conciliem tempos e custos apropriados. Para escolher entre os possíveis parceiros que podem ser incluídos, a metodologia propôs a adaptação de conceitos tradicionais de modo que as especificidades da EV fossem atendidas.

Em seguida foram apresentados os aspectos conceituais da metodologia através do estabelecimento de analogias entre os modelos tradicionais e os modelos propostos. Com os conceitos que guiaram o desenvolvimento da metodologia esclarecidos foi desenvolvido um algoritmo capaz de encontrar a melhor solução para um problema específico.

Capítulo 6 .

Aplicação

6.1. Contexto

Hoje, a integração dos mercados, a nível mundial, força as empresas a se adaptarem as novas exigências para continuarem competitivas, e entre as muitas mudanças, as empresas devem buscar características que contribuam para sua prosperidade, como, a virtualidade, a conectividade, a capacidade de adaptação, a rapidez de resposta ao mercado, a consciência de mercado e a capacidade de inovação.

O processo de adaptação deve abranger desde o processo produtivo, à adoção de novos modelos de gestão de manufatura apoiados pela tecnologia, a busca por maior flexibilidade e inovação através da detecção de novas oportunidades, adequação rápida dos produtos às necessidades dos clientes até a capacidade de surpreender os clientes com novos produtos.

No setor aeronáutico não foi diferente, a globalização somada às altas exigências de mercado, ao alto custo de produção, ao risco inerente à fabricação de aeronaves e aos longos ciclos de desenvolvimento levou o setor a transformar seus fornecedores em parceiros, onde são compartilhados riscos, responsabilidades e lucros, onde cada parceiro agrega ao produto sua competência essencial num modelo de trabalho conjunto por melhores custos, qualidade e produtividade (PEREIRA, 2003).

O setor enfrenta também o problema da obsolescência acelerada o que implica na necessidade de uma redução significativa no tempo de desenvolvimento do produto. A solução para este problema foi à adoção de engenharia simultânea, de novas tecnologias, como,

automação da manufatura, o uso de manufatura virtual aplicada à concepção do produto, processo produtivo, fluxo de materiais, *layout* e logística, controle informatizado dos recursos e evolução nos sistemas de inspeção, e principalmente a adoção de novos modelos organizacionais e de gestão de manufatura.

Assim, ao contextualizar o setor aeronáutico constata-se potencial para formação de uma EV, como é ilustrado a seguir pelo exemplo da Boeing.

6.2. Exemplo Boeing

Em 2000, a Boeing, situada nos Estados Unidos, ganhou destaque por implementar um modelo de colaboração com seus fornecedores dando acesso a softwares colaborativos que permitiam aos engenheiros trabalharem em conjunto na concepção e produção de aeronaves. Quando foi iniciada a produção da família 787 de aeronaves o processo de colaboração evoluiu para relações de parcerias, e cada membro passou a ser responsável pela concepção e pela entrega de componentes específicos da aeronave. Um dos principais objetivos destas mudanças era reduzir o tempo de produção das aeronaves quando comparado com o tempo obtido pelo modelo de manufatura tradicional, o que permitiria a Boeing a retomar o primeiro lugar como fabricante mundial de aeronaves, que é ocupado por seu concorrente europeu, a Airbus (SPIEGEL, 2006).

Começando com a família 787, a empresa decidiu transformar-se de uma empresa verticalmente integrada que faz a concepção e a maior parte da manufatura dos produtos, em uma empresa virtual que depende fortemente de parceiros e fornecedores. Essa transformação, se bem sucedida, poderá ajudar a Boeing na redução significativa de riscos. Também poderá ocasionar uma evolução em toda a indústria aeroespacial e de defesa. Primeiro, no entanto, a Boeing deve obter êxito na implantação de uma série de novos processos e sistemas, e, talvez o mais desafiador, convencer os fornecedores a transformar a forma como eles trabalham com a Boeing (MOAD, 2007).

Uma das expectativas da empresa é expandir seu mercado de atuação ao proporcionar ao consumidor mais conforto através de ambientes projetados com alta tecnologia, decolagens e pousos mais silenciosos e maior velocidade em comparação com aviões de mesmo porte. Mas, para garantir o sucesso do projeto é necessário coordenar os muitos sistemas e parceiros

espalhados pelo mundo, sincronizar demanda/oferta e as informações dos vários parceiros, estabelecer modelo de risco compartilhado e estabelecer conjunto coordenado de processos logísticos até que todos os componentes do avião cheguem a Boeing em Everett, Washington, para a montagem final (E2open, 2007).

Mesmo realizando as mudanças capazes de viabilizar o projeto da empresa, a Boeing ainda tem que lidar com muitos desafios como, o de assegurar que todos os parceiros tenham acesso e visibilidade de informações, o que possibilitaria prever atrasos, caso algum parceiro não seja capaz de cumprir o cronograma de entrega. É fundamental para a Boeing que todas as tarefas cheguem ao mesmo tempo para a montagem final, pois se uma tarefa atrasa há pouco tempo e espaço para a Boeing conseguir armazenar os outros componentes, já que são de grande porte. Se um parceiro não pode cumprir a data de entrega, a Boeing tem que ajustar o calendário e possivelmente retardar a chegada das outras tarefas (E2open, 2007).

O trabalho de concepção do modelo 787 foi realizado colaborativamente e depois distribuído para seus parceiros, localizados no Japão, Itália, Coreia, e Grã-Bretanha, Texas, Carolina do Sul, Califórnia, Kansas, Oklahoma, entre outros, responsáveis por desenvolver os detalhes do projeto e construir os componentes.

Entre as partes estruturais do avião, apenas a barbatana vertical (*tail fin*) foi desenvolvida pela Boeing nos Estados Unidos as outras partes foram enviadas por meio de transporte rodoviário, ferroviário, marítimo e em aviões. A Figura 6-1 mostra como foi realizada a divisão dos componentes do avião e os respectivos países de origem.

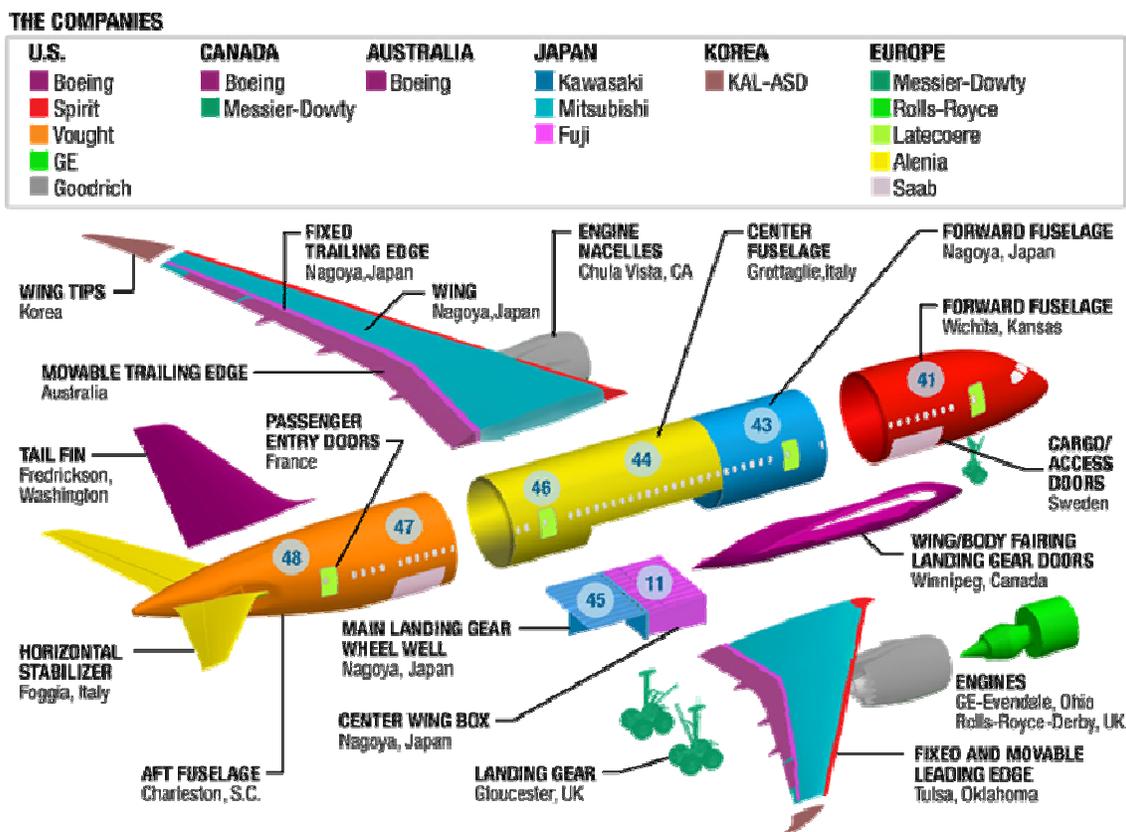


Figura 6-1. Representação Boeing 787 por componentes e países de origem

Fonte: THE SEATTLE TIMES, 2005.

A complexidade do trabalho colaborativo fica evidente diante deste projeto que depende alta tecnologia e precisa coordenar um número grande de parceiros para que o objetivo final seja alcançado.

Ao analisar os resultados obtidos pela empresa, até o momento, constata-se que a empresa tem passado por muitos problemas que são refletidos na forma de atraso da entrega das aeronaves que já chega há quase dois anos, isto, devido a problemas de fabricação, greves de trabalhadores e atrasos nas entregas de subtarefas.

Segundo o The Seattle Times (2007) em 2007, ano em que a Boeing anunciou os primeiros seis meses de atraso, analistas estimaram que, a empresa chegaria a pagar 1 bilhão de dólares em despesas adicionais, dos quais cerca de 200 milhões de dólares eram de penalidades junto as companhias ou clientes. Em junho de 2009 a empresa anunciou mais um atraso no primeiro voo

da aeronave e não divulgou uma nova data, a divulgação dos valores que refletem o impacto do novo atraso está previsto para Julho de 2009 (BOEING, 2009).

O caso da Boeing ilustra um cenário de possível aplicação da metodologia proposta por este trabalho, onde as decisões corretas poderiam amenizar os impactos causados pelos constantes atrasos.

6.3. Aplicação da metodologia

A aplicação que será apresentada neste trabalho é um caso hipotético, ou seja, apenas se baseia em um caso real, e tem com objetivo de demonstrar o funcionamento da metodologia.

Ao ser identificada uma oportunidade de negócio no setor aeronáutico é criada uma EV para atendê-la. Durante sua fase de criação são identificadas as necessidades do projeto e posteriormente, selecionados os parceiros, definida a quantidade que será produzida, os materiais que devem ser comprados, as especificações técnicas do produto, a estrutura, divididos os BP's, estipulados o tempo de duração necessário para a conclusão de cada tarefa, tornando possível definir contratualmente, com o cliente, o tempo para a conclusão do projeto.

Neste caso será considerado o desenvolvimento de apenas uma aeronave, no entanto, isso não limita a metodologia, sendo possível aplicá-la a qualquer quantidade, também é considerado que os materiais necessários estão disponíveis aos membros da EV conforme suas necessidades e a não disponibilidade pode causar atrasos do BP.

Na Figura 6-2 é apresentada a estrutura do projeto e os componentes que darão origem aos BP's.

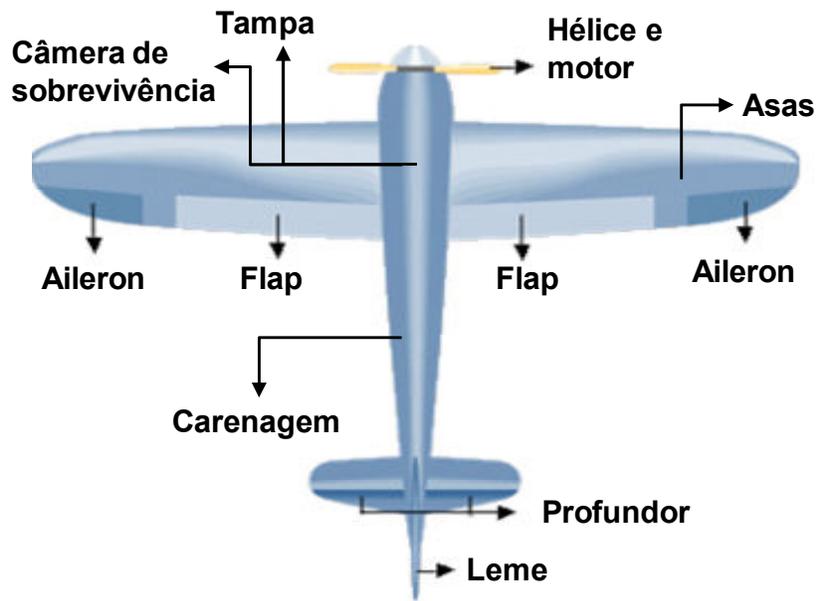


Figura 6-2. Estrutura da aeronave

Depois de definida a estrutura da aeronave é possível identificar e dividir os BP's do projeto, com as tarefas divididas, o tempo de duração, em unidade de tempo (U.T), de cada uma pode ser definido e também sua relação de precedência, como mostra a Tabela 6-1.

Tabela 6-1. Relação de tarefas, tempo de duração e precedência

Tarefa	Descrição	Duração (U.T)	Precedência
A	Planejamento	3	-
B	Asas	10	A
C	Carenagem	2	A
D	Aileron e flap	2	B, C
E	Câmera de Sobrevivência	1	C
F	Motor	15	C
G	Trem de pouso	1	E
H	Bico	1	E, F
I	Montagem final e teste	4	D, G, H

Na fase de criação também são estimados os custos do projeto, e entre eles estão, os custos para a realização dos BP's, os custos de possíveis armazenagens, de ociosidade, caso haja espera, e os custos de inclusão de possíveis novos parceiros caso haja necessidade de reconfiguração da

EV. Os custos contratuais e os critérios utilizados para penalização e/ou bonificação também são estipulados, são eles:

- I. A data de entrega estipulada no contrato é considerada como o prazo máximo, e se esse prazo não é cumprido deverão ser pagas penalidades, contratualmente previstas, por unidade de tempo atrasada.
- II. Após definida a data de entrega do projeto é estipulada uma margem de tolerância (δ), ou seja, um tempo mínimo para a entrega. Se a entrega do produto é antecipada, e está dentro desta margem a EV é bonificada, porém se a entrega é realizada antes do tempo mínimo, estipulado pela margem de tolerância (δ), a EV é penalizada por período antecipado.
- III. Sendo o custo do projeto calculado em 170.000,00 U.M (unidade monetária), a penalidade no caso de atraso será de 85.000,00 U.M e a penalidade ou bonificação no caso de antecipação é de 42.500,00 U.M.

A Tabela 6-2 apresenta os custos das atividades, de armazenagem, ociosidade e de inclusão de novos parceiros, no caso de reconfiguração EV, os custos são apresentados em U.M por período.

Para a definição dos custos partiu-se do princípio que o BP F, o motor, é o item mais caro e que ele representa 35% do custo total do projeto, isto é, 35% representa o valor da operação concluída, logo, custo para 15 U.T. A partir deste valor e de acordo com o grau de complexidade do outros BP's, foram atribuídos os valores das outras atividades. Para os custos de armazenagem, ociosidade e inclusão foram utilizadas o mesmo critério, considerando que a ociosidade do BP F corresponde a 25% do custo da atividade, a armazenagem corresponde a 20% e a inclusão 30%, e conseqüentemente, atribui-se valores aos outros BP's.

Tabela 6-2. Custos relacionados ao projeto

	Atividade (U.M/período)	Armazenagem (U.M/período)	Ociosidade (U.M/período)	Inclusão (U.M/período)
A	1.700,00	971,43	1.214,29	1.457,14
B	2.550,00	1.457,14	1.821,43	2.185,71
C	5.950,00	3.400,00	4.250,00	5.100,00
D	2.550,00	1.457,14	1.821,43	2.185,71
E	5.100,00	2.914,29	3.642,86	4.371,43
F	3.966,67	2.266,67	2.833,33	3.400,00
G	5.100,00	2.914,29	3.642,86	4.371,43
H	1.700,00	971,43	1.214,29	1.457,14
I	12.750,00	7.285,71	9.107,14	10.928,57

6.3.1. O planejamento da EV

Definidos os BP's e sua relação de precedência, a rede (G) que representa o processo de manufatura da EV pode ser traçada. São criadas atividades fictícias de início e fim, que podem ser incluídas em qualquer projeto, e tem como objetivo de auxiliar na futura reconfiguração da rede, onde obrigatoriamente, devem ser atribuídos aos seus tempos de duração e aos seus custos valor zero, a rede (G) da EV é apresenta a Figura 6-3.

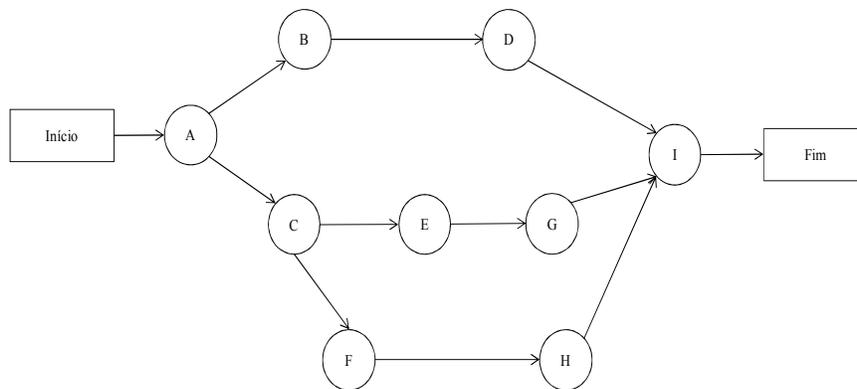


Figura 6-3. Formação original da EV

Depois de estabelecidos os dados iniciais, o problema do caminho crítico (P) é modelado para de acordo com a rede (G) e mostrará, baseado no tempo em que membro leva para realizar seu respectivo BP's, o menor tempo em que a EV poderá disponibilizar o produto ao cliente. O problema modelado é apresentado a seguir (consulte a seção 5.3.1 para maiores explicações sobre o Problema do Caminho Crítico):

$$(P) \quad \min z = x_A + x_B + x_C + x_D + x_E + x_F + x_G + x_H + x_I \quad (6.1)$$

Sujeito a:

$$x_A - x_{Inicial} \geq 0 \quad (6.2)$$

$$x_B - x_A \geq 3 \quad (6.3)$$

$$x_C - x_A \geq 3 \quad (6.4)$$

$$x_D - x_B \geq 10 \quad (6.5)$$

$$x_E - x_C \geq 2 \quad (6.6)$$

$$x_F - x_C \geq 2 \quad (6.7)$$

$$x_I - x_D \geq 2 \quad (6.8)$$

$$x_G - x_E \geq 1 \quad (6.9)$$

$$x_H - x_F \geq 15 \quad (6.10)$$

$$x_I - x_G \geq 1 \quad (6.11)$$

$$x_I - x_H \geq 1 \quad (6.12)$$

$$x_{Final} - x_I \geq 4 \quad (6.13)$$

$$x_i \geq 0 \text{ para todo } Inicial \leq i \leq Final \quad (6.14)$$

Através do algoritmo proposto são obtidos os resultados do modelo, que serão utilizados como referência de tempo neste trabalho, e guiarão os acordos e a produção da EV. O valor expresso na variável x_{Final} representa o tempo mínimo que o produto pode ser entregue ao consumidor, neste caso, o valor obtido é 25 U.T.

Determinado o tempo de duração do projeto, o cliente pode definir o tempo mínimo em que pode receber o pedido, neste caso, o tempo estipulado foi de 23,75 U.T, ou seja, o cliente não pode receber a aeronave em um período menor do que 23,75 U.T e terá prejuízos se não receber a aeronave até o período estipulado de 25 U.T.

Em vista do porte de uma aeronave o cliente deve estar preparado para recebê-la, logo, não será considerada a possibilidade de entrega do avião antes do tempo mínimo, 23,75 U.T, e caso o produto seja concluído antes deste prazo, ele será armazenado até que possa ser entregue.

Definido o prazo máximo de entrega, considerado como limite superior que é de 25 U.T, e o tempo mínimo que o cliente pode receber o produto, a margem de tolerância (δ) é calculada de acordo com a Equação (5.9) e o valor obtido é $\delta = 0,05$ (consulte a seção 5.3.3).

Em seguida são definidos pelo algoritmo, os tempos ES, EF, LS, LF e de Folga que serão utilizados para a programação da manufatura junto aos membros da EV, pois definidos os tempos ES, EF, LS, LF e Folga os membros têm condições de se prepararem para receber os BP's e dar continuidade ao processo de agregação de valor. Estes tempos serão a referência para a EV e o *status* de cada BP's será comparado aos valores apresentados na Tabela 6-3.

Tabela 6-3. Programação das Atividades - Padrão

Atividade	ES (U.T.)	EF (U.T.)	LS (U.T.)	LF (U.T.)	Folga (U.T.)
Inicial	0	0	0	0	0
A	0	3	0	3	0
B	3	13	9	19	6
C	3	5	3	5	0
D	13	15	19	21	6
E	5	7	18	20	13
F	5	20	5	20	0
G	7	8	20	21	13
H	20	21	20	21	0
I	21	25	21	25	0
Fim	25	25	25	25	0

O tempo LS indica o quanto o início da produção pode ser prorrogada, e conseqüentemente o tempo final (LF), sem interferir no tempo de entrega do produto. Esta prorrogação de tempo é possível apenas para algumas atividades, e isto é acontece porque estas atividades têm uma folga entre os tempos ES e LS, ou EF e LF. Há atividades cujas folgas são zero e isso indica as atividades que compõe o caminho crítico da EV, ou seja, as atividades do caminho crítico não podem ser prorrogadas e qualquer variação em seu tempo de produção será diretamente refletida no tempo final de entrega do produto.

Então, de acordo com os valores de folga da Tabela 6-3 as atividades que compõe o caminho crítico da EV são representadas na Figura 6-4 pelo caminho destacado.

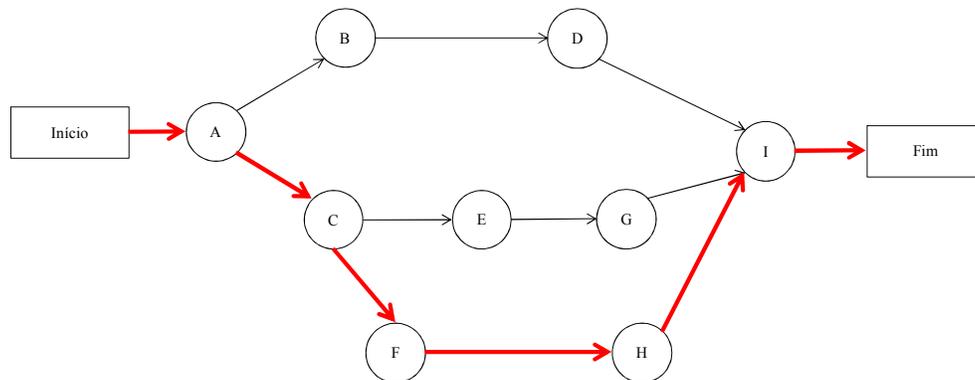


Figura 6-4. Representação do Caminho Crítico da EV

O próximo passo é o cálculo do custo para EV completar o projeto, como até este momento o planejamento é a referência, o custo se limita ao valor da execução dos BP's que é obtido através do tempo de duração de cada atividade (Tabela 6-1) por seu custo (Tabela 6-2), logo o valor obtido pelo algoritmo para o custo do projeto é de 170.000,00 U.M, como mostrado anteriormente na seção 6.3.

Assim, o planejamento das atividades e os custos de referência para a EV estão concluídos.

6.3.2. O *status* do processo de manufatura

Durante a fase de operação da EV é necessário acompanhar o desenvolvimento de cada BP's a cada intervalo de tempo, neste trabalho é considerado que após o término de cada BP's será enviado ao coordenador da EV o *status* da atividade, lembrando que o *status* do BP é enviado após sua conclusão devido à limitação do algoritmo (consulte seção 5.5).

Então, quando o BP - A é finalizado o tempo do término de execução da tarefa, seu *status*, é enviado para o coordenador da EV que irá verificar se ele foi realizado dentro do tempo previsto, de acordo com a Tabela 6-1.

O coordenador recebe a informação que o BP – A foi finalizado em 5 U.T., e o algoritmo verifica que o BP está atrasado, pois seu tempo de conclusão foi planejado para 3 U.T. Com o tempo de conclusão do BP maior que o tempo planejado, o algoritmo inicia o processo de redimensionamento da rede da EV, retirando a atividade já concluída, pois a rede deve ser

analisada deste BP em diante. A rede redimensionada é denominada G' e é apresentada pela Figura 6-5 (a), os outros itens da Figura 6-5 representam o redimensionamento da rede no caso da análise de outras tarefas.

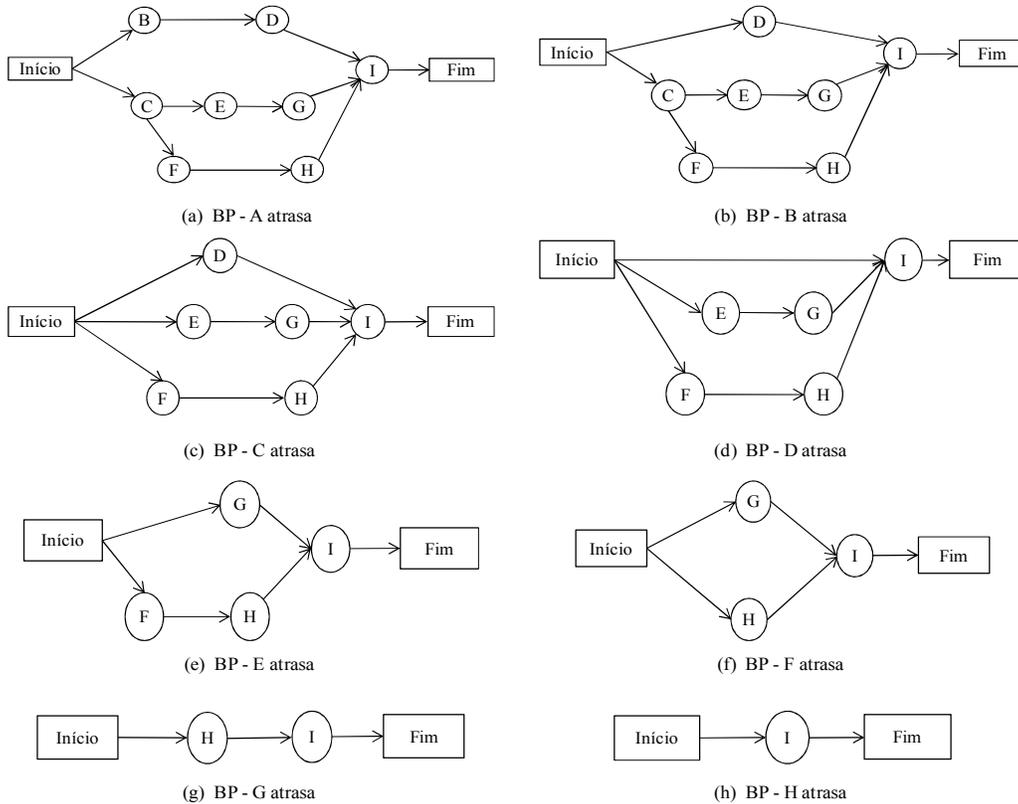


Figura 6-5. Representação do redimensionamento da rede - G'

O algoritmo reconstrói o problema do Caminho Mínimo de acordo com a rede G' da Figura 6-5 (a) e dá origem a um novo problema, denominado P' . Em P' , o BP – A não é considerado, pois já é um fato ocorrido, mas seu tempo de conclusão é considerado e representa o tempo mais cedo para o início do BP – B e C, que são atividades diretamente ligadas ao BP – A. O problema P' é apresentado a seguir, onde as alterações, comparado ao problema P , são basicamente na função objetivo (6.15) e nas restrições (6.16) e (6.17).

$$(P') \quad \min z = x_B + x_C + x_D + x_E + x_F + x_G + x_H + x_I \quad (6.15)$$

Sujeito a:

$$x_B - x_{Inicial} \geq 5 \quad (6.16)$$

$$x_C - x_{Inicial} \geq 5 \quad (6.17)$$

$$x_D - x_B \geq 10 \quad (6.18)$$

$$x_E - x_C \geq 2 \quad (6.19)$$

$$x_F - x_C \geq 2 \quad (6.20)$$

$$x_I - x_D \geq 2 \quad (6.21)$$

$$x_G - x_E \geq 1 \quad (6.22)$$

$$x_H - x_F \geq 15 \quad (6.23)$$

$$x_I - x_G \geq 1 \quad (6.24)$$

$$x_I - x_H \geq 1 \quad (6.25)$$

$$x_{Final} - x_I \geq 4 \quad (6.26)$$

$$x_i \geq 0 \text{ para todo } Inicial \leq i \leq Final \quad (6.27)$$

O algoritmo analisa o novo problema e obtêm que o tempo mínimo que o produto poderá ser entregue ao consumidor é de 27 U.T, o que implica no não cumprimento do prazo previsto por contrato. Também são analisados os tempos ES, EF, LS, LF, Folga e custos para avaliar os impactos do atraso do BP – A nos outros membros da EV. Os tempos ES, EF, LS, LF e as folgas são apresentados na Tabela 6-4.

Tabela 6-4. Programação das Atividades - Atraso refletido na entrega

Atividade	ES (U.T.)	EF (U.T.)	LS (U.T.)	LF (U.T.)	Folga (U.T.)
Inicial	0	0	0	0	0
B	5	15	11	21	6
C	5	7	5	7	0
D	15	17	21	23	6
E	7	9	20	22	13
F	7	22	7	22	0
G	9	10	22	23	13
H	22	23	22	23	0
I	23	27	23	27	0
Fim	27	27	27	27	0

Comparando a Tabela 6-3 e a Tabela 6-4 é possível observar, a partir do BP – A (na Tabela 6-3), que o atraso influência toda a rede, as tarefas sucessoras de A, que são B e C, têm início quando a atividade A termina, logo, iniciarão em 5 U.T e não 3 U.T, seus términos também serão alterados, e assim sucessivamente até o final da rede, o que implica em ociosidade dos parceiros,

que estarão esperando pelos respectivos BP's no tempo planejado, e no pagamento de penalidades junto ao cliente.

Neste trabalho são considerados fatores impactantes nos custos da EV o aumento da duração das atividades (em U.T.), ociosidade dos membros e custos de armazenamento e o atraso da entrega do produto ao consumidor. Na Tabela 6-5 são mostrados os tempos de duração de atividades, armazenagem e ociosidade obtidos pelo algoritmo na análise de comparação dos tempos padrão e dos tempos após o atraso, e que serão utilizados para o cálculo do custo.

Observando a Tabela 6-5 conclui-se o maior impacto no custo será causado pela ociosidade dos membros, que terão capacidade, mão-de-obra e recursos parados a espera do BP precedente. Como o tempo de duração do BP – A passa a ser 5 U.T seu custo de execução também será maior.

Tabela 6-5. Fatores impactantes no custo - Atraso refletido na entrega

Atividades	Duração (U.T.)	Armazenagem (U.T.)	Ociosidade (U.T.)
Início	0	0	0
A	5	0	0
B	10	0	2
C	2	0	2
D	2	0	2
E	2	0	2
F	15	0	2
G	1	0	2
H	1	0	2
I	4	0	2
Fim	0	0	2

Avaliados todos os tempos, o algoritmo informa que o custo final do projeto é de 405.166,73 U.M que significa um acréscimo de 235.166,73 U.M comparado ao valor inicial, lembrando que este valor é apenas o reflexo financeiro em termos de operação e não estão sendo considerados os custos para a resolução dos conflitos entre os membros e de problemas como perda de mercado, desvalorização da imagem da empresa, etc.

6.3.3. Análise da inclusão de novos membros

Como solução para reduzir os custos diretos e indiretos causados pelos atrasos é proposta a análise de tempo e custo considerando a inclusão de novos membros na EV.

O critério para inclusão de novos membros considera o caminho crítico da rede, já que a mudança de tempo nestas atividades é refletida diretamente no tempo da entrega. O caminho crítico da rede apresentada na Figura 6-5 (a) e de acordo com o algoritmo (Tabela 6-4) é formado pelas atividades C, F, H e I, como mostra a Figura 6-6.

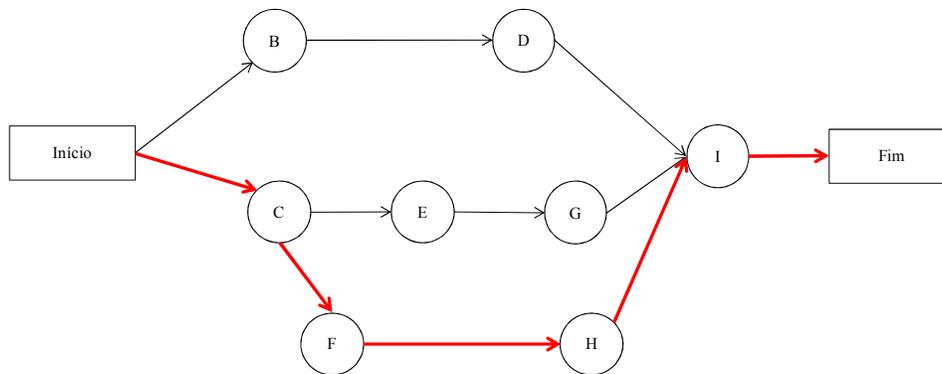


Figura 6-6. Representação do Caminho Crítico – Atraso refletido na entrega

O algoritmo desconsidera as atividades fictícias de Início e Fim, pois elas não influenciam no resultado final. Assim, de acordo com o caminho crítico apresentado na Figura 6-6, a primeira atividade a ser considerada é o BP - C e o novo membro incluído para auxiliar na execução desta atividade é chamado de BP - C'.

Neste trabalho é considerado que os membros incluídos são responsáveis por 50% da produção o que implica que o tempo de execução da tarefa realizada em conjunto por C e C', é metade do tempo original, logo, se tempo de duração da atividade C é de 2 U.T, C passará a concluir sua parte da tarefa em 1 U.T e C' também.

Observe na Figura 6-7 como fica a rede G' após seu redimensionamento para a inclusão do BP - C' . Considerando a inclusão se obtêm uma nova rede denominada G''_C .

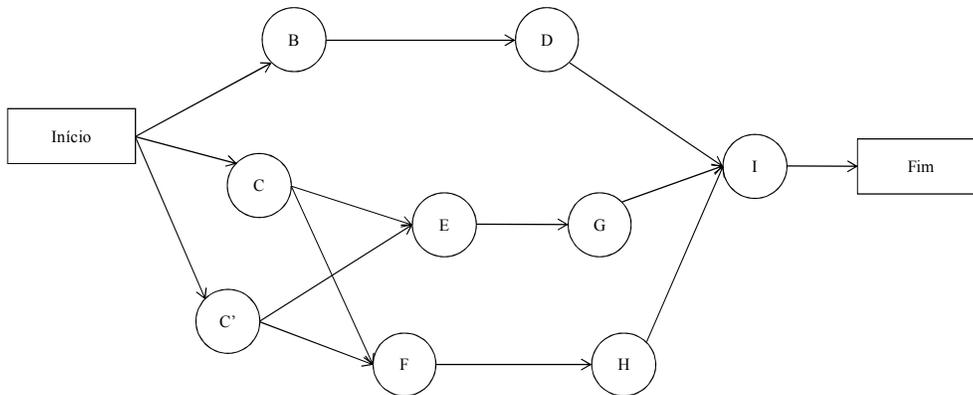


Figura 6-7. Redimensionamento da rede – G''_C

A cada inclusão realizada a rede será redimensionada e o problema do caminho crítico reformulado de acordo com as novas ligações da rede, ou seja, cada inclusão da origem a um novo problema. Para a rede G''_C o problema do caminho crítico P''_C é apresentado a seguir:

$$(P''_C) \min z = x_B + x_C + x_{C'} + x_D + x_E + x_F + x_G + x_H + x_I \quad (6.28)$$

Sujeito a:

$$x_B - x_{Inicial} \geq 5 \quad (6.29)$$

$$x_C - x_{Inicial} \geq 5 \quad (6.30)$$

$$x_{C'} - x_{Inicial} \geq 5 \quad (6.31)$$

$$x_D - x_B \geq 10 \quad (6.32)$$

$$x_E - x_C \geq 1 \quad (6.33)$$

$$x_F - x_C \geq 1 \quad (6.34)$$

$$x_E - x_{C'} \geq 1 \quad (6.35)$$

$$x_F - x_{C'} \geq 1 \quad (6.36)$$

$$x_I - x_D \geq 2 \quad (6.37)$$

$$x_G - x_E \geq 1 \quad (6.38)$$

$$x_H - x_F \geq 15 \quad (6.39)$$

$$x_I - x_G \geq 1 \quad (6.40)$$

$$x_I - x_H \geq 1 \quad (6.41)$$

$$x_{Final} - x_I \geq 4 \quad (6.42)$$

$$x_i \geq 0 \text{ para todo } Inicial \leq i \leq Final \quad (6.43)$$

A ligação do nó Inicial aos nós B, C e C' ainda guarda o valor do término da tarefa A de 5 U.T. Ao considerar a inclusão da tarefa C' na rede o algoritmo obtêm que é possível concluir o projeto em 26 U.T, não atingindo ainda a meta contratual de 25 U.T, no entanto, o nó não entra no critério de poda (a poda só ocorrerá se o valor de conclusão do projeto for menor que 23,75 U.T) e deverá ser ramificado novamente.

Os resultados obtidos pelo algoritmo para a análise dos tempos ES, EF, LS, LF e Folga para o problema P''_C são apresentados na Tabela 6-6.

Tabela 6-6. Programação das Atividades - Inclusão do BP - C'

Atividade	ES (U.T.)	EF (U.T.)	LS (U.T.)	LF (U.T.)	Folga (U.T.)
Inicial	0	0	0	0	0
B	5	15	10	20	5
C	5	6	5	6	0
C'	5	6	5	6	0
D	15	17	20	22	5
E	6	8	19	21	13
F	6	21	6	21	0
G	8	9	21	22	13
H	21	22	21	22	0
I	22	26	22	26	0
Fim	26	26	26	26	0

Comparando a Tabela 6-4 e a Tabela 6-6 é possível observar que os BP – C, C' e seus sucessores (E, F, G, H e I) têm seu tempo de início antecipado, quando comparado ao atraso refletido na entrega, já o BP – B e seus sucessores não são beneficiados com a inclusão, mas como são atividades que possuem Folga o atraso refletido neste membros não influencia o tempo de conclusão.

Na análise de custos, considerando a inclusão do BP – C', há alterações no tempo de operação do BP – C que passa a ser 1 U.T., passa a ser considerado como tempo adicional de operação o tempo de execução do BP – C' com 1 U.T. e principalmente a redução no tempo de

ociosidade nas tarefas dependentes do BP – C e C' como apresentado na Tabela 6-7 (compare com a Tabela 6-5).

Tabela 6-7. Fatores impactantes no custo - Inclusão do BP – C'

Atividades	Duração (U.T.)	Armazenagem (U.T.)	Ociosidade (U.T.)	Tempo Adicional de operação (U.T.)
Início	0	0	0	0
A	5	0	0	0
B	10	0	2	0
C	1	0	2	1
D	2	0	2	0
E	2	0	1	0
F	15	0	1	0
G	1	0	1	0
H	1	0	1	0
I	4	0	1	0
Fim	0	0	1	0

Avaliando os tempos, o algoritmo retorna o novo valor do custo do projeto para a EV que é de 298.876,25 U.M, o que já implicaria em uma redução de 106.290,48 U.M em relação aos 405.166,73 U.M que deveria ser pago no caso do atraso refletido na entrega.

O próximo passo do algoritmo é verificar se a margem percentual do problema P''_C , 26 U.T, está dentro da margem de tolerância estipulada de $\delta = 0,05$. Utilizando a Equação (5.9) (seção 5.3.3), onde $\bar{x} = 25$ e $x = 26$, o valor de $\delta(P''_C) = -0,04$ que é menor do que δ , o que torna o problema P''_C um candidato a ser ramificado e considerado na tomada de decisão. Se o valor de $\delta(P''_C)$ fosse maior que δ , este problema não seria considerado como uma opção de tomada de decisão e não seriam realizadas mais inclusões.

Para dar continuidade ao processo de inclusão, a partir do problema P''_C é definido, de acordo com a Tabela 6-6, o caminho crítico da rede G''_C (Figura 6-7), que é composto dos BP's C, C', F, H e I, como mostra a Figura 6-8.

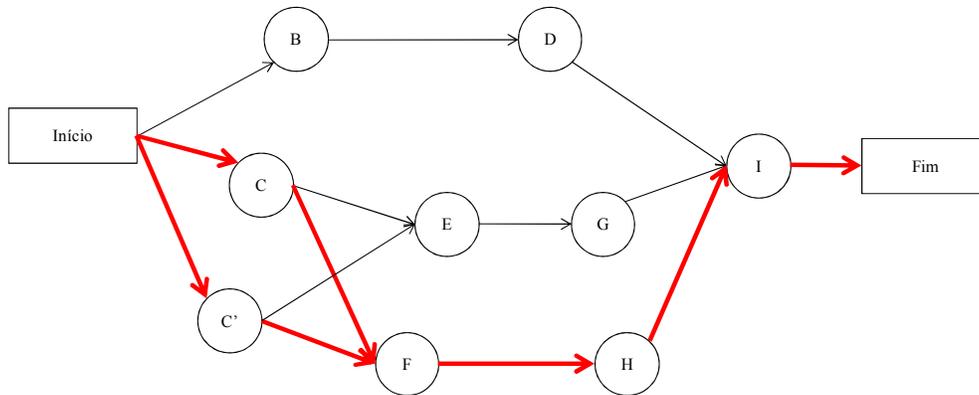


Figura 6-8. Representação do Caminho Crítico - Inclusão do BP - C'

Na atualização dos Nós Ativos, baseada no caminho crítico da rede G''_c , é utilizado como critério de admissão de nós para ramificação, que não há uma segunda ramificação do mesmo nó, neste caso, são desconsiderados os BP's – C e C' e considerados como Nós Ativos os BP's F, H e I. Assim, esta encerrada a análise do problema que considera a inclusão do BP – C'.

Como apresentado na seção 5.3.3 a busca pela solução sub-ótima é realizada por largura e o próximo problema a ser analisado é a inclusão do BP – F na rede G' (Figura 6-6).

6.3.4. Criação da Árvore

A mesma análise apresentada na seção 6.3.3 é repetida para os BP's F, H e I todos incluídos, um por vez, na rede G' (Figura 6-6), no entanto, as inclusões e suas respectivas análises serão apresentadas em forma de árvore seguindo a analogia estabelecida com a árvore B&B (consulte a seção 5.3.3).

As informações sobre os problemas analisados serão apresentadas dentro da representação dos nós, que especificam o problema analisado, o tempo de conclusão do projeto, para este problema, se houver necessidade, o armazenamento, até que seja possível realizar a entrega, o custo do projeto e, se houver os Nós Ativos, se não acusará Ramificação Final. Observe a Figura 6-9.

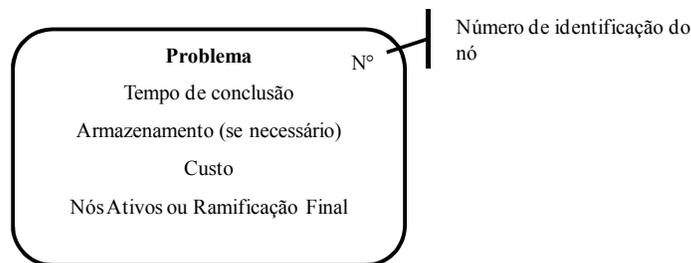


Figura 6-9. Apresentação da informação no Nó

O nó raiz da árvore representa o problema com atraso refletido na entrega (P') e, em seguida é apresentado a ramificação dos Nós Ativos de P' .

A ramificação da árvore, apresentada na Figura 6-10, partir do nó raiz (nó 1) tem início com P''_C (como apresentado na seção 6.3.3), e tem continuidade com os P''_F , P''_H e P''_I (respectivamente, nó 2,3,4 e 5). Depois de analisados todos os Nós Ativos de P' começam a ser analisados os Nós Ativos de P''_C , que como mostrado na seção 6.3.3 são F, H e I (nós 6,7 e 8), posteriormente, são analisados os Nós Ativos de P''_F , e assim sucessivamente até que todos os Nós Ativos identificados tenha sido percorridos.

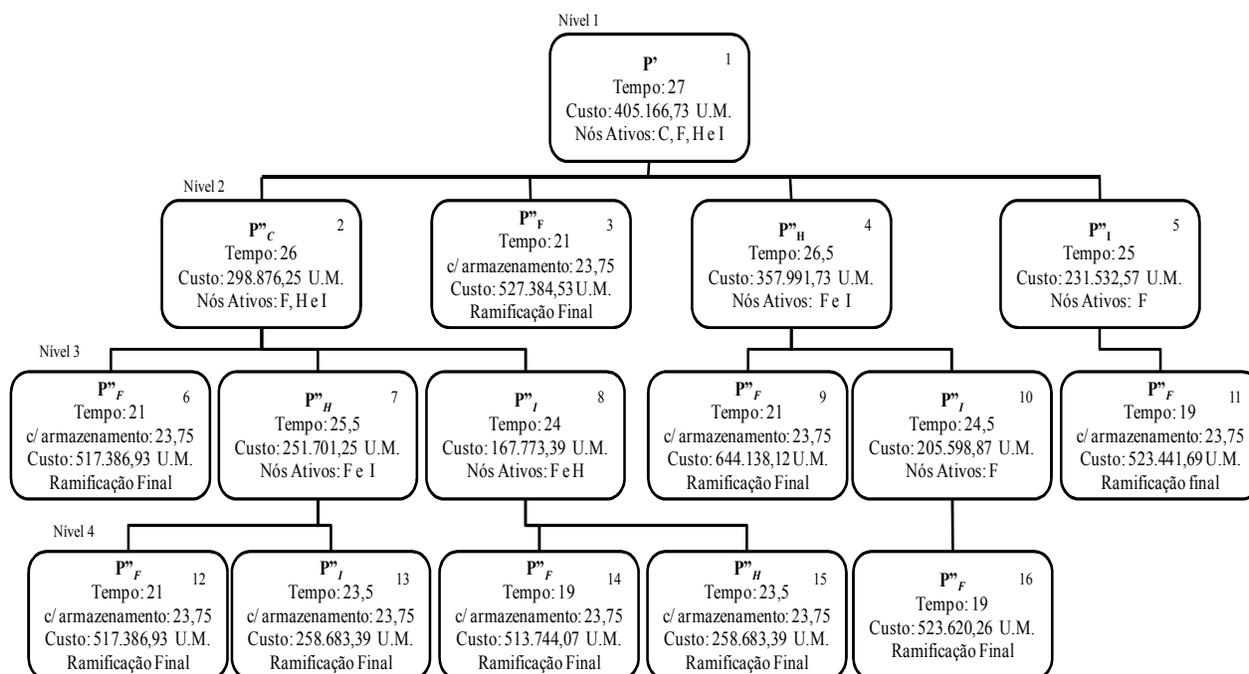


Figura 6-10. Representação da árvore de inclusão

Quando o algoritmo chegar ao último nó da árvore (nó 16), não haverá mais Nós Ativos para ser analisado e o melhor valor de tempo e custo, que foi comparado e guardado no decorrer da análise, é apresentado como a melhor ação a ser executada pela EV. Neste caso, o melhor valor encontrado é o apresentado pelo nó 8. A seguir é apresentado e comentado o resultado obtido pelo algoritmo.

6.3.5. Análise do resultado

De acordo com os resultados apresentados na árvore de inclusão (Figura 6-10), diante do atraso do BP – A, a melhor opção para evitar o atraso da entrega do produto ao consumidor com o menor custo para a EV é incluir 2 novos membros, o BP – C' e BP – I', como mostra a Figura 6-11.

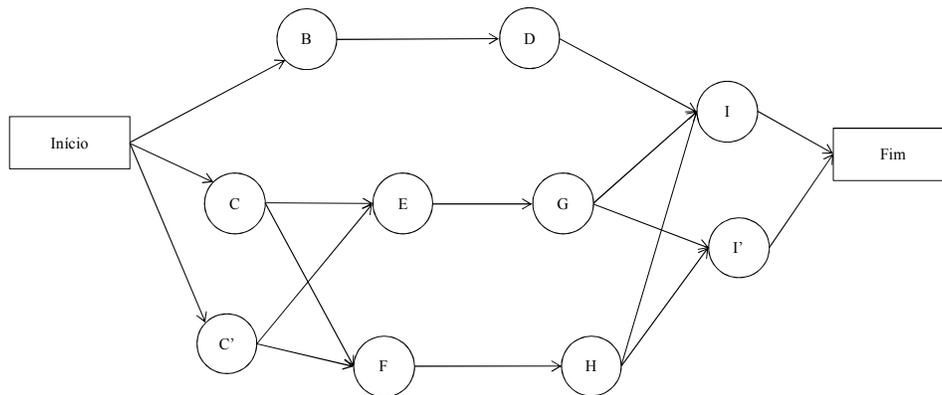


Figura 6-11. Redimensionamento da rede – $G''_{C e I}$

O problema do caminho crítico para a rede $G''_{C e I}$ é:

$$(P''_{C e I}) \min z = x_B + x_C + x_{C'} + x_D + x_E + x_F + x_G + x_H + x_I + x_{I'} \quad (6.44)$$

Sujeito a:

$$x_B - x_{Inicial} \geq 5 \quad (6.45)$$

$$x_C - x_{Inicial} \geq 5 \quad (6.46)$$

$$x_{C'} - x_{Inicial} \geq 5 \quad (6.47)$$

$$x_D - x_B \geq 10 \quad (6.48)$$

$$x_E - x_C \geq 1 \quad (6.49)$$

$$x_F - x_C \geq 1 \quad (6.50)$$

$$x_E - x_{C'} \geq 1 \quad (6.51)$$

$$x_F - x_{C'} \geq 1 \quad (6.52)$$

$$x_I - x_D \geq 2 \quad (6.53)$$

$$x_{I'} - x_D \geq 2 \quad (6.54)$$

$$x_G - x_E \geq 1 \quad (6.55)$$

$$x_H - x_F \geq 15 \quad (6.56)$$

$$x_I - x_G \geq 1 \quad (6.57)$$

$$x_{I'} - x_G \geq 1 \quad (6.58)$$

$$x_I - x_H \geq 1 \quad (6.59)$$

$$x_{I'} - x_H \geq 1 \quad (6.60)$$

$$x_{Final} - x_I \geq 2 \quad (6.61)$$

$$x_{Final} - x_{I'} \geq 2 \quad (6.62)$$

$$x_i \geq 0 \text{ para todo } Inicial \leq i \leq Final \quad (6.63)$$

Para o problema P''_{C e I} o algoritmo obtêm que é possível concluir o projeto em 24 U.T, que é um valor apropriado já que está dentro da margem aceita pelo cliente.

Os resultados obtidos pelo algoritmo para a análise dos tempos ES, EF, LS, LF e Folga para o problema P''_{C e I} são apresentados na Tabela 6-8.

Tabela 6-8. Programação das Atividades - Inclusão do BP - C' e I'

Atividade	ES (U.T.)	EF (U.T.)	LS (U.T.)	LF (U.T.)	Folga (U.T.)
Inicial	0	0	0	0	0
B	5	15	10	20	5
C	5	6	5	6	0
C'	5	6	5	6	0
D	15	17	20	22	5
E	6	8	19	21	13
F	6	21	6	21	0
G	8	9	21	22	13
H	21	22	21	22	0
I	22	24	22	24	0
I'	22	24	22	24	0
Fim	24	24	24	24	0

Comparando a Tabela 6-4 e a Tabela 6-8 é possível observar que os BP – C, C' e seus sucessores E, F, G, H, I e I' têm seu tempo de início antecipado em 1 U.T, quando comparado ao atraso refletido na entrega e os BP's – I e I' trabalhando em conjunto é possível antecipar mais 2 U.T da entrega do produto ao consumidor final, em relação ao atraso refletido na entrega.

Na análise de custos, considerando a inclusão do BP – C' e I', há alterações no tempo de operação do BP – C e I que passam a ser, respectivamente, 1 U.T e 2 U.T, passam a ser considerados como tempo adicional de operação os tempos de execução do BP – C' e I' com, respectivamente, 1 U.T e 2 U.T e principalmente a redução no tempo de ociosidade nas tarefas dependentes do BP – C e C' como apresentado na Tabela 6-9 (compare com a Tabela 6-5).

Tabela 6-9. Fatores impactantes no custo - Inclusão do BP – C' e I'

Atividades	Duração (U.T.)	Armazenagem (U.T.)	Ociosidade (U.T.)	Tempo Adicional de operação (U.T.)
Início	0	0	0	0
A	5	0	0	0
B	10	0	2	0
C	1	0	2	1
D	2	0	2	0
E	2	0	1	0
F	15	0	1	0
G	1	0	1	0
H	1	0	1	0
I	2	0	1	2
Fim	0	0	0	0

Considerando os valores obtidos na análise dos tempos, Tabela 6-9, o algoritmo calculou o custo do projeto em 167.733,39 U.M que é menor que o custo inicial do projeto estimado em 170.000,00 U.M. Para explicar como esse valor foi alcançado o custo será decomposto em custo por tempo de duração das atividades, custo por tempo de armazenagem, custo por tempo de ociosidade, custo por tempo adicional de operação e, como definido na seção 6.3, se há antecipação da entrega do produto, dentro da margem tolerância, há bonificação por período antecipado.

Primeiro será analisado o custo por tempo de atividade, onde as alterações estão no tempo de operação da atividade C e I que foram reduzidas pela metade, assim, os tempos de operação da

Tabela 6-9 por seus custos na Tabela 6-2 mostra que só na operação, dos membros que originalmente compõe a rede, são gastos 147.050,00 U.M.

Como mostra a Tabela 6-9, não houve necessidade de armazenamento em nenhum momento do processo de operação, logo, não a custos relacionados ao armazenamento.

No entanto, mesmo considerando a inclusão de 2 novos membros, ainda houve ociosidade. Nos BP – B e C que estão diretamente ligados ao BP – A, atividade atrasada, o reflexo da ociosidade é diretamente proporcional a quantidade de tempo atrasada e o mesmo ocorre para o BP – D que é sucessor do BP – B, como estas atividades possuem folgas capazes que absorver este atraso elas não influenciam diretamente o tempo de entrega do projeto. Já para as atividades sucessoras dos BP's – C e C' há a redução da espera de 2 U.T para 1 U.T, no BP – I com a inclusão do BP – I', a rede não só evita o atraso da entrega do produto, como antecipa sua entrega em 1 U.T (compare Tabela 6-9 e Tabela 6-5). Então, de acordo com os tempos de ociosidade da Tabela 6-9 e custos da Tabela 6-2, a rede deverá pagar 36.226,19 U.M de ociosidade.

Com a inclusão dos novos membros deverá ser pago o tempo adicional de operação, que corresponde a 1 U.T do BP – C' e a 2 U.T do BP – I', como mostra a Tabela 6-9, e de acordo com os custos do tempo adicional de operação, na Tabela 6-2, será pago pela EV 26.957,14 U.M, em tempo adicional de operação.

Contabilizando os valores calculados, tempo de operação, armazenagem, ociosidade e tempo adicional de operação, o custo do projeto para a EV é de 210.233,33 U.M, no entanto é EV será bonificada pela antecipação de 1 U.T, como previsto na seção 6-3. A bonificação por U.T é de 42.500,00 U.M, logo o projeto custaria para a EV 167.733,39 U.T.

6.4. Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentada uma situação real de operação de EV e os impactos causados pelos atrasos, o que justifica a preocupação em desenvolver ferramentas que auxiliam na tomada de decisão da EV.

Em seguida, foi desenvolvida uma aplicação da ferramenta em um caso hipotético, que tem o intuito de exemplificar seu funcionamento e de acordo com os critérios e valores adotados o

algoritmo retorna a melhor solução encontrada e indica ao coordenador da EV qual a melhor ação a ser tomada.

O valor encontrado não é o valor ótimo e sim, um valor sub-ótimo, já que foi considerado que o produto pode ser entregue dentro de uma margem de tempo. O valor sub-ótimo significa que o valor encontrado pode estar distante do valor ótimo em até $\delta\%$, no caso da aplicação o valor encontrado pode estar até 5% abaixo do valor ótimo.

Capítulo 7 .

Conclusão e Trabalhos Futuros

Hoje, as empresas devem estar preparadas para lidar com o aumento da demanda de mercado ocasionada pelas inovações tecnológicas e pelo conceito de mercado global. Para explorar as vantagens em nível de mercado mundial, as empresas devem encontrar soluções que lhes permitam aproveitar estas vantagens sem se restringir devido a recursos limitados, a investimentos de riscos, por falta de conhecimento técnico ou de tecnologia.

Neste contexto, o conceito de EV é proposto para enfrentar estes novos desafios empresariais. A EV é definida uma aliança dinâmica de empresas formada para atender uma oportunidade específica de negócio, onde cada membro fornece seu próprio núcleo de competências para a manufatura do produto, dividindo os riscos e responsabilidades, quando a oportunidade de negócio é satisfeita a EV se dissolve. Desde seu surgimento, diversos modelos e ferramentas que atuam nas diferentes fases do ciclo de vida da EV têm sido desenvolvidas.

De acordo com a literatura recente sobre EV, mesmo sendo muitos os modelos e ferramentas desenvolvidas para auxiliar a criação, operação, reconfiguração e dissolução da EV, ainda existem problemas não abordados, como:

- Antecipação ou atraso da entrega de produtos/tarefas;
- Parceiros com desempenho abaixo das métricas estabelecidas;
- Tarefas colaborativas não realizadas adequadamente;

- Mudanças nas especificações iniciais dos produtos;
- Substituição de parceiros;
- Cancelamentos de pedidos;
- Entre outros problemas de ordem logística.

Neste sentido, esse trabalho visou contribuir para a solução alguns problemas da fase de operação da EV. Mais especificamente, o objetivo deste trabalho é assegurar a agilidade e o sucesso da EV, através do desenvolvimento de uma metodologia que auxilie na tomada de decisão frente a problemas logísticos relacionados com o atraso das tarefas ou BP's durante o período de operação da Empresa Virtual.

Além da metodologia proposta neste trabalho auxiliar a EV a alcançar seus objetivos, de curto tempo de disponibilização de produto ao mercado com baixos custos, ela reforça o conceito de que as EV's possuem maior vantagem competitiva frente às empresas tradicionais.

A metodologia proposta se apresenta como uma inovação para a área, quando comparada as propostas de reconfiguração apresentadas na literatura, por causa do processo de modelagem utilizado.

O modelo proposto atingiu os resultados esperados e a utilização de conceitos de pesquisa operacional apresentou resultados satisfatórios e adequados as necessidades da EV, mostrando-se capaz de acompanhar a dinâmica de ocorrências da empresa. Este fato pode ser concluído através da aplicação apresentada que permitiu demonstrar a efetividade da ferramenta, atingindo os resultados esperados (tempo adequado com menor custo do que o obtido no caso do atraso).

No entanto, como apresentado no Capítulo 5 a ferramenta desenvolvida apresenta algumas limitações, principalmente porque, devido ao tempo disponível, o problema foi abordado de maneira global, desconsiderando os acontecimentos locais de cada membro. Ao incluir, na análise de tomada de decisão, os dados de acontecimentos locais, o modelo se tornará mais dinâmico e capaz de realizar análises em períodos menores.

Assim, para trabalhos futuros são sugeridos:

- Análise do *status* de desenvolvimento durante a execução do BP através da capacidade de produção do parceiro por período, para que o acompanhamento seja realizado em períodos menores;
- O teste da ferramenta em cenários que apresentam problemas de ordem logística, como os abordados neste trabalho, e comparação entre os resultados obtidos pela ferramenta e a decisão que foi adotada para solucioná-los;
- A implementação do algoritmo em linguagens compatíveis com os softwares utilizados nas EVs o que possibilitaria que a ferramenta fosse executada como um módulo de um sistema maior.

Referências Bibliográficas

AFSARMANESH, H.; GARITA, C.; UGUR, Y.; FRENKEL, A.; HERTZBERGER, L. O. Federated information management requirements for virtual enterprise. **Working Conference On Infrastructures For Virtual Enterprises (PRO-VE'99)**, Oct. 27-28, Porto, Portugal, p. 31-48, 1999.

AHUJA, R. K.; MAGNANTI, T. L.; ORLIN, J.B. **Network flows: theory, algorithms, and applications**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1993, 846p.

AMATO NETO, J. As redes dinâmicas de cooperação e as organizações virtuais como suporte à geração e difusão do conhecimento. **I Workshop: Redes de Cooperação e Gestão do Conhecimento**, PRO-EPUSP, 2001.

AMATO NETO, J. As tecnologias da informação e comunicação (TICs) e as redes dinâmicas de cooperação: um novo paradigma de produção? **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 1, n. 4, 2006.

ARENALES, M. N. ; ARMENTANO, V. A. ; MORABITO NETO, R. ; YANASSE, H. H. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier /Campus, 2007. 523 p.

ASSUMPCÃO, M. R. P. Reflexão para Gestão de Tecnologia na Cadeia de Suprimentos. **Gestão & Produção**, v.10, n. 3, p.345-361, dez. 2003.

AZEVEDO, A. L. A emergência da empresa virtual e os requerimentos para os sistemas de informação. **Gestão & Produção**, v. 7, n. 3, dez. 2000.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4ed. Porto Alegre: Boodkman, 2001. 532p.

BANASZAK, Z. A.; SKOLUD, B.; ZAREMBA, M. B. Computer-aided prototyping of production flows for virtual enterprise. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v.14, p. 83-106, 2003.

BERTAGLIA, P. R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2003. 509p.

BOEING. **Boeing Postpones 787 First Flight** Jul. 2009. Disponível em: <http://boeing.mediaroom.com/index.php?s=43&item=720>. Acesso em: 1 de Julho de 2009.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001. 594p.

BREMER, C. F.; MOLINA, A.; ORTEGA, L. M. Virtual organization models: Brazil and Mexico. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 20, 2000, São Paulo-SP. Anais... São Paulo: USP, 2000.

CAMARINHA-MATOS, L. M. Execution system for distributed business processes in a virtual enterprise. **Future Generation Computer Systems**, v. 17, p. 1009-1021, 2001.

CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H. The Virtual Enterprise Concept. In: **Working Conference On Infrastructures For Virtual Enterprises (PRO-VE'99)**, Oct. 27-28, Porto, Portugal, p. 3-14, 1999.

CAMARINHA-MATOS, L.M.; AFSARMANESH, H., Collaborative networks: a new scientific discipline. **International Journal Intelligent Manufacturing**, v.16, p.439-452, 2005.

CAMARINHA-MATOS, L.M.; AFSARMANESH, H., Collaborative networks: value creation in a knowledge society. **Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing and Management**. In: **Proceedings of PROLAMAT 2006, IFIP TC5 International Conference**, Shanghai, China, p. 26-40, 2006.

CAMARINHA-MATOS, L.M.; AFSARMANESH, H. A framework for virtual organization creation a breeding environment. **Annual Reviews in Control**, v. 31, p. 119-135, 2007.

CAMARINHA-MATOS, L.; AFSARMANESH, H.; RABELO, R. Supporting agility in virtual enterprise. **Second IFIP Working Conference on Infrastructures for Virtual Organizations and Electronic Business towards Smart Organizations**, December 4-6, 2000, Florianópolis, Brazil.

CAMARINHA-MATOS, L.M.; PANTOJA-LIMA, C., Supporting business process management and coordination in a virtual enterprise. **International Conference on Information Technology for Balanced Automation Systems in Manufacture and Transportation: Advanced Network Enterprises, Virtual Organizations, Balanced Automation, and Systems Integration**, Berlin, Germany, p. 3-14, 2000.

CAMPBELL, A., The agile enterprise: assessing the technology management issues. **International Journal Technology Management**, v. 15, n. 1/2, pp. 82-95, 1998.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 465p.

CHRISTOPHER, M. **Logística e Gerenciamento da cadeia de Suprimentos: Estratégias para a redução de Custos e Melhoria dos Serviços**. São Paulo: Pioneira, 1997. 240p.

CHRISTOPHER, M.; TOWILL, D.R. Supply chain migration from lean and functional to agile and customized. **Supply Chain Management: An International Journal**. v. 5, n. 4, p. 206-213, 2000.

CSCMP – *Concil of supply chain Management Professionals*. Disponível em: <http://cscmp.org/aboutcscmp/definitions.asp>. Acesso: 12 de Março de 2009.

CUNHA, M. M.; PUTNIK, G. D.; ÁVILA, P. Towards focused markets of resources for agile/virtual enterprise integration. **Advances in networked enterprises: Virtual organisations, balanced automation, and systems integration**, Berlin, Germany, p. 15-24, 2000.

CUNHA, M. M.; PUTNIK, G. D. Market of resources versus e-based traditional virtual enterprise integration - Part I: A cost model definition, **Proceedings of the First International Conference on Performance Measures, Benchmarking, and Best Practices in New Economy**, London, p. 664-669, 2003.

CUNHA, M. M.; PUTNIK, G. D. Business alignment in agile/virtual enterprise integration, **Advanced topics in information resources management**, v. 4, p. 26-54, 2005.

CUNHA, M. M.; PUTNIK, G. D. Business alignment requirements and dynamic organizations. **Virtual enterprise integration: Technological and organizational perspectives**, p. 78-101, 2005a.

DRISSEN-SILVA, M. V.; RABELO, R. J. A Collaborative Decision Support Framework for Managing the Evolution of Virtual Enterprise. **International Journal of Production Research**. Aguardando publicação.

E2open. **Boeing 787: global supply chain management takes flight, 2007**. Disponível em: www.e2open.com. Acesso: 21 de Junho de 2009.

FILOS, E.; BANAHAN, E. Will the organization disappear? The challenges of new economy and future perspectives. **Second IFIP Working Conference on Infrastructures for Virtual Organizations and Electronic Business towards Smart Organizations**, December 4-6, 2000, Florianópolis, Brazil.

FRANKE, U. J. The Knowledge-Based View (KBV) of the Virtual Web, the Virtual Corporation, and the Net-Broker. **Knowledge management and virtual organizations. Idea Group Publishing**. In: Malhotra, Yogesh, UK, 2000.

GOLDMAN, S. L. **On the Next generation Enterprise**. Out., 1999. Disponível em: <http://www.parshift.com/Speakers/Speak021.htm> . Acesso: 20 de Agosto de 2008.

GOLDMAN, S. L.; NAGEL, R. N.; PREISS, K. **Agile Competitors and Virtual Organizations: Strategies for Enriching the Customer**. São Paulo: Érica, 1995.

GUERRA, M. A. P. Analysis and design of virtual enterprise. Tese de doutorado. University of Saskatchewan, Saskatoon, abr. 2006.

GOULART, C.; BREMER, C.; KALAYDJIAN, L. Características da Gestão da Produção em Empresas Virtuais voltadas a Manufatura. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP 99**, Rio de Janeiro, 4-8 nov., 1999.

HANDFIELD, R. B.; NICHOLS JR., E. J. **Supply Chain Redesign: converting your supply chain into integrated value system**. Financial Times Prentice Hall, 2002.

PEREIRA KLEN, A. A.; RABELO, R.; FERREIRA, A. C.; SPINOSA, L. M. Management distributed business process in virtual enterprise. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v.12, p. 185-197, 2001.

PEREIRA KLEN, A. A.; RABELO, R.; SPINOSA, L. M.; FERREIRA, A. C. Distributed business process management. **Proceedings of the IFIP TC5 WG5.3 / PRODNET Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises: Networking Industrial Enterprises**, v.153, p.241-258, 1999.

LEFEBVRE, L. A.; LEFEBVRE, E. E-commerce and virtual enterprise: issues and challenges for transition economies. **Technovation**, v. 22, p. 313-323, 2002.

MARTINEZ, M. T.; FOULETIER, P.; PARK, K. H.; FAVREL, F. Virtual enterprise – organization, evolution and control. **International Journal Production Economics**, v. 74, n. 1-3, p. 225-238, 2001.

MASON-JONES, R.; NAYLOR, J. B.; TOWILL, D. R. Engineering the agile supply chain. **International Journal of Agile Management Systems**, v. 2, n. 1, p. 54-61, 2000.

MITROVIC, D.; HUNTER, I.; MALE, S. Characteristics of networked enterprise in global construction. **5th International Conference on Concurrent Enterprising**. The Hague. The Netherlands, 15-17 March, 1999.

MOAD, J. **Boeing's Big Supply Chain Wager**, Jul. 2007. Disponível em: http://www.managingautomation.com/maonline/magazine/read/Boeings_Big_Supply_Chain_Wager_17760261. Acesso em: 30 de Junho de 2009.

MOLINA, A.; VELANDIA, M.; GALEANO, N. Virtual enterprise brokerage: a structure-driven strategy to achieve build to order supply chains. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 17, p. 3853-3880, 2007.

NAHMIAS, S. **Production and operations analysis**. Boston: McGraw-Hill, 2001, 810 p.

NAYLOR, J.B.; NAIM, M.M.; BERRY, D. Leagility: interfacing the lean and agile manufacturing paradigm in the total supply chain. **International Journal of Production Economics**. v. 62, p. 107-118, 1999.

OUZOUNIS, E. K. Na Agent-Based Platform for the Management of Dynamic Virtual Enterprise. Tese de Doutorado. Universidade Técnica de Berlin, 2001.

PEREIRA, R. F. Seleção e Gestão da Cadeia de Fornecedores do Setor Aeronáutico: Um estudo de caso. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade Estadual de São Paulo, dez. 2003.

PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos (supply chain management):** conceitos estratégias, práticas e casos. São Paulo. Atlas, 2004. 310p.

PORTER, M. E. **A vantagem competitiva das nações**, Rio de Janeiro, 1993.

RABELO, R. J.; BALDO, F.; TRAMONTIN JR., R. J. Smart Configuration of Dynamic Virtual Enterprises. In: **5th IFIP Working Conference on VIRTUAL ENTERPRISES (PROVE' 2004)**, Toulouse, França, 2004.

SERVE, M.; YEN, D.C.; WANG, J.; LIN, B. B2B – enhanced supply chain process: toward building virtual enterprise. **Business Process Management Journal**, v.8, n. 3, p. 245-253, 2002.

SHEN, W.; NORRIE, D.H. Implementing internet enabled virtual enterprises using collaborative agents. In: **Working Conference On Infrastructures For Virtual Enterprises (PRO-VE'99)**, Oct. 27-28, Porto, Portugal, p. 343-352, 1999.

SOUSA, W.C.D. O uso comercial da Internet e sua influência sobre os processos logísticos. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2001.

SPIEGEL, R. **Improving Processes Through shared Work**, Jul. 2006. Disponível em: <http://www.automationworld.com> . Acesso: 30 de Junho de 2009.

SPINOSA, L. M.; RABELO, R. J.; PEREIRA-KLEN, A. High-Level Coordination of Business Processes in a Virtual Enterprise. In: **The Tenth International Ifip Tc5 Wg-5.2 Wg-5.3 Conference (PROLAMAT'98)**, p. 55-67, 1998.

THE SEATTLE TIMES. **Boeing 787: Parts from around world will be swiftly integrated**, Set. 2005. Disponível em: http://seattletimes.nwsourc.com/html/businessstechnology/2002486348_787global11.html . Acesso em: 30 de Junho de 2009.

THE SEATTLE TIMES, **787 could wind up costing Boeing \$1bilion**, Out. 2007. Disponível em: http://seattletimes.nwsourc.com/html/boeingaerospace/2003973238_boeing25.html . Acesso em: 30 de Junho de 2009.

TRAMONTIN JUNIOR, R. J. Configuração e integração de dados em plataformas para empresas virtuais. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, set. 2004.

TRENT, R. J. What everyone needs to know about SCM. **Supply Chain Management Review**. New York, v. 8, n. 2, p. 52-60, Mar. 2004.

WOLSEY, L. A. **Integer Programming**. New York: Wiley, 1998. 264p.

WU, N.; SU, P. Selection of partners in virtual enterprise paradigm. **Robotics and Computer – Integrated Manufacturing**.v. 21, p. 119-131, 2005.

VALLEJOS, R.V. Modelo para a formação de empresas virtuais no setor de moldes e matrizes. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

XIA, W.; LI, G. Research on Virtual Enterprise Production Planning and Control System. **Fourth International Conference on Natural Computation**, Whashington, v. 6, p. 555-559, 2008.

Anexo I. Implementação do algoritmo

A seguir é apresentada a implementação do algoritmo em MATLAB 7.

```
%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX%
%                               Projeto de Mestrado                               %
%                               Faculdade de Engenharia Mecânica - FEM           %
%                               Departamento de Engenharia de Fabricação - DEF    %
%                               Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP        %
%   Aluna: Ana Paula Milanez                                                  %
%   Orientador: Antonio Batocchio                                             %
%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX%
%                               Otimização do Processo Logístico de Empresas Virtuais %
%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX%

clear all
clc

% ----- %
%           Leitura do arquivo de dados           %
% ----- %

fid = fopen('dados_logisticos2.dat','r'); % abre o arquivo para leitura
m = fscanf(fid,'%d',1); % m número de linhas da matriz A
n = fscanf(fid,'%d',1); % n número de colunas da matriz A
no = fscanf(fid,'%d',1); % nó número de nós da rede
tf = fscanf(fid,'%d',1); % tf número de tarefas realizadas pela rede
c = fscanf(fid,'%f',[n 1]); % vetor de custos
b = fscanf(fid,'%f',[m 1]); % vetor de tempo de realização de tarefa
```

```

A = fscanf(fid,'%f',[n m]);      % matriz A
fclose(fid);                     % fecha arquivo lido

fid = fopen('atividadeno3.dat','r'); % abre o arquivo para leitura
u = fscanf(fid,'%d',1);          % m número de linhas da matriz T
s = fscanf(fid,'%d',1);          % n número de colunas da matriz T
ct = fscanf(fid,'%f',[s 1]);     % vetor de custos 1 e 0 para encontrar tempos
nc = fscanf(fid,'%f',[s 1]);     % vetor com o custo das atividades por período
b_tf = fscanf(fid,'%f',[u 1]);   % vetor de tempo de realização de tarefa(restrições)
b_t = fscanf(fid,'%f',[s 1]);    % tempos de operação de cada tarefa
T = fscanf(fid,'%f',[s u]);      % matriz T
wc = fscanf(fid,'%f',[s 1]);     % custo de armazenagem por período e quantidade previamente
                                estabelecida

sigma = fscanf(fid,'%f',[s 1]); % custo por período tempo ocioso (espera)
beta = fscanf(fid,'%f',1);       % penalidade por período de tempo de atraso do projeto
alpha = fscanf(fid,'%f',1);      % penalidade/bônus por período de tempo adiantado
tau = fscanf(fid,'%f',[s 1]);    % custo para incluir novo parceiro na atividade
fclose(fid);                     % fecha arquivo lido

%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX%
%                               Análise das Atividades Por Nó                               %
%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX%

% determina vetor de strings com os nomes dos nós presentes na rede

rede_padrao={'IN' 'A' 'B' 'C' 'D' 'E' 'F' 'G' 'H' 'I' 'FIM'}

%-----%
%          Determinação da Base          %
%-----%

clear padrao custo
j=1;
c_ad=0;

for h=1:u % transforma a matriz em uma matriz na forma padrão para rodar simplex
    padrao(h,j)=-1;
    c_ad(j,:)=0;
    j=j+1;
end

matriz=[T' padrao];

[linha coluna]=size(matriz);

[col,r,B,colbase,nbase,Nbase,fase,aux]=Base(coluna,linha,matriz);
(Consulte pág. 154, desenvolvimento da função)

```

```

%-----%
%           Determinação de tempo Mínimo           %
%-----%

% A Função Objetivo é de minimização e é considerado o custo de realização
% das tarefas

op=1;
At=matriz;
tempo= b_tf;
custo=[ct;c_ad];

[xbase,z,cbase,colbase,iteracao]=Minimiza(At,linha,coluna,custo,tempo,B,Nbase,colbase,nb
ase, fase,col,r,aux);
(Consulte pág. 155, desenvolvimento da função)

for j=1:length(colbase)
    xmin(colbase(:,j))=xbase(j);
    custo_base(colbase(:,j))=cbase(j);
end

fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
fprintf('X   RESULTADOS DOS TEMPOS MÍNIMOS - ATIVIDADES POR NÓ           X');
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
for j=1:tf+2
    fprintf('X(%d): %d \n',j,xmin(j));
    xmin_padrao(j)=xmin(j);
end
fprintf('\n');
fprintf('Valor da Função Objetivo: %f',z);
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');

%-----%
%   Cálculo dos tempos ES,EF,LS,LF, folga e Caminho Crítico           %
%-----%

% Esta função encontra o tempos relacionados ao desenvolvimento do produto, entre eles:
% ES -> Tempo mais cedo de início (Earliest Start)
% EF -> Tempo mais cedo de término (Earliest Finish)
% LS -> Tempo mais tarde de início (Last Start)
% LF -> Tempo mais tarde de término (Last Finish)
% slack -> é o tempo que uma determinada atividade pode atrasar sem atrasar o projeto

```

% critico -> atividades que possuem folga zero

```
At=A';
Tt=T';
linha=u;
coluna=s;
duracao=b_t;
```

[ES,EF,LS,LF,slack,parti,chega,parti_tf,chega_tf,critico]=Tempos(no,m,At,tempo,duracao, Tt,tf, linha,coluna);

(Consulte pág. 161, desenvolvimento da função)

```
ESpadrao=ES;
EFpadrao=EF;
LSpadrao=LS;
LFpadrao=LF;
critico_padrao=critico;
slack_padrao=slack;
```

```
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
fprintf('X      ANÁLISE DOS TEMPOS MAIS CEDO E MAIS TARDE      X');
fprintf('\n');
fprintf('X              TEMPO PADRÃO              X');
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
fprintf('  ES      EF      LS      LF      SLACK');
for cont=1:length(ES)
    fprintf('\n');
    fprintf(' %f ',ESpadrao(cont));
    fprintf(' %f ',EFpadrao(cont));
    fprintf(' %f ',LSpadrao(cont));
    fprintf(' %f ',LFpadrao(cont));
    fprintf(' %f ',slack_padrao(cont));
end
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
fprintf(' Crítico:');
fprintf('\n');
for cont=1:length(critico)
    fprintf(' %d',critico_padrao(cont));
end
```

```

%-----%
%                Custos do Projeto                %
%-----%

% Custos do projeto mostra o quanto é gasto para realização das atividades

soma=b_t*nc;

fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
fprintf('X                CUSTOS DO PROJETO - ATIVIDADES                X');
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
    fprintf(' %f',soma);

%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX%
%                Análise do Tempo de Conclusão das Tarefas                %
%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX%

% Criando estrutura de array

x=1;
v(x)=struct('filho',0);
v(x).filho=struct('cust', 0, 'temp',0,'nivel',0,'ativ',0);

V(x)=struct('tarefa',0,'inclui',0,'matriz',0,'tempo_op',0,'custo',0);

BB(x)=struct('NosAtivos',0,'nivel',0,'matriz',0,'tempo',0,'custo',0,'x',0,'zcusto',0,'duracao',0,'parti',
0,'chega',0,'Cn',0,'ramificado',0);

fprintf('\n\n    Análise    \n\n');
fprintf('2 - Se tiver dados da Atividade A \n');
fprintf('3 - Se tiver dados da Atividade B \n');
fprintf('4 - Se tiver dados da Atividade C \n');
fprintf('6 - Se tiver dados da Atividade D \n');
fprintf('7 - Se tiver dados da Atividade E \n');
fprintf('9 - Se tiver dados da Atividade F \n');
fprintf('10 - Se tiver dados da Atividade G \n');
fprintf('11 - Se tiver dados da Atividade H \n');
fprintf('12 - Se tiver dados da Atividade I \n\n');

resp=input('Qual tarefa será analisada:');
top=input('Qual o tempo de conclusão da tarefa:');

vf=top-b_t(resp)

```

```

if vf==0
    fprintf('\nA tarefa foi concluída no tempo previsto\n');
    return
elseif vf>0
    fprintf('\nA tarefa foi concluída depois do tempo previsto\n');
elseif vf<0
    fprintf('\nA tarefa foi concluída antes tempo previsto\n');
    return
end

%-----%
%                Determina Matriz                %
%-----%

%Monta a nova matriz tirando as atividades que já foram executadas

atrasa=top;

[binic_aux,bc_aux,matinic,mat,bc,cc,r,t,ordena,c_direto,p_direto,c_indireto,p_indireto]=
DimensaoMatriz(T,parti_tf,chega_tf,v,x,u,s,b_tf,resp,top,ESpadrao,ct);
(Consulte pág. 166, desenvolvimento da função)

cont1=1;

for cont=1:length(rede_padrao)
    if cont~=resp
        rede(cont1)=rede_padrao(cont);
        cont1=cont1+1;
    end
end

rede_atrasa=rede;

%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX%
%                1° CASO - O ATRASO CHEGA AO FINAL                %
%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX%

%-----%
%                Determinação da Base                %
%-----%

clear padrao custo matriz tempo

j=1;
c_ad=0;

for h=1:r    % transforma a matriz em uma matriz na forma padrão para rodar simplex

```

```

    padrao(h,j)=-1;
    c_ad(j,:)=0;
    j=j+1;
end

```

```

matriz=[mat padrao];
[linha coluna]=size(matriz);

```

```

[col,r,B,colbase,nbase,Nbase,fase,aux]=Base(coluna,linha,matriz);
(Consulte pág. 155, desenvolvimento da função)

```

```

%-----%
%          Determinação de tempo Mínimo          %
%-----%

```

```

At=matriz;
tempo= bc;
custo=[cc;c_ad];

```

```

[xbase,z,cbase,colbase,iteracao]=Minimiza(At,linha,coluna,custo,tempo,B,Nbase,colbase,nbase, fase,col,r,aux);
(Consulte pág. 155, desenvolvimento da função)

```

```

for j=1:length(colbase)
    xmin(colbase(:,j))=xbase(j);
    custo_base(colbase(:,j))=cbase(j);
end

```

```

fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
fprintf('X   RESULTADOS DOS TEMPOS MÍNIMOS - ATIVIDADES POR NÓ   X');
fprintf('\n');
fprintf('X           COM ATRASO REFLETIDO NA ENTREGA           X');
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
for j=1:t
    fprintf('X(%d): %d \n',j,xmin(j));
end
fprintf('\n');
fprintf('Valor da Função Objetivo: %f',z);
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');

```

```
%-----%
%      Cálculo dos tempos mais cedo, mais tarde e folga      %
%-----%
```

```
%Esta função encontra o tempos relacionados ao desenvolvimento do produto, entre eles:
% ES -> Tempo mais cedo de início (Earliest Start)
% EF -> Tempo mais cedo de término (Earliest Finish)
% LS -> Tempo mais tarde de início (Last Start)
% LF -> Tempo mais tarde de término (Last Finish)
% slack -> é o tempo que uma determinada atividade pode atrasar sem atrasar o projeto
% duracao_atrasa -> atualiza o tempo de execução das tarefas
```

```
w=1;
```

```
for i=1:length(b_t) % determina o novo b_t
    if (i>resp)|(i==1)
        duracao_atrasa(w)=b_t(i);
        w=w+1;
    end
end
```

```
duracao=duracao_atrasa;
coluna=t;
```

```
[ES,EF,LS,LF,slack,critico,parti,chega,pdireto,cdireto,pindireto,cindireto]=AnaliseTempos
( coluna,duracao,tf,parti_tf,chega_tf,c_direto,ESpadrao,EFpadrao,p_direto,atrasa,resp,
c_indireto,p_indireto);
(Consulte pág. 170, desenvolvimento da função)
```

```
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
fprintf('X      ANÁLISE DOS TEMPOS MAIS CEDO E MAIS TARDE                      X');
fprintf('\n');
fprintf('X      COM ATRASO REFLETIDO NA ENTREGA                                X');
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
fprintf('  ES      EF      LS      LF      SLACK');
for cont=1:length(ES)
    fprintf('\n');
    fprintf(' %f ',ES(cont));
    fprintf(' %f ',EF(cont));
    fprintf(' %f ',LS(cont));
    fprintf(' %f ',LF(cont));
    fprintf(' %f ',slack(cont));
end
```

```

fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
fprintf(' Crítico:');
fprintf('\n');
for cont=1:length(critico)
    fprintf(' %d ',critico(cont));
end
fprintf('\n\n');
fprintf(' Tempo de Duração das tarefas:');
fprintf('\n');
for cont=1:length(duracao_atrasa)
    fprintf(' %f ',duracao_atrasa(cont));
end
fprintf('\n\n');

%-----%
%      Análise do Custo em Relação ao Tempo      %
%-----%

% Calcula custo das tarefas, de armazenagem, de penalização por atraso,
% penalização ou bônus por adiantamento e custo de ociosidade

% Cn - tempo de conclusão das tarefas
% L - número de períodos de atraso na conclusão do projeto
% E - número de períodos adiantados na conclusão do projeto
% W - tempo de períodos armazenados das tarefas
% O - tempo de ociosidade das atividades sucessoras (até o final da rede)

coluna=t;
top=atrasa;

[Cn,W,O,L,E,Ad,c_total]=Custo(tf,coluna,resp,ESpadrao,EFpadrao,ES,EF,nc,wc,sigma,
beta, alpha,top);
(Consulte pág. 174, desenvolvimento da função)

fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
fprintf('X          ANÁLISE DOS CUSTOS                                X');
fprintf('\n');
fprintf('X          COM ATRASO REFLETIDO NA ENTREGA                        X');
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
fprintf('  Cn      W      O      L      E      Custo');
for cont=1:length(Cn)

```

```

fprintf('\n');
fprintf(' %f ',Cn(cont));
fprintf(' %f ',W(cont));
fprintf(' %f ',O(cont));
end
fprintf(' %f ',L);
fprintf(' %f ',E);
fprintf(' %f ',c_total);
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');

Cn_atrasa=Cn;

%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX%
%                2° CASO - ANALISE DE INCLUSÃO DE PARCEIRO                %
%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX%

% Neste caso, o atraso não deve chegar ao consumidor final, ou deve ser o menor possível.
% Para garantir que isto ocorra será utilizado o conceito de Branch-and-Bound.
% A árvore Branch-and-Bound será representada por vetores

% x_star - guarda a melhor solução
% NósAtivosAdd - indica qual nó será analisado

% NósAtivos.next - retorna o próximo nó da estrutura ou a indicação que está vazia

%----Variáveis---
cont_vet=0;
des=1;
cont1=1;
cont_BB=1;
cont1_BB=2;
nivel=1;
x_star=inf;
custo_star=inf;
tolerancia=0.05;

%----Limites superiores----
xu=EFpadrao(tf+2);

%----Seleção de nós a serem ramificados----
for cont=2:(length(critico)-1) % não considera o nó inicial e o nó final
    critico_ativos(cont1)=critico(cont);
    cont1=cont1+1;
end

%-----Dados do Nó Raiz-----

```

```

BB(cont_BB).nivel=nivel;
BB(cont_BB).x=EF(coluna);
BB(cont_BB).zcusto=c_total;
BB(cont_BB).NosAtivos=critico_ativos;
BB(cont_BB).matriz=mat;
BB(cont_BB).tempo=bc;
BB(cont_BB).custo=cc;
BB(cont_BB).duracao=duracao_atrasa;
BB(cont_BB).parti=parti;
BB(cont_BB).chega=chega;
BB(cont_BB).Cn=Cn;
BB(cont_BB).Ad=Ad;
BB(cont_BB).ramificado=0;
BB(cont_BB).NoRamificado={" "};
BB(cont_BB).rede=rede_atrasa;

```

% Início da busca da solução ótima utilizando o conceito de Branch-and-Bound

```
while des<=length(BB(cont_BB).NosAtivos)
```

```

    tmat=BB(cont_BB).matriz;
    tcc=BB(cont_BB).custo;
    tbc=BB(cont_BB).tempo;
    tparti=BB(cont_BB).parti;
    tchega=BB(cont_BB).chega;
    tduracao=BB(cont_BB).duracao;
    NoAtivoAdd=BB(cont_BB).NosAtivos(des);
    tCn=BB(cont_BB).Cn;
    tAd=BB(cont_BB).Ad;
    tramificado=BB(cont_BB).ramificado;
    trede=BB(cont_BB).rede;
    tNoRamificado=BB(cont_BB).NoRamificado;

```

```
[linha coluna]=size(tmat);
```

```

%-----%
%              Inclui Nó              %
%-----%

```

% Função responsável por incluir novo nó e estabelecer respectivas ligações e tempos

```

[V,cont_struct,limite]=IncluiNo(NoAtivoAdd,coluna,resp,tmat,tcc,tbc,tCn,tparti,tchega,
duracao_atrasa,V,cdireto,pdireto,cindireto,pindireto,des,cont_vet,cont_BB,tramificado);
(Consulte pág. 176, desenvolvimento da função)

```

```

%-----Inclusão do nó no vetor de strings-----
cont=1;

```

```

cont1=1;
while cont<=(length(trede))
    if (cont<=NoAtivoAdd)|(cont>limite)
        rede(cont1)=trede(cont);
        cont=cont+1;
        cont1=cont1+1;
    elseif cont==limite
        rede(cont1)=trede(NoAtivoAdd);
        cont1=cont1+1;
        rede(cont1)=trede(cont);
        cont=cont+1;
        cont1=cont1+1;
    end
end

%-----%
%           Cálculo Tempo Mínimo de Entrega           %
%-----%

% indica o novo número de linhas e colunas

[e f]=size(V(cont_struct).matriz);
%-----%
%           Determinação da Base                       %
%-----%

clear padrao custo matriz tempo c_ad

j=1;
c_ad=0;

for h=1:e    % transforma a matriz em uma matriz na forma padrão para rodar simplex
    padrao(h,j)=-1;
    c_ad(j,:)=0;
    j=j+1;
end

matriz=[V(cont_struct).matriz padrao];

[linha coluna]=size(matriz);

[col,r,B,colbase,nbase,Nbase,fase,aux]=Base(coluna,linha,matriz);
(Consulte pág. 154, desenvolvimento da função)

%-----%
%           Determinação de tempo Mínimo               %
%-----%

```

```

% A Função Objetivo é de minimização

At=matriz;
tempo= V(cont_struct).tempo_op';
custo=[V(cont_struct).custo';c_ad];

[xbase,z,cbase,colbase,iteracao]=Minimiza(At,linha,coluna,custo,tempo,B,Nbase,colbase,
nbase,fase,col,r,aux);
(Consulte pág. 155, desenvolvimento da função)

for j=1:length(colbase)
    xmin(colbase(:,j))=xbase(j);
    custo_base(colbase(:,j))=cbase(j);
end

for j=1:f
    xmin_tf(j)=xmin(j);
end

guardacol=f; % guarda o número de colunas para ser utilizado na determinação do ótimo

if 1==strcmp(tNoRamificado,"")
    contstr=length(tNoRamificado);
else
    contstr=length(tNoRamificado)+1;
end

contr=length(tramificado)+1;

tramificado(contr)=V(cont_struct).inclui

tNoRamificado(contstr)=rede(V(cont_struct).inclui)

fprintf('\n');

fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n      RESULTADOS DOS TEMPOS MÍNIMOS - ATIVIDADES POR NÓ      \n');
fprintf('          COM INCLUSÃO DE NÓ          \n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
fprintf('Tarefa atrasada: %d \n',V(cont_struct).tarefa);
fprintf('\n');
fprintf('Tarefa que receberá ajuda: %d \n',V(cont_struct).inclui);
fprintf('\n');
for j=1:f
    fprintf('X(%d): %d \n',j,xmin(j));

```

```

end
fprintf('\nValor da Função Objetivo: %f',z);
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
    fprintf('\n\n');

%-----%
%  Encontra Novas Relações Parti, Chega e Duração com novo Nó    %
%-----%

% Determina novos vetores parti, chega com a inclusão do novo nó

[duracao_inclui,parti_inclui,chega_inclui]=PartiChegaNoInclui(tduracao,V,cont_struct);
(Consulte pág. 181, desenvolvimento da função)

for cont=1:length(duracao_inclui)
    fprintf(' %d ', duracao_inclui(cont));
end

%-----%
%  Cálculo dos tempos mais cedo, mais tarde e folga - Inclui Nó    %
%-----%

%Esta função encontra o tempos relacionados ao desenvolvimento do produto, entre eles:
% ES -> Tempo mais cedo de início (Earliest Start)
% EF -> Tempo mais cedo de término (Earliest Finish)
% LS -> Tempo mais tarde de início (Last Start)
% LF -> Tempo mais tarde de término (Last Finish)
% slack -> é o tempo que uma determinada atividade pode atrasar sem atrasar o projeto

clear critico_ativos sf

coluna=f;

[ES,EF,LS,LF,slack,critico_inclui]=AnaliseTemposIncluiNo(coluna,duracao_inclui,tf,
parti_inclui,chega_inclui,cdireto,ESpadrao,EFpadrao,pdireto,atrassa,resp,cindireto,
pindireto,V,cont_struct,tramificado,limite);
(Consulte pág. 181, desenvolvimento da função)

margem=(xu-xmin(guardacol))/xu;

if margem<=tolerancia
    cont1=1;
    cont2=1;
    cont3=1;
    cmpno=0;

```

```

for cont=2:length(critico_inclui)-1
    sf(cont1)=rede(critico_inclui(cont));
    cont1=cont1+1;
end

critico_ativos=0;

if length(critico_inclui)>2
    while cont2<=length(sf)
        cmpno=0;
        for cont=2:(length(rede)-1) % não considera o nó inicial e o nó final
            if 1==strcmp(sf(cont2),rede(cont))
                cmpno=cmpno+1;
            end
        end
        if (cmpno==1)&(1~=strcmp(sf(cont2),'P1'))&(1~=strcmp(sf(cont2),'P2'))
            critico_ativos(cont3)=critico_inclui(cont2+1); % para compensar ter iniciado a
%contagem em dois
            cont3=cont3+1;
        end
        cont2=cont2+1;
    end
end
else
    critico_ativos=0;
end

fprintf('\n');

fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
    fprintf('\n');
    fprintf('X      ANÁLISE DOS TEMPOS MAIS CEDO E MAIS TARDE      X');
    fprintf('\n');
    fprintf('X      COM INCLUSÃO DO NÓ: %d
X',V(cont_struct).inclui);
    fprintf('\n');

fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
    fprintf('\n');
    fprintf(' ES      EF      LS      LF      SLACK');
    for cont=1:length(ES)
        fprintf('\n');
        fprintf(' %f ',ES(cont));
        fprintf(' %f ',EF(cont));
        fprintf(' %f ',LS(cont));
    end

```

```

fprintf(' %f ',LF(cont));
fprintf(' %f ',slack(cont));
end
fprintf('\n');

fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
fprintf('\n');
fprintf('\n');
fprintf(' Crítico:');
fprintf('\n');
for cont=1:length(critico_inclui)
    fprintf(' %d',critico_inclui(cont));
end
fprintf('\n');
fprintf('\n');
fprintf(' Críticos Ativos:');
fprintf('\n');
if critico_ativos~=0
    for cont=1:length(critico_ativos)
        fprintf(' %d',critico_ativos(cont));
    end
else
    fprintf('Ramificação Final')
end
fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');

%-----%
%      Análise do Custo em Relação ao Tempo      %
%-----%

% Calcula custo das tarefas, de armazenagem, de penalização por atraso, penalização ou bônus
% por adiantamento e custo de ociosidade

% Cn - tempo de conclusão das tarefas
% O - tempo de ociosidade por espera
% L - número de períodos de atraso na conclusão do projeto
% E - número de períodos adiantados na conclusão do projeto
% W - tempo de períodos armazenados das tarefas
% Ad - tempo de operação da tarefa adicional (membro incluso)

coluna=f;
top=atrasa;

[c_total,Cn,W,L,E,O,Ad,considera]=CustoInclui(tf,coluna,limite,resp,ESpadrao,EFpadrao,
ES,EF,parti,chega,nc,wc,sigma,beta,alpha,tau,top,V,cont_struct,tramificado,margem,
tolerancia,Cn_atrasa,rede_padrao,tNoRamificado,xmin_padrao);

```

(Consulte pág. 186, desenvolvimento da função)

```
fprintf('\n');

fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
  fprintf('\n');
  fprintf('X                ANÁLISE DOS CUSTOS                X');
  fprintf('\n');
  fprintf('X      COM INCLUSÃO DO NÓ: %d                X',V(cont_struct).inlui);
  fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
  fprintf('\n');
  fprintf('  Cn      W      O      Ad      L      E      Custo');
  for cont=1:tf+2
  fprintf('\n');
  fprintf(' %f ',Cn(cont));
  fprintf(' %f ',W(cont));
  fprintf(' %f ',O(cont));
  fprintf(' %f ',Ad(cont));
  end
  fprintf(' %f ',L);
  fprintf(' %f ',E);
  fprintf(' %f ',c_total);
  fprintf('\n');
fprintf('XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX');
  fprintf('\n\n');

%-----%

xmin(guardacol)=xmin(guardacol)+considera;

margem=(xu-xmin(guardacol))/xu;

if (margem<=tolerancia)
  if (xmin(guardacol)<x_star)&(c_total<=custo_star)
    x_star=xmin(guardacol);
    custo_star=c_total;
    inclusoes=length(tramificado)-1;
    cont_star=cont1_BB;
  elseif (xmin(guardacol)==x_star)&(c_total<=custo_star)&(length(tramificado)<inclusoes)
    x_star=xmin(guardacol);
    custo_star=c_total;
    inclusoes=length(tramificado);
    cont_star=cont1_BB;
  end
end
```

```

BB(cont1_BB).nivel=length(tramificado);
BB(cont1_BB).NosAtivos=critico_ativos;
BB(cont1_BB).NosAtivosLate=NoAtivoAdd;
BB(cont1_BB).NosAtivosLimite=limite;
BB(cont1_BB).matriz=V(cont_struct).matriz;
BB(cont1_BB).tempo=V(cont_struct).tempo_op;
BB(cont1_BB).custo=V(cont_struct).custo;
BB(cont1_BB).x=xmin_tf;
BB(cont1_BB).parti=parti_inclui;
BB(cont1_BB).chega=chega_inclui;
BB(cont1_BB).ramificado=tramificado;
BB(cont1_BB).NoRamificado=tNoRamificado;
BB(cont1_BB).duracao=duracao_inclui;
BB(cont1_BB).Cn=Cn;
BB(cont1_BB).Ad=Ad;
BB(cont1_BB).rede=rede;

cont1_BB=cont1_BB+1;

if (des==length(BB(cont_BB).NosAtivos))

    cont=1;
    des=0;
    cont_BB=cont_BB+1;

    while (BB(cont_BB).NosAtivos==0)&(cont_BB<cont1_BB-1)
        fprintf('Não é possível ramificar %d\n',BB(cont_BB).NosAtivosLate);
        cont_BB=cont_BB+1;
    end

    if cont_BB==cont1_BB-1
        fprintf('\n\nANÁLISE CONCLUÍDA\n\n');
        x_star
        custo_star
        inclusoes
        cont_star
        return
    end

    % garante que não irá ramificar o nó que foi ramificado no nível anterior nem o nó que foi
    % incluído

clear NoProfundidade

for u=1:length(BB(cont_BB).NosAtivos)
    NoProfundidade(cont)=BB(cont_BB).NosAtivos(u);
    cont=cont+1;

```

```

        end

        BB(cont_BB).NosAtivos=NoProfundidade;
    end
    des=des+1;
end

```

Funções:

function [col,r,B,colbase,nbase,Nbase,fase,aux]=Base(coluna,linha,matriz)

```

%----- %
%          Determinação da Base          %
%----- %

w=1;
t=1;
colbase=0;
nbase=0;
col=[1:coluna];
r=rank(matriz);
aux=eye(r);
B=zeros(r);
Nbase=zeros(linha,coluna-r);
fase=0;          % Se fase=0, não precisa 1º fase, se fase=1 precisa

for j=1:coluna
    if w<=linha
        if matriz(:,j)==aux(:,w)
            B(:,w)=matriz(:,j);
            colbase(:,w)=j; %Salva as colunas q formam a base
            w=w+1;
        else
            nbase(:,t)=j; %Salva as colunas não básicas
            t=t+1;
        end
    else
        nbase(:,t)=j; %Salva as colunas não básicas
        t=t+1;
    end
end

for i=1:length(nbase)
    Nbase(:,i)=matriz(:,nbase(:,i));
end

```

% Se $w=1$ ou se não encontrou colunas linearmente independentes que atinja o posto de A, há
 %necessidade de utilizar variáveis artificiais

```
if (w==1)|(w<r)
    fase=1;
end
```

**function [xbase,z,cbase,colbase,iteracao]=Minimiza(At,linha,coluna,custo,tempo,B,Nbase,
 colbase,nbase,fase,col,r,aux)**

```
%-----%
%          Solução Básica Factível Inicial          %
%-----%

```

```
if fase==0
    invB=inv(B);
    [xbase,cbase]=SBFInicial(fase,tempo,custo,linha,invB,colbase);
```

```
elseif fase==1
```

**[xbase,colbase,nbase,B,Nbase,iteracao]=FaseI(B,Nbase,colbase,nbase,aux,tempo,custo,At,li
 nha,coluna,r,col);**

(Consulte pág. 157, desenvolvimento da função)

```
for i=1:length(colbase)
    cbase(i,:)=custo(colbase(:,i),:);
end
```

```
index=coluna+1;
g=coluna+r;
while index<=g
    i=1;
    while i<=length(nbase)
        if nbase(:,i)==index
            Nbase(:,i)=[];
            nbase(:,i)=[];
        end
        i=i+1;
    end
    index=index+1;
end
```

```
invB=inv(B);
end
```

```
%-----%
%          O Método Simplex          %
%
```

```

% ----- %

% Seja otim(j)=z(j)-c(j)=cbase*invB*Aj-cj=w*Aj-cj
%resolver o sistema wB=cbase

l=-1;
iteracao=0;
z=cbase'*xbase;

while l<0
    iteracao=iteracao+1;

    [s,max,criterio]=Otimalidade(invB,cbase,coluna,At,custo,nbase);
    (Consulte pág. 160, desenvolvimento da função)

    if s==0
        return
    else

        y_s=invB*At(:,nbase(:,s));

        % ----- %
        % Teste da Razão          %
        % ----- %

        % o menor número corresponde ao tamanho do passo

        r=0;
        k=1;
        for i=1:linha
            if (y_s(i)>0)
                div=xbase(i)/y_s(i);
                if k==1
                    menor=div;
                    r=i;
                elseif div<menor
                    menor=div;
                    r=i;
                end
            end
            k=k+1;
        end
    end

    if r==0
        return
    end
end

```

```

% ----- %
% Atualização da Base e xbase %
% ----- %

auxb=B;
auxn=Nbase;
B(:,r)=auxn(:,s);
Nbase(:,s)=auxb(:,r);

auxcolbase=colbase;
auxnbase=nbase;
colbase(r)=auxnbase(s);
nbase(s)=auxcolbase(r);

cbase(r)=custo(auxnbase(s));

invB=inv(B);

xbase=invB*tempo;

z=cbase'*xbase;
end
end

```

```

function [xbase,colbase,nbase,B,Nbase,iteracao]=FaseI(B,Nbase,colbase,nbase,aux,tempo,
custo,At,linha,coluna,row,col)

```

```

w=1;
for i=1:row
    colbase(:,w)=coluna+i;
    cbaseart(1,w)=1;
    cbase=cbaseart';
    w=w+1;
end
B=aux;
Nbase=At;
nbase=col;
cart=zeros(coluna,1);
invB=inv(B);
xbase=invB*tempo;

l=-1;
iteracao=0;
coluna=coluna+row;
At=[At B];

```

```

custo=[cart;cbase];
z=cbase'*xbase;

while l<0
    iteracao=iteracao+1;

    %-----%
    %          Otimalidade - FaseI          %
    %-----%
    f=1;
    t=1;
    k=1;
    h=1;
    max=0;
    s=0;
    otim=0;

    w=cbase'*invB;

    for j=1:coluna
        criterio(j)=w*At(:,j)-custo(j);
    end

    while h<=coluna
        if criterio(h)>1e-10
            otim=1;
            break
        end
        h=h+1;
    end

    if otim==0
        return
    end

    % Escolha da variável que entra na base

    while t<=length(nbase)
        if criterio(nbase(:,t))>1e-10
            if k==1
                max=criterio(nbase(:,t));
                entra=nbase(:,t);
                k=k+1;
            elseif criterio(nbase(:,t))>max
                max=criterio(nbase(:,t));
                entra=nbase(:,t);
            end
        end
    end

```

```

    end
    t=t+1;
end

while f<=length(nbase)
    if nbase(:,f)==entra
        e=f;
        break
    end
    f=f+1;
end
%-----%
if s==0
    fprintf('PARE \nSolução Básica atual é ótima \n');
    return
else
    y_s=invB*At(:,entra);

    % ----- %
    % Teste da Razão      %
    % ----- %

    % o menor número corresponde ao tamanho do passo

    % teste para verificar quem sai da base

    r=0;
    k=1;
    for i=1:linha
        if (y_s(i)>1e-16)
            div=xbase(i)/y_s(i);
            if k==1
                menor=div;
                r=i;
            elseif div<menor
                menor=div;
                r=i;
            end
            k=k+1;
        end
    end

    if r==0
        fprintf('PARE \nCondição de Solução Ótima Ilimitada \n\n');
        return
    end
end

```

```

% ----- %
% Atualização da Base e xbase %
% ----- %

auxb=B;
auxn=Nbase;
B(:,r)=At(:,entra);
Nbase(:,e)=auxb(:,r);
auxcolbase=colbase;
auxnbase=nbase;
colbase(r)=auxnbase(e);
nbase(e)=auxcolbase(r);
cbase(r)=custo(entra);
invB=inv(B);
xbase=invB*tempo;
z=cbase'*xbase;
end
end

```

function [s,max,criterio]=Otimalidade(invB,cbase,coluna,At,custo,nbase)

```

f=1;
t=1;
k=1;
h=1;
max=0;
s=0;
otim=0;

w=cbase'*invB;

for j=1:coluna
    criterio(j)=w*At(:,j)-custo(j);
end

while h<=length(nbase)
    if criterio(nbase(:,h))>0
        otim=1;
        break
    end
    h=h+1;
end

if otim==0
    return
end

```

```

while t<=length(nbase)
  if criterio(nbase(:,t))>0
    if k==1
      max=criterio(nbase(:,t));
      sai=nbase(:,t);
      k=k+1;
    elseif criterio(nbase(:,t))>max
      max=criterio(nbase(:,t));
      sai=nbase(:,t);
    end
  end
  end
  t=t+1;
end

```

```

while f<=length(nbase)
  if nbase(:,f)==sai
    s=f;
    break
  end
  f=f+1;
end

```

function [ES,EF,LS,LF,slack,parti,chega,parti_tf,chega_tf,critico]=Tempos(no,m,At,tempo,duracao,Tt,tf,linha,coluna)

```

%-----%
%   Identificando nós predecessores e sucessores - empresas   %
%-----%
k=1;
t=1;

for j=1:m
  for i=1:no
    if At(j,i)==-1
      no_predecessor(k)=i;
      arco_predecessor(k)=j;
      k=k+1;
    end
  end
end

for w=1:m
  for h=1:no
    if At(w,h)==1
      no_sucessor(t)=h;

```

```

        arco_sucessor(t)=w;
        t=t+1;
    end
end
end

```

```

w=1;
for t=1:m
    f=0;
    parti(w)=no_predecessor(t);
    parti_arco=arco_predecessor(t);
    g=1;
    while (f==0)& (g<=m)
        chega_arco=arco_sucessor(g);
        if parti_arco==chega_arco
            f=1;
            chega(w)=no_sucessor(g);
            w=w+1;
            break
        else
            g=g+1;
        end
    end
end
end

```

```

%-----%
%      Identificando nós predecessores e sucessores - atividades      %
%-----%

```

```

k=1;
t=1;
%Tt=T';
for j=1:linha
    for i=1:coluna
        if Tt(j,i)==-1
            n_pred(k)=i;
            arc_pred(k)=j;
            k=k+1;
        end
    end
end
end

```

```

for w=1:linha
    for h=1:coluna
        if Tt(w,h)==1
            n_suc(t)=h;
            arc_suc(t)=w;

```

```

        t=t+1;
    end
end
end

w=1;
for t=1:linha
    f=0;
    parti_tf(w)=n_pred(t);
    parti_arc=arc_pred(t);
    g=1;
    while (f==0)& (g<=linha)
        chega_arc=arc_suc(g);
        if parti_arc==chega_arc
            f=1;
            chega_tf(w)=n_suc(g);
            w=w+1;
            break
        else
            g=g+1;
        end
    end
end
end

%-----%
%      Cálculo do tempo mais cedo de início e tempo mais cedo de término      %
%-----%

% O algoritmo do cálculo ES e EF foi desenvolvido com base no algoritmo de
% Dijkstra e utilizando a rede de atividade por nó

% ES -> Tempo mais cedo de início (Earliest Start)
% EF -> Tempo mais cedo de término (Earliest Finish)

i=1;

Stf=NaN;          % S é inicialmente vazio
Sbarratf=[1:coluna]; % coluna=tf+2

for j=1:coluna    % marcação temporária para cada nó (tf+2)
    EF(j)=0;
    ES(j)=0;
end
ES(i)=0;
EF(i)=duracao(i);

while i< coluna

```

```

for k=1:length(parti_tf)
    if i==parti_tf(k)
        j=chega_tf(k);
        final=EF(j);
        if ES(j)<EF(i)
            ES(j)=EF(i);
        end
        if EF(j)<=ES(j)
            EF(j)=duracao(j);
        end
        if EF(j)<ES(j)+duracao(j)
            EF(j)=ES(j)+duracao(j);
        end
        if EF(j)<=final
            EF(j)=final;
        end
    end
end
end
w=1;
if isempty(Sbarratf)==1
    Sbarratf=NaN;
else
    Sbarratf(w)=[];
end
Stf(i)=i;
i=i+1;
end

```

```

%-----%
% Cálculo do tempo mais tarde de início e tempo mais tarde de término %
%-----%

```

```

% O algoritmo do cálculo LS e LF foi desenvolvido com base no algoritmo de
% Dijkstra e utilizando a rede de atividade por nó

```

```

% LS -> Tempo mais tarde de início (Last Start)
% LF -> Tempo mais tarde de término (Last Finish)

```

```

i=coluna;

```

```

Stf=NaN;
Sbarratf=[1:coluna];
for j=1:coluna
    LF(j)=inf;
    LS(j)=inf;

```

```

end
LS(i)=ES(i);
LF(i)=EF(i);

while i>0
    for k=1:length(parti_tf)
        if i==chega_tf(k)
            j=parti_tf(k);
            inicio=LS(j);
            final=LF(j);
            if LF(j)> LS(i)
                LF(j)=LS(i);
                LS(j)=LF(j)-duracao(j);
            end
        end
    end
end
end

```

```

if isempty(Sbarratf)==1
    Sbarratf=NaN;
elseif length(Sbarratf)>=1
    Sbarratf(i)=[];
else
    Sbarratf=NaN;
end

```

```

    Stf(i)=i;
    i=i-1;
end

```

```

%-----%
%           Cálculo da Folga das Atividades
%-----%

```

```

% A folga é o tempo que uma determinada atividade pode atrasar sem atrasar o projeto
% slack=LS-ES ou slack=LF-EF

```

```

if length(LS)==length(ES)
    for j=1:length(ES)
        slack(j)=LS(j)-ES(j);
    end
end
end

```

```

%-----%
%           Cálculo Caminho Crítico
%-----%

```

```

g=0;
for i=1:coluna          % lista as atividades que compõem o caminho crítico
    if slack(i)==0
        g=g+1;
        critico(g)=i;
    end
end
end

```

```

function [binic_aux,bc_aux,matinic,mat,bc,cc,r,t,ordena,c_direto,p_direto,c_indireto,
p_indireto]=DimensaoMatriz(T,parti_tf,cheга_tf,v,x,u,s,b_tf,resp,top,ESpadrao,ct)

```

```

Mt=T';
bc=b_tf;
w=1;
k=1;
r=u;
t=s;
grava=1;
p_direto=0;
c_direto=0;
p_indireto=0;
c_indireto=0;

```

```

    for i=1:length(parti_tf) % antes de excluir a tarefa adiantada e suas antecessoras deve-se
%guardar suas ligações que continuaram na rede

```

```

        if parti_tf(i)==resp
            p_direto(w)=parti_tf(i);
            c_direto(w)=cheга_tf(i);
            w=w+1;
            for j=1:(x-1)
                if v(j).filho.ativ==cheга_tf(i)
                    grava=0;
                end
            end
            if grava==1
                v(x).filho.ativ=cheга_tf(i);
                v(x).filho.nivel=1;
                x=x+1;
            end
        elseif (parti_tf(i)~=1)&(parti_tf(i)<resp)&(cheга_tf(i)>resp)
            p_indireto(k)=parti_tf(i);
            c_indireto(k)=cheга_tf(i);
            k=k+1;
            for j=1:(x-1)

```

```

        if v(j).filho.ativ==chega_tf(i);
            grava=0;
        end
    end
    if grava==1
        v(x).filho.ativ=chega_tf(i);
        v(x).filho.nivel=1;
        x=x+1;
    end
end
end
end

```

```

for i=1:x-1 % ordena de forma crescente os nós sucessores
    menor=v(i).filho.ativ;
    for j=i+1:x-1
        if menor>v(j).filho.ativ
            auxordena=menor;
            menor=v(j).filho.ativ;
            v(j).filho.ativ=auxordena;
        end
    end
    ordena(i)=menor;
end

```

% Após conhecer a tarefa que foi adiantada elimina-se da matriz as linhas e
 % colunas que representa atividades anteriores a tarefa analisada, pois o
 % que aconteceu até aquele ponto não pode ser alterado.

```

w=1;
d=1;
g=1;
deixa=0;
sit=0;

```

```

for e=1:length(ordena) % criando ligação do nó inicial aos nós que darão continuidade as tarefas
    matinic(w,1)=-1;
    matinic(w,ordena(e))=1;
    sit=0;
    for h=1:length(c_direto)
        if ordena(e)==c_direto(h)
            sit=1;
            break
        end
    end
    for j=1:length(c_indireto)
        if (ordena(e)==c_indireto(j))&(sit==0)
            sit=2;
        end
    end
end

```

```

        break
    end
end
if sit==1
    binic(w)=ESpadrao(p_direto(h))+top;
elseif sit==2
    binic(w)=ESpadrao(c_indireto(j));
    binic_aux(w)=ESpadrao(c_indireto(j));
end
ccinic(1)=0;
w=w+1;
end

```

```

[z q]=size(matinic);
matinic_aux=matinic;

```

```

corta=0;
j=2;
k=2;
while corta==0
    if matinic_aux(1,k)==0
        matinic(:,j)=[];
        k=k+1;
    else
        corta=1;
    end
end
end

```

```

[z q]=size(matinic);

```

```

for i=1:u          % Exclui as linhas e colunas da tarefa adiantada e suas antecessoras
    g=1;
    for j=(resp+1):s
        mat(d,g)=Mt(i,j);
        cc(g,:)=ct(j);
        g=g+1;
    end
    d=d+1;
end

```

```

mat_aux=mat;

```

```

for i=1:u
    for j=resp+1:s
        if Mt(i,j)==-1

```

```

        deixa=1;
    end
end
if deixa==0
    mat(1,:)=[];
    bc(1)=[];
end
end

[r t]=size(mat);

for i=1:r    % iguala dimensões para formar a nova matriz
    inic(i,1)=0;
end

mat=[inic mat];

for i=1:z
    for j=q+1:t+1
        matinic(i,j)=0;
    end
end

% Formação da matriz que representa a rede após o adiantamento de uma
% tarefa

bc_aux=bc;
mat=[matinic;mat];
bc=[binic';bc];
cc=[ccinic';cc];

[r t]=size(mat);

```

```

function [ES,EF,LS,LF,slack,critico,parti,chega,pdireto,cdireto,pindireto,cindireto]=
AnaliseTempos(coluna,duracao,tf,parti_tf,chega_tf,c_direto,ESpadrao,EFpadrao,p_direto,
atrasa,resp,c_indireto,p_indireto)
clear parti chega ES EF LS LF slack critico

```

```

w=1;
k=0;

for i=1:length(parti_tf)
    if parti_tf(i)==resp
        k=chega_tf(i);
    end
end
end

```

```

for i=1:length(parti_tf)
    salva=1;
    if parti_tf(i)==resp
        parti(w)=1;
        chega(w)=chega_tf(i)-(resp-1);
        w=w+1;
    elseif (parti_tf(i)<resp)& (chega_tf(i)>resp)&(chega_tf(i)~=k)
        if w~=1
            for g=1:length(parti)
                if chega_tf(i)==chega(g)
                    salva=0;
                end
            end
        end
        if salva==1
            parti(w)=1;
            chega(w)=chega_tf(i)-(resp-1);
            w=w+1;
        end
    elseif parti_tf(i)>resp
        parti(w)=parti_tf(i)-(resp-1);
        chega(w)=chega_tf(i)-(resp-1);
        w=w+1;
    end
end

pdireto=p_direto;
pindireto=p_indireto;

if p_direto~=0
    for cont=1:length(p_direto)
        if c_direto(cont)<resp
            cdireto(cont)=c_direto(cont);
        elseif c_direto(cont)>resp
            cdireto(cont)=c_direto(cont)-(resp-1);
        end
    end
elseif p_direto==0
    cdireto=c_direto;
end
if p_indireto~=0
    for cont=1:length(p_indireto)
        if c_indireto(cont)<resp
            cindireto(cont)=c_indireto(cont);
        elseif c_indireto(cont)>resp
            cindireto(cont)=c_indireto(cont)-(resp-1);
        end
    end
end

```

```

        end
    end
elseif p_indireto==0
    cindireto=c_indireto;
end

%-----%
%      Cálculo do tempo mais cedo de início e tempo mais cedo de término      %
%-----%

% O algoritmo do cálculo ES e EF foi desenvolvido com base no algoritmo de
% Dijkstra e utilizando a rede de atividade por nó

% ES -> Tempo mais cedo de início (Earliest Start)
% EF -> Tempo mais cedo de término (Earliest Finish)

i=1;
w=1;
% S é inicialmente vazio
Sbarratf=[1:coluna];

for j=1:coluna      % marcação temporária para cada nó
    EF(j)=0;
    ES(j)=0;
end
ES(i)=0;
EF(i)=duracao(i);
while i<coluna
    for k=1:length(parti)
        sit=0;
        if i==parti(k)
            j=chega(k);
            final=EF(j);
            for y=1:length(cdireto)
                if (j==cdireto(y))&(parti(k)==1)
                    ES(j)=ESpadrao(pdireto(y))+atrasa;
                    if EF(j)<=ES(j)
                        EF(j)=duracao(j);
                    end
                    if EF(j)<ES(j)+duracao(j)
                        EF(j)=ES(j)+duracao(j);
                    end
                    if EF(j)<=final
                        EF(j)=final;
                    end
                end
            end
            sit=1;
        end
    end
end

```

```

        end
    end
    if c_indireto~=0
        for y=1:length(c_indireto)
            if (j==cindireto(y))&(parti(k)==1)
                ES(j)=EFpadrao(pindireto(y));
                if EF(j)<=ES(j)
                    EF(j)=duracao(j);
                end
                if EF(j)<ES(j)+duracao(j)
                    EF(j)=ES(j)+duracao(j);
                end
                if EF(j)<=final
                    EF(j)=final;
                end
                sit=1;
            end
        end
    end
    end
    if sit==0
        if ES(j)<EF(i)
            ES(j)=EF(i);
        end
        if EF(j)<=ES(j)
            EF(j)=duracao(j);
        end
        if EF(j)<ES(j)+duracao(j)
            EF(j)=ES(j)+duracao(j);
        end
        if EF(j)<=final
            EF(j)=final;
        end
    end
    end
    end
    end
    w=1;
    if isempty(Sbarratf)==1
        Sbarratf=0;
    else
        Sbarratf(w)=[];
    end
    Stf(i)=i;
    i=i+1;
end

%-----%
% Cálculo do tempo mais tarde de início e tempo mais tarde de término %

```

```
%-----%
```

```
% O algoritmo do cálculo LS e LF foi desenvolvido com base no algoritmo de  
% Dijkstra e utilizando a rede de atividade por nó
```

```
% LS -> Tempo mais tarde de início (Last Start)  
% LF -> Tempo mais tarde de término (Last Finish)
```

```
i=coluna;
```

```
Sbarratf=[1:coluna];
```

```
for j=1:coluna
```

```
    LF(j)=inf;
```

```
    LS(j)=inf;
```

```
end
```

```
LS(i)=ES(i);
```

```
LF(i)=EF(i);
```

```
LS(1)=0;
```

```
LF(1)=0;
```

```
while i>1
```

```
    for k=1:length(parti)
```

```
        if i==chega(k)
```

```
            j=parti(k);
```

```
            inicio=LS(j);
```

```
            final=LF(j);
```

```
            if LF(j)> LS(i)
```

```
                LF(j)=LS(i);
```

```
                LS(j)=LF(j)-duracao(j);
```

```
            end
```

```
        end
```

```
    end
```

```
if isempty(Sbarratf)==1
```

```
    Sbarratf=NaN;
```

```
elseif length(Sbarratf)>=1
```

```
    Sbarratf(i)=[];
```

```
else
```

```
    Sbarratf=0;
```

```
end
```

```
Stf(i)=i;
```

```
i=i-1;
```

```
end
```

```
%-----%
```

```
% Cálculo da Folga das Atividades
```

```
%
```

```

%-----%
% A folga é o tempo que uma determinada atividade pode atrasar sem atrasar
% o projeto

% slack=LS-ES ou slack=LF-EF

if length(LS)==length(ES)
    for j=1:length(ES)
        slack(j)=LS(j)-ES(j);
    end
end

%-----%
%      Cálculo Caminho Crítico          %
%-----%

g=0;
for i=1:coluna      % lista as atividades que compõem o caminho crítico
    if slack(i)==0
        g=g+1;
        critico(g)=i;
    end
end
end

```

```

function [Cn,W,O,L,E,Ad,c_total]=Custo(tf,coluna,resp,ESpadrao,EFpadrao,ES,EF,nc,
wc,sigma,beta,alpha,top)

```

```

% Calcula o custo do projeto considerando se há atraso ou adiantamento das
% atividades e o impacto que isso causa no decorrer da rede

```

```

clear Cn O W E L

```

```

% Calculo do tempo de duração das atividades

```

```

for i=1:resp % calcula do nó inicial até resp
    if i==resp
        EFtop=ESpadrao(i)+top;
        Cn(i)=EFtop-ESpadrao(i);
    elseif (i<resp)&(i~=1)
        Cn(i)=EFpadrao(i)-ESpadrao(i);
    elseif i==1
        Cn(i)=0;
    end
end
end

```

```

for cont=2:length(ES) % calcula de resp ao final
    i=i+1;
    Cn(i)=EF(cont)-ES(cont);
end

for cont=1:length(Cn)
    Ad(cont)=0;
end

% Calculo do tempo de osciosidade das atividades sucessoreas

cont1=1; % calcula desde o nó inicial até o nó final
cont2=2; % porque o nó inicial já terá sido calculado

while (cont1<=tf+2)&(cont2<=coluna)
    if cont1<=resp % Calcula do nó inicial até resp
        O(cont1)=0;
        cont1=cont1+1;
    elseif (cont1>resp)& (cont2<=coluna)
        O(cont1)= max(0,ES(cont2)-ESpadrao(cont1));
        cont2=cont2+1;
        cont1=cont1+1;
    end
end

% Calcula tempo de armazenamento

cont1=1; % calcula desde o nó inicial até o nó final
cont2=2; % porque o nó inicial já terá sido calculado

while (cont1<=tf+2)&(cont2<=coluna)
    if cont1<=resp % Calcula do nó inicial até resp
        W(cont1)=0;
        cont1=cont1+1;
    elseif (cont1>resp)& (cont2<=coluna)
        W(cont1)= max(0,ESpadrao(cont1)-ES(cont2));
        cont2=cont2+1;
        cont1=cont1+1;
    end
end

L=max(0,EF(coluna)-EFpadrao(tf+2));
E=max(0,EFpadrao(tf+2)-EF(coluna));

%custo total do projeto = custo por tempo de operação de tarefas + custo
%por tempo de ociosidade + custo por tempo de armazenagem + custo por
%tempo de atraso da entrega do projeto + custo/bônus o por tempo adiantado

```

%da entrega do projeto

$c_{total} = C_n * n_c + O * \sigma + W * w_c + L * \beta + E * \alpha$;

function [V,cont_struct,limite]=IncluiNo(NoAtivoAdd,coluna,resp,tmat,tcc,tbc,tCn,tparti,tchega,duracao_atrasa,V,cdireto,pdireto,cindireto,pindireto,des,cont_vet,cont_BB,tramificado)

% Redimensiona com a inclusão do nó

clear mat_nova aux_nova bc_inclui cc_inclui

inicio_cont=1;

passa=0;

% cria uma coluna para o novo nó após a coluna do nó crítico que
% está sendo analisado (mat_nova)

% Cria o novo vetor custo (cc_inclui)

index_menos=coluna+1; % index_menos=total de colunas existentes+nova coluna

index_mais=1;

limite=NoAtivoAdd+1; % determina a coluna onde inclui o nó

cc_inclui(limite)=1; % atribui custo 1 para o nó incluído

while (index_menos>limite) % abre a coluna na matriz

mat_nova(:,index_menos)=tmat(:,index_menos-1);

cc_inclui(index_menos)=tcc(index_menos-1);

index_menos=index_menos-1;

end

while index_mais<limite

mat_nova(:,index_mais)=tmat(:,index_mais);

cc_inclui(index_mais)=tcc(index_mais);

index_mais=index_mais+1;

end

[z y]=size(mat_nova);

%cria as ligações entre os nós existentes com o que será incluído

for j=1:length(tparti)

salva=0;

if tchega(j)==(NoAtivoAdd)

k=tparti(j);

```

% liga quem chega ao critico(des) ao novo nó
for f=1:z
    if (mat_nova(f,k)==-1)&(mat_nova(f+1,k)==0)
        if passa==0
            index_linha=1;
            index_linhax=1;
            passa=1;
        else
            index_linhax=index_linhax+1;
        end
        while index_linha<=f
            aux_nova(index_linhax,:)=mat_nova(index_linha,:);
            bc_inclui(index_linhax)=tbc(index_linha);
            index_linha=index_linha+1;
            index_linhax=index_linhax+1;
        end
        aux_nova(index_linhax,k)=-1;
        aux_nova(index_linhax,limite)=1;
        if pdireto~=0
            for cont=1:length(pdireto)
                if cdireto(cont)==NoAtivoAdd
                    bc_inclui(index_linhax)=tCn(pdireto(cont));
                    salva=1;
                end
            end
        end
        if pindireto~=0
            for cont=1:length(pindireto)
                if cindireto(cont)==NoAtivoAdd
                    bc_inclui(index_linhax)=tCn(pindireto(cont));
                    salva=1;
                end
            end
        end
        if (salva==0)&(cont_BB==1)
            bc_inclui(index_linhax)=duracao_atrasa(k);
        elseif (salva==0)&(cont_BB~=1)
            bc_inclui(index_linhax)=tbc(index_linha-1);
        end
    end
end

elseif tparti(j)==NoAtivoAdd
    k=tchega(j);
    if k>NoAtivoAdd
        k=k+1;
    end
end

```

```

% liga o novo nó ao seu destino
% k será sempre maior que critico então seu valor
% corresponde ao valor da coluna em mat_novo

if passa==0
    index_linha=1;
    index_linhax=1;
    passa=1;
else
    index_linhax=index_linhax+1;
end

for f=1:z
    if (f==z)&(mat_nova(f,limite-1)==-1)
        aux_nova(index_linhax,:)=mat_nova(index_linha,:);
        bc_inclui(index_linhax)=tbc(index_linha)/2;
        bt_inclui=tbc(index_linha)/2;
        index_linhax=index_linhax+1;
        aux_nova(index_linhax,limite)=-1;
        aux_nova(index_linhax,k)=1;
        bc_inclui(index_linhax)=bt_inclui;

    elseif (f~=z)&(mat_nova(f,limite-1)==-1)&(mat_nova(f+1,limite-1)==0)
        while index_linha<=f
            aux_nova(index_linhax,:)=mat_nova(index_linha,:);
            if (mat_nova(index_linha,limite-1))==-1
                bc_inclui(index_linhax)=tbc(index_linha)/2;
                bt_inclui=tbc(index_linha)/2;
            else (mat_nova(index_linha,limite-1))~= -1
                bc_inclui(index_linhax)=tbc(index_linha);
            end
            index_linha=index_linha+1;
            index_linhax=index_linhax+1;
        end
        aux_nova(index_linhax,limite)=-1;
        aux_nova(index_linhax,k)=1;
        bc_inclui(index_linhax)=bt_inclui;
    end
end
end
end

final=0;
if index_linha~=z
    index_linhax=index_linhax+1;
    final=1;
end

```

```

while index_linha<=z
    aux_nova(index_linhax,:)=mat_nova(index_linha,:);
    bc_inclui(index_linhax)=tbc(index_linha);
    index_linha=index_linha+1;
    index_linhax=index_linhax+1;
end
end

[linha coluna]=size(aux_nova);

if (final==0)&(index_linha==z)&(aux_nova(linha,coluna)==0)
    index_linhax=index_linhax+1;
    aux_nova(index_linhax,:)=mat_nova(index_linha,:);
    bc_inclui(index_linhax)=tbc(index_linha);
end

cont_vet=cont_vet+1;
V(cont_vet).tarefa=resp;
V(cont_vet).inclui=NoAtivoAdd;
V(cont_vet).matriz=aux_nova;
V(cont_vet).tempo_op=bc_inclui;
V(cont_vet).custo=cc_inclui;

cont_struct=cont_vet;

```

**function [duracao_inclui,parti_inclui,cheга_inclui]=PartiCheгаNoInclui(tduracao,
V,cont_struct)**

% determina o tempo de duração das atividades considerando a inclusão
% do novo nó - duracao_inclui.

% encontra os vetores parti_inclui e chega_inclui considerando a inclusão
% do novo nó

% OBS: lembrando que os nós estão renumerados

clear duracao_inclui parti_inclui chega_inclui

```

cont1=1;
cont2=1;
cont3=1;
cont4=1;
cont5=1;

```

```

for cont=1:length(tduracao) % determina o novo b_t
    if (cont<V(cont_struct).inclui)|(cont>V(cont_struct).inclui)

```

```

    duracao_inclui(cont5)=tduracao(cont);
    cont5=cont5+1;
end
if (cont==V(cont_struct).inclui)
    duracao_inclui(cont5)=tduracao(V(cont_struct).inclui)/2;
    cont5=cont5+1;
    duracao_inclui(cont5)=tduracao(V(cont_struct).inclui)/2;
    cont5=cont5+1;
end
end
end

```

% defini novos vetores parti e chega, com a inclusão do nó novo
 % OBS: quando um nó atrasa, ele é retirado da rede, pois ele já executou seu
 % trabalho e nada poderá ser feito nele, só a partir dele. Assim a rede é
 % constantemente renumerada.

```

matriz=V(cont_struct).matriz;
[linha coluna]=size(matriz);

```

```

for j=1:linha
    for i=1:coluna
        if matriz(j,i)==-1
            n_pred(cont1)=i;
            arc_pred(cont1)=j;
            cont1=cont1+1;
        end
    end
end
end

```

```

for w=1:linha
    for h=1:coluna
        if matriz(w,h)==1
            n_suc(cont2)=h;
            arc_suc(cont2)=w;
            cont2=cont2+1;
        end
    end
end
end

```

```

for t=1:linha
    f=0;
    parti_inclui(cont3)=n_pred(t);
    parti_arc=arc_pred(t);
    while (f==0)& (cont4<=linha)
        chega_arc=arc_suc(cont4);
        if parti_arc==chega_arc
            f=1;
        end
    end
end

```

```

        chega_inclui(cont3)=n_suc(cont4);
        cont3=cont3+1;
        break
    else
        cont4=cont4+1;
    end
end
end
end

```

```

function [ES,EF,LS,LF,slack,critico_inclui]=AnaliseTemposIncluiNo(coluna,
duracao_inclui,tf,parti_inclui,cheega_inclui,cdireto,ESpadrao,EFpadrao,pdireto,atrasa,resp,
cindireto,pindireto,V,cont_struct,tramificado,limite)

```

```

% Como explicado na Função PartiChegaNoInclui quando um nó atrasa/adianta
% Então os vetores p_direto,c_direto,p_indireto, c_indireto também serão
% reenumerados

```

```

clear slack critico ES EF LS LF cdireto_inclui pdireto_inclui cindireto_inclui pindireto_inclui

```

```

%-----ordena tramificado e renumera - ordem crescente-----

```

```

if length(tramificado)>2
    for cont=1:length(tramificado)
        menor=tramificado(cont);
        for cont1=cont+1:length(tramificado)
            if menor>tramificado(cont1)
                auxordena=menor+1;
                menor=tramificado(cont1);
                tramificado(cont1)=auxordena;
            end
        end
        ordena_ramificado(cont)=menor;
    end
end

clear tramificado

for cont=1:length(ordena_ramificado)
    tramificado(cont)=ordena_ramificado(cont);
end
end

```

```

fprintf('\nAnalise de tempos\n');

```

```

pdireto_inclui=pdireto;
cdireto_inclui=cdireto;

```

```
pindireto_inclui=pindireto;  
cindireto_inclui=cindireto;
```

```
if (pdireto~=0)  
    cont1=1;  
    while cont1<=length(tramificado)  
        for cont=1:length(pdireto)  
            if tramificado(cont)==cdireto(cont)  
                pdireto_inclui(length(pdireto)+1)=pdireto(cont);  
                cdireto_inclui(length(pdireto)+1)=cdireto(cont)+1;  
                cont2=cont;  
                if cont2<length(pdireto)  
                    cont2=cont2+1;  
                    pdireto_inclui(length(pdireto)+1)=pdireto(cont2);  
                    cdireto_inclui(length(pdireto)+1)=cdireto(cont2)+1;  
                end  
            end  
        end  
        cont1=cont1+1;  
    end  
end
```

```
if (pindireto~=0)  
    cont1=1;  
    while cont1<=length(tramificado)  
        for cont=1:length(pindireto)  
            if tramificado(cont)==cindireto(cont)  
                pindireto_inclui(length(pindireto)+1)=pindireto(cont);  
                cindireto_inclui(length(pindireto)+1)=cindireto(cont)+1;  
                cont2=cont;  
                if cont2<length(pindireto)  
                    cont2=cont2+1;  
                    pindireto_inclui(length(pindireto)+1)=pindireto(cont2);  
                    cindireto_inclui(length(pindireto)+1)=cindireto(cont2)+1;  
                end  
            end  
        end  
        cont1=cont1+1;  
    end  
end
```

```
i=1;  
w=1;
```

```
% S é inicialmente vazio
```

```
Sbarratf=[1:coluna];
```

```

for j=1:coluna      % marcação temporária para cada nó
    EF(j)=0;
    ES(j)=0;
end

ES(i)=0;
EF(i)=duracao_inclui(i);

while i<coluna
    for k=1:length(parti_inclui)
        sit=0;
        if i==parti_inclui(k)
            j=chega_inclui(k);
            final=EF(j);
            if cdireto~=0
                for y=1:length(cdireto_inclui)
                    if (j==cdireto_inclui(y))&(parti_inclui(k)==1)
                        ES(j)=ESpadrao(pdireto_inclui(y))+atrasa;
                        if EF(j)<=ES(j)
                            EF(j)=duracao_inclui(j);
                        end
                        if EF(j)<ES(j)+duracao_inclui(j)
                            EF(j)=ES(j)+duracao_inclui(j);
                        end
                        if EF(j)<=final
                            EF(j)=final;
                        end
                        sit=1;
                    end
                end
            end
        end
    end
    if cindireto~=0
        for y=1:length(cindireto_inclui)
            if (j==cindireto_inclui(y))&(parti_inclui(k)==1)
                ES(j)=EFpadrao(pindireto_inclui(y));
                if EF(j)<=ES(j)
                    EF(j)=duracao_inclui(j);
                end
                if EF(j)<ES(j)+duracao_inclui(j)
                    EF(j)=ES(j)+duracao_inclui(j);
                end
                if EF(j)<=final
                    EF(j)=final;
                end
                sit=1;
            end
        end
    end
end

```

```

end
end
if sit==0
    if ES(j)<EF(i)
        ES(j)=EF(i);
    end
    if EF(j)<=ES(j)
        EF(j)=duracao_inclui(j);
    end
    if EF(j)<ES(j)+duracao_inclui(j)
        EF(j)=ES(j)+duracao_inclui(j);
    end
    if EF(j)<=final
        EF(j)=final;
    end
    if length(tramificado)>2
        for cont=2:length(tramificado)-1
            if (tramificado(cont)+1)==j
                ES(j)=ES(j-1);
                EF(j)=EF(j-1);
            end
        end
    end
end
end
end
end
end
w=1;
if isempty(Sbarratf)==1
    Sbarratf=0;
else
    Sbarratf(w)=[];
end
Stf(i)=i;
i=i+1;
end

```

```

%-----%
%           Cálculo do tempo mais tarde de início e tempo mais tarde de término           %
%-----%

```

% O algoritmo do cálculo LS e LF foi desenvolvido com base no algoritmo de
 % Dijkstra e utilizando a rede de atividade por nó

% LS -> Tempo mais tarde de início (Last Start)
 % LF -> Tempo mais tarde de término (Last Finish)

```

i=coluna;

Sbarratf=[1:coluna];

for j=1:coluna
    LF(j)=inf;
    LS(j)=inf;
end

LS(i)=ES(i);
LF(i)=EF(i);
LS(1)=0;
LF(1)=0;

while i>1
    for k=1:length(parti_inclui)
        if i==chega_inclui(k)
            j=parti_inclui(k);
            inicio=LS(j);
            final=LF(j);
            if LF(j)> LS(i)
                LF(j)=LS(i);
                LS(j)=LF(j)-duracao_inclui(j);
            end
        end
    end
end

if isempty(Sbarratf)==1
    Sbarratf=NaN;
elseif length(Sbarratf)>=1
    Sbarratf(i)=[];
else
    Sbarratf=0;
end

Stf(i)=i;
i=i-1;
end

%-----%
%           Cálculo da Folga das Atividades           %
%-----%

% A folga é o tempo que uma determinada atividade pode atrasar sem atrasar
% o projeto

% slack=LS-ES ou slack=LF-EF

```

```

if length(LS)==length(ES)
    for j=1:length(ES)
        if LS(j)==Inf
            slack(j)=1000;
        else
            slack(j)=LS(j)-ES(j);
        end
    end
end
end

%-----%
%                               Cálculo Caminho Crítico                               %
%-----%

```

```

g=0;

for i=1:length(slack) % lista as atividades que compõem o caminho crítico
    if slack(i)==0
        g=g+1;
        critico_inclui(g)=i;
    end
end
end

```

```

function [c_total,Cn,W,L,E,O,Ad,considera]=CustoInclui(tf,coluna,limite,resp,ESpadrao,
EFpadrao,ES,EF,parti,cheга,nc,wc,sigma,beta,alpha,tau,top,V,cont_struct,tramificado,
margem,tolerancia,Cn_atrasa,rede_padrao,tNoRamificado,xmin_padrao)

```

```

% Considera o custo de incluir novo parceiro

% Calcula o custo do projeto considerando se há atraso ou adiantamento das
% atividades e o impacto que isso causa no decorrer da rede

```

```

clear Cn O W E L

```

```

%-----ordena tramificado e renumera - ordem crescente-----

```

```

if length(tramificado)>2
    for cont=1:length(tramificado)
        menor=tramificado(cont);
        for cont1=cont+1:length(tramificado)
            if menor>tramificado(cont1)
                auxordena=menor+1;
                menor=tramificado(cont1);
                tramificado(cont1)=auxordena;
            end
        end
    end
end

```

```

        end
    end
    ordena_ramificado(cont)=menor;
end

clear tramificado

for cont=1:length(ordena_ramificado)
    tramificado(cont)=ordena_ramificado(cont);
end
end

% Cn - Calculo do tempo de duração das atividades
% tempo de trabalho do nó incluso na rede - Ad - tempo adicional

Cn=Cn_atrasa;

for cont=1:length(Cn)
    Ad(cont)=0;
end

cont=1;
while cont<=length(tNoRamificado)
    cont1=2;
    while cont1<length(rede_padrao)
        if strcmp(tNoRamificado(cont),rede_padrao(cont1))
            Cn(cont1)=Cn_atrasa(cont1)/2;
            Ad(cont1)=Cn_atrasa(cont1)/2;
        end
        cont1=cont1+1;
    end
    cont=cont+1;
end

% Calculo do tempo de ociosidade das atividades sucessoras

cont1=1; % calcula desde o nó inicial até o nó final
cont2=2; % porque o nó inicial já terá sido calculado

if length(tramificado)<=2
    while (cont1<=tf+2)&(cont2<=coluna)
        if cont1<=resp % Calcula do nó inicial até resp
            O(cont1)=0;
            cont1=cont1+1;
        elseif (cont1>resp)&(cont2<=coluna)&(cont2~=limite)
            O(cont1)=max(0,ES(cont2)-ESpadrao(cont1));
            cont2=cont2+1;
        end
    end
end

```

```

        cont1=cont1+1;
    elseif cont2==limite
        cont2=cont2+1;
        O(cont1)= max(0,ES(cont2)-ESpadrao(cont1));
        cont2=cont2+1;
        cont1=cont1+1;
    end
end
elseif length(tramificado)>2
    cont=2;
    while (cont1<=tf+2)&(cont2<=coluna)&(cont<=length(tramificado)+1)
        if cont1<=resp    % Calcula do nó inicial até resp
            O(cont1)=0;
            cont1=cont1+1;
        elseif
(cont1>resp)&(cont<=length(tramificado))&(cont2<=coluna)&(cont2~=limite)&(cont2~=tramifi
cado(cont))&(cont2<tramificado(cont))
            O(cont1)= max(0,ES(cont2)-ESpadrao(cont1));
            cont2=cont2+1;
            cont1=cont1+1;
        elseif cont<=length(tramificado)
            while (cont<=length(tramificado))&(cont2<coluna)
                if(cont2==limite)|(cont2==tramificado(cont))
                    O(cont1)= max(0,ES(cont2)-ESpadrao(cont1));
                    cont2=cont2+1;
                    cont1=cont1+1;
                    if cont2==coluna
                        break
                    end
                end

                %-----Pula o nó incluso-----%
                cont2=cont2+1;

                %-----Verifica se há uma sequencia de inclusões----
                if cont<length(tramificado)
                    while (cont2==tramificado(cont+1))&(cont2<coluna)&(cont1<tf+2)
                        O(cont1)= max(0,ES(cont2)-ESpadrao(cont1));
                        cont=cont+1;
                        cont2=cont2+2;
                        cont1=cont1+1;
                        if cont>=length(tramificado)
                            break
                        end
                    end
                end
            end
        if(cont>length(tramificado))&(cont2>coluna)&(cont1>tf+2)
            break
        end
    end
end

```

```

end
%-----

    O(cont1)= max(0,ES(cont2)-ESpadrao(cont1));
    cont=cont+1;
    cont2=cont2+1;
    cont1=cont1+1;

    if (cont<=length(tramificado))&(cont2==tramificado(cont)+1)
        cont2=cont2+1;
        O(cont1)= max(0,ES(cont2)-ESpadrao(cont1));
        cont2=cont2+1;
        cont1=cont1+1;
        cont=cont+1;
    end

else
    break
end
end

elseif (cont>=length(tramificado))&(cont2<=coluna)
    O(cont1)= max(0,ES(cont2)-ESpadrao(cont1));
    cont2=cont2+1;
    cont1=cont1+1;
end
end
end

% Calcula tempo de armazenamento

cont1=1; % calcula desde o nó inicial até o nó final
cont2=2; % porque o nó inicial já terá sido calculado

if length(tramificado)<=2
    while (cont1<=tf+2)&(cont2<=coluna)
        if cont1<=resp % Calcula do nó inicial até resp
            W(cont1)=0;
            cont1=cont1+1;
        elseif (cont1>resp)&(cont2~=limite)&(cont2<=coluna)
            W(cont1)= max(0,ESpadrao(cont1)-ES(cont2));
            cont2=cont2+1;
            cont1=cont1+1;
        elseif (cont2==limite)
            cont2=cont2+1;
            W(cont1)= max(0,ESpadrao(cont1)-ES(cont2));
            cont2=cont2+1;
        end
    end
end

```

```

        cont1=cont1+1;
    end
end
elseif length(tramificado)>2
    cont=2;
    while (cont1<=tf+2)&(cont2<=coluna)&(cont<=length(tramificado)+1)
        if cont1<=resp    % Calcula do nó inicial até resp
            W(cont1)=0;
            cont1=cont1+1;
        elseif
(cont1>resp)&(cont<=length(tramificado))&(cont2<=coluna)&(cont2~=limite)&(cont2~=tramifi
cado(cont))&(cont2<tramificado(cont))
            W(cont1)= max(0,ESpadrao(cont1)-ES(cont2));
            cont2=cont2+1;
            cont1=cont1+1;
        elseif cont<=length(tramificado)
            while (cont<=length(tramificado))&(cont2<coluna)
                if(cont2==limite)|(cont2==tramificado(cont))
                    W(cont1)= max(0,ESpadrao(cont1)-ES(cont2));
                    cont2=cont2+1;
                    cont1=cont1+1;
                    if cont2==coluna
                        break
                    end
                %-----Pula o nó incluso-----%
                cont2=cont2+1;

                %-----Verifica se há uma sequência de inclusões----
                if cont<length(tramificado)
                    while (cont2==tramificado(cont+1))&(cont2<coluna)&(cont1<tf+2)
                        W(cont1)= max(0,ESpadrao(cont1)-ES(cont2));
                        cont=cont+1;
                        cont2=cont2+2;
                        cont1=cont1+1;
                        if cont>=length(tramificado)
                            break
                        end
                    end
                end
            end
        end
        if(cont>length(tramificado))&(cont2>coluna)&(cont1>tf+2)
            break
        end
        %-----%

        W(cont1)= max(0,ESpadrao(cont1)-ES(cont2));
        cont2=cont2+1;

```

```

    cont1=cont1+1;
    cont=cont+1;

    if (cont<=length(tramificado))&(cont2==tramificado(cont)+1)
        cont2=cont2+1;
        W(cont1)= max(0,ESpadrao(cont1)-ES(cont2));
        cont2=cont2+1;
        cont1=cont1+1;
        cont=cont+1;
    end

    else
        break
    end
end
elseif (cont>=length(tramificado))&(cont2<=coluna)
    W(cont1)= max(0,ESpadrao(cont1)-ES(cont2));
    cont2=cont2+1;
    cont1=cont1+1;
end
end
end

% Estima quanto tempo mais cedo (E) ou mais tarde (L) o consumidor recebe o
% produto final

L=max(0,EF(coluna)-EFpadrao(tf+2));
E=max(0,EFpadrao(tf+2)-EF(coluna));

% Se for necessario armazenar, o armazenamento será até o periodo que se
% inicia a margem de tolerancia

considera=0;
intervalo=xmin_padrao(tf+2)-xmin_padrao(tf+2)*(1-tolerancia);

if W(tf+2)>0
    considera=max(0,W(tf+2)-intervalo);
    if considera>0
        fprintf('\nProduto armazenado até liberação\n');
        E=intervalo;
    end
    W(tf+2)=considera;
end

%custo total do projeto = custo por tempo de operação de tarefas + custo
%por tempo de ociosidade + custo por tempo de armazenagem + custo por
%tempo de atraso da entrega do projeto + custo/bônus o por tempo adiantado

```

```

%da entrega do projeto+custo por tempo adicional trabalhado

% se o período adiantado está dentro da margem de tolerância, o adiantamento
% é bonificado, caso contrário, penalizado.

if (margem>=0)&(margem<=tolerancia)&(considera>0)

    % nesta situação o produto é armazenado até que atinja o prazo mínimo
    % para a entrega, assim, pagará o armazenamento e terá a bonificação de
    % entregar dentro do prazo estabelecido

    fprintf('\nCusto calculado para tempo dentro da margem de tolerância\n');

    bonus_alpha=-alpha;

    c_total=Cn*nc+O*sigma+W*wc+L*beta+intervalo*bonus_alpha+Ad*tau;
elseif (margem>=0)&(margem<=tolerancia)&(considera<=0)

    fprintf('\nCusto calculado para tempo dentro da margem de tolerância\n');

    bonus_alpha=-alpha;

    c_total=Cn*nc+O*sigma+W*wc+L*beta+E*bonus_alpha+Ad*tau;
else

    c_total=Cn*nc+O*sigma+W*wc+L*beta+E*alpha+Ad*tau;
end

```