

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROF. AMIR MATTAR VALENTE

Sistemas de Transportes



APOSTILA
2022-1

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
COORDENADORIA DE ENSINO**

**DISCIPLINA ECV-2405 - SISTEMAS DE TRANSPORTE
DISCIPLINA ECV-5119 – SISTEMAS DE TRANSPORTES
PROFESSOR: AMIR MATTAR VALENTE**

2022-1

Florianópolis (SC)

PLANOS DE ENSINO
Turmas 04201-A e 04201-B
Turmas 05201 e 06212

1. Informações

1.1 Gerais

Ano/semestre	2022/1	
Disciplina	Sistemas de Transporte	
Código	ECV 2405 – (ECV 5119 - antigo)	Natureza: Obrigatória
Hora aula/semana	3 (três)	Horas aula/total: 54
Vagas	25 vagas – Turma 04201-A (Eng. Civil) – ECV 2405	
	25 vagas – Turma 04201-B (Eng. Civil) – ECV 2405	
	50 vagas – Turma 05201 (Eng. Civil) – ECV 5119	
	25 vagas – Turma 06212 (Eng. Produção Civil) – ECV 5119	
Pré-requisito	Fotogrametria	
Oferta (curso)	Engenharia Civil	
Professor	Amir Mattar Valente	e-mail: amir.valente@ufsc.br

1.2 Específicas

Turmas	Local	Horário
04201-A	ECV303-B	217103
04201-B	ECV303-B	217103
05201	ECV303-B	315103
06212	ECV303-B	315103

1.3 Ementa (ECV2405)

Introdução à engenharia de transportes. Os transportes no Brasil. Desenho urbano e o processo de urbanização. Planos globais e setoriais de transportes. Noções de planejamento de transportes. Métodos de previsão de demanda. Coordenação das modalidades de transportes. Aspectos técnicos e econômicos das modalidades de transportes. Qualidade dos sistemas de transportes. Soluções relacionadas ao transporte coletivo. Transportes especializados. Terminais. Sistemas viários interurbanos. Avaliação econômica de projetos rodoviários. Benefícios e custos. Introdução a Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS).

1.4 Ementa (ECV5119)

Concepções da estrutura urbana no século XX. Planos globais e setoriais de transportes. Metodologia de um plano de transporte. Qualidade dos sistemas de transportes.

Transportes especializados. Aspectos técnicos e econômicos das modalidades de transportes. Os transportes no Brasil. Viabilidade econômica de projetos rodoviários.

2. Objetivos

- **Objetivo Terminal**

Apresentar informações e conhecimentos básicos acerca dos sistemas de transportes e suas diversas modalidades.

- **Objetivos Específicos**

Expor características e peculiaridades de cada modalidade de transporte.

Apresentar noções de desenho urbano e sistemas de transporte urbano.

Introduzir o aluno na prática de avaliação de projetos rodoviários.

3. Conteúdo programático (especificações/cronograma)

Turmas 04201-A e 04201-B

Semana	Aula	Conteúdo		Proced. Didático	Horas aula	Data
		Cap.	Tema (*)			04201-A 04201-B
1	01	--	Semana de Integração Acadêmica da Graduação	--	3	11/04/2022
2	02	1	Plano de Ensino Introdução a Engenharia de Transportes	AEX	3	18/04/2022
3	03	2	Aspectos Técnicos e Econômicos dos Sist. Transportes Sistema Aquaviário – Sistema Rodoviário	AEX	3	25/04/2022
4	04	2	Sistema Ferroviário – Sistema Aéreo Sistema Dutoviário – Sistema Multimodal	AEX	3	02/05/2022
5	05	2	Transporte Urbano e Concepções da Estrutura Urbana Processo de Urbanização – Estratégias Alternativas de Transporte Urbano	AEX	3	09/05/2022
6	06	2	Sistemas Inteligentes de Transporte - ITS. Desenho Urbano – Algumas ideias Pioneiras	AEX	3	16/05/2022
7	07	--	PRIMEIRA PROVA PARCIAL	OTR	3	23/05/2022
8	08	4	Noções de Planejamento de Transportes – Planos Globais e Setoriais.	AEX	3	30/05/2022
9	09	4	Metodologia de um Plano de Transporte / APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS	AEX / OTR **	4	06/06/2022
10	10	5	Avaliação de Projetos de Transportes APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS	AEX / OTR**	4	13/06/2022
11	11	5	Avaliação Econômica e Avaliação Financeira / APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS	AEX / OTR**	4	20/06/2022
12	12	5	Custos, Benefícios e Externalidades SEMINÁRIO APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS	AEX / OTR	3	27/06/2022
13	13	6	Coordenação das Modalidades de Transportes	AEX	3	04/07/2022
14	14	6	Equipamentos Úteis na Coordenação de Transportes	AEX	3	11/07/2022
15	15	--	SEGUNDA PROVA PARCIAL	OTR	3	18/07/2022
16	16	--	REVISÃO	OTR	3	25/07/2022
17	17	--	ATIVIDADE AVALIATIVA DE RECUPERAÇÃO	OTR	3	01/08/2022
	Totais				54 H.AULA	

Procedimentos Didáticos: AEX – AULA EXPOSITIVA OTR – OUTROS

(*) Sem prejuízo do conteúdo, a ordem de apresentação poderá ser alterada, conforme o andamento das atividades.

(**) **OBSERVAÇÃO:** As aulas nestas datas serão estendidas por mais uma hora.aula em função da apresentação dos Seminários.

**3.1 Conteúdo programático (especificações/cronograma)
Turmas 05201 e 06212**

Semana	Aula	Conteúdo		Proced. Didático	Horas aula	Data
		Cap.	Tema (*)			05201 06212
1	01	--	Semana de Integração Acadêmica da Graduação	--	3	12/04/2022
2	02	1	Plano de Ensino Introdução a Engenharia de Transportes	AEX	3	19/04/2022
3	03	2	Aspectos Técnicos e Econômicos dos Sist. Transportes Sistema Aquaviário – Sistema Rodoviário	AEX	3	26/04/2022
4	04	2	Sistema Ferroviário – Sistema Aéreo Sistema Dutoviário – Sistema Multimodal	AEX	3	03/05/2022
5	05	2	Transporte Urbano e Concepções da Estrutura Urbana Processo de Urbanização – Estratégias Alternativas de Transporte Urbano	AEX	3	10/05/2022
6	06	2	Sistemas Inteligentes de Transporte - ITS. Desenho Urbano – Algumas ideias Pioneiras	AEX	3	17/05/2022
7	07	--	PRIMEIRA PROVA PARCIAL	OTR	3	24/05/2022
8	08	4	Noções de Planejamento de Transportes – Planos Globais e Setoriais.	AEX	3	31/05/2022
9	09	4	Metodologia de um Plano de Transporte / APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS	AEX / OTR **	4	07/06/2022
10	10	5	Avaliação de Projetos de Transportes APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS	AEX / OTR**	4	14/06/2022
11	11	5	Avaliação Econômica e Avaliação Financeira / APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS	AEX / OTR**	4	21/06/2022
12	12	5	Custos, Benefícios e Externalidades SEMINÁRIO APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS	AEX / OTR	3	28/06/2022
13	13	6	Coordenação das Modalidades de Transportes	AEX	3	05/07/2022
14	14	6	Equipamentos Úteis na Coordenação de Transportes	AEX	3	12/07/2022
15	15	--	SEGUNDA PROVA PARCIAL	OTR	3	19/07/2022
16	16	--	REVISÃO	OTR	3	26/07/2022
17	17	--	ATIVIDADE AVALIATIVA DE RECUPERAÇÃO	OTR	3	02/08/2022
	Totais				54 H.AULA	

Procedimentos Didáticos: AEX – AULA EXPOSITIVA OTR – OUTROS

(*) Sem prejuízo do conteúdo, a ordem de apresentação poderá ser alterada, conforme o andamento das atividades.

() OBSERVAÇÃO:** As aulas nestas datas serão estendidas por mais uma hora. aula em função da apresentação dos Seminários.

4. Avaliação

- **Duas Provas, cada uma com peso 1;**
- **Um trabalho escrito, em equipe de 4 a 5 alunos, com apresentação em seminário e entrega de texto, em pdf, sobre o tema apresentado (peso 1);**
- **Prova substitutiva;**

Sumário

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	19
1.1. CONTEXTO	19
1.2. IMPORTÂNCIA	19
1.3. OS TRANSPORTES NO BRASIL	19
1.4. ENGENHARIA DE TRANSPORTES	20
1.5. APLICAÇÕES.....	20
1.6. TRABALHO COM APRESENTAÇÃO EM SEMINÁRIO	22
CAPÍTULO 2. ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES	25
2.1. INTRODUÇÃO	25
2.1.1. Definição de sistema	25
2.1.2. Delimitação.....	26
2.1.3. Principais elementos de um sistema de transporte	26
2.1.4 – Sistemas de Transporte Inteligentes – ITS	27
2.1.4.1 - Definição	27
2.1.4.2 - Vantagens	27
2.1.4.3 - Aplicações	27
2.2. SISTEMA AQUAVIÁRIO.....	29
2.2.1 – Considerações Gerais	29
2.2.2 – Contextualização	29
2.2.2.1 – Em nível internacional	29
2.2.2.2 – Contexto Brasileiro	31
2.2.2.3 – Contexto Catarinense	33
2.2.3 – Principais Características do Transporte Aquaviário	33
2.2.4. Alguns conceitos e definições.....	34
2.2.4.1. Relacionados à Gestão	34
2.2.4.2. Relacionados à Operação	36
2.2.4.3. Relacionados aos Terminais	37
2.2.4.3.1. Terminal de passageiros	37
2.2.4.3.2. Terminal de cargas	37
2.2.4.4. Relacionados à Estrutura Portuária de Apoio	42
2.2.4.5. Relacionados à “Área Seca” do Porto	48
2.2.4.6. Relacionados à Hidrovia	48
2.2.4.7. Relacionados às Embarcações	54
2.2.5. Tipos de Embarcações	58
2.2.5.1 – Para transportes de cargas	58
2.2.5.2 – Para transportes de passageiros	62
2.2.5.3 – Para operações especiais – Transportes Especializados	64
2.2.6. Tipos de Navegação.....	66

2.2.7. Classificação das Cargas a serem Transportadas.....	67
2.3. SISTEMA RODOVIÁRIO	73
2.3.1. Considerações gerais.....	73
2.3.2. Contexto Brasileiro	73
2.3.3. Contexto Catarinense	74
2.3.4. Principais Características do Transporte Rodoviário	76
2.3.5. Alguns conceitos e definições.....	76
2.3.5.1. Relacionados à projetos	76
2.3.5.2. Relacionados à via	78
2.3.5.3. Relacionados à operação	79
2.3.6 – Classificação funcional das rodovias interurbanas	81
2.4. SISTEMA FERROVIÁRIO.....	87
2.4.1. Considerações gerais.....	87
2.4.2. Contexto Brasileiro	87
2.4.3. Contexto Catarinense	89
2.4.4. Principais Características do Transporte Ferroviário	89
2.4.5. Alguns conceitos e definições.....	90
2.4.5.1. Relacionados à Estrutura Viária	90
2.4.5.2. Relacionados às Vias	91
2.4.5.3. Relacionados aos Terminais	98
2.4.5.4. Relacionados aos Pátios Ferroviários	98
2.4.5.5. Relacionados aos Veículos	100
2.4.5.6. Relacionados à Operação	102
2.4.6. Cargas Típicas do Transporte Ferroviário	104
2.5. SISTEMA AÉREO	105
2.5.1. Considerações gerais.....	105
2.5.2. Principais características do Transporte Aéreo	106
2.5.3. Alguns conceitos e definições.....	107
2.5.3.1. Relacionados à Gestão	107
2.5.3.2. Relacionados à Operação	108
2.5.3.3. Relacionados aos Terminais	110
2.5.3.4. Relacionados aos Veículos	111
2.5.4. Classificação dos Sistemas de Transporte Aéreo quanto aos Níveis de Atuação	115
2.5.4.1. Doméstico Regional (Brasil)	115
2.5.4.2. Doméstico Nacional (Brasil)	116
2.5.4.3. Internacional	116
2.6. SISTEMA DUTOVIÁRIO	117
2.6.1. Considerações gerais.....	117
2.6.2. Principais características do Transporte Dutoviário	118
2.6.3. Alguns conceitos e definições.....	118
2.6.3.1. Relacionados aos produtos transportados	118
2.6.3.2. Relacionados ao material	119
2.6.4. Relacionados à posição no solo	121
2.7. SISTEMA MULTIMODAL.....	124
2.7.1. Multimodalidade	124
2.7.2. Intermodalidade	124

CAPÍTULO 3. TRANSPORTE URBANO E CONCEPÇÕES DA ESTRUTURA URBANA 125

3.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO 125

3.1.1. Origem	125
3.1.2. Consequências da Urbanização Acelerada	126
3.1.3. O Homem e os Transportes Urbanos	126
3.1.3.1. Oferta viária e de serviços	126
3.1.3.2. Demanda pelo sistema viário urbano e por serviços	126
3.1.3.3. Compatibilização entre oferta e demanda	126
3.1.3.4. Transporte individual e transporte coletivo	127

3.2. ESTRATÉGIAS ALTERNATIVAS PARA O TRANSPORTE URBANO 129

3.2.1. Soluções que exigem elevado volume de investimentos no sistema viário	129
3.2.1.1 Construção de Anéis Rodoviários	129
3.2.1.2 Ampliação física do sistema viário	129
3.2.2. Medidas que atuam junto à demanda	129
3.2.2.1. Políticas de uso do solo	129
3.2.2.2. Flexi-time	130
3.2.2.3. Controle sobre a entrega de cargas em caminhões	130
3.2.3. Medidas financeiras	130
3.2.3.1 Taxas de estacionamento	130
3.2.3.2. Park and Ride	130
3.2.3.3 Política Tarifária	131
3.2.3.4 Pedágio	131
3.2.4. Engenharia de tráfego	132
3.2.4.1 Fluxos de Tráfego	132
3.2.4.2 Controle dos Fluxos de Tráfego	133
3.2.4.3 Regras de Circulação Viária	133
3.2.4.4 Vias Exclusivas	134
3.2.5 Intersecções.....	135
3.2.5.1. Intersecções em nível	135
3.2.5.1.1. Quanto à forma	135
3.2.5.1.2. Quanto ao sistema de funcionamento	136
3.2.5.2 Intersecções em desnível	140
3.2.5.2 – Simuladores para intersecções	142
3.2.6 Dispositivos Eletrônicos.....	142
3.2.6.1 Dispositivos para coleta de dados de tráfego	143
3.2.6.2 Equipamentos para medição de velocidade	144
3.2.6.3 Detectores por imagem	145
3.2.6.4 Equipamentos para controle de tráfego	145
3.2.7 “Traffic Calming”	146
3.2.8. Soluções relacionadas ao transporte coletivo.....	150
3.2.8.1 Sistemas Convencionais	150
3.2.8.2 Conceitos	150
3.2.8.3 Classificação das linhas de ônibus e alternativas de uso	150
3.2.8.4 - Sistemas de Transporte de Massa	151
3.2.8.4.1 – Sistemas Integrados Tecnologia Ônibus - SIONs	151
3.2.8.4.3 - “Bus Rapid Transit” (BRT)	159
3.2.8.4.4 – Monotrilho.....	161
3.2.8.4.5 - Veículo Leve sobre Trilhos – VLT	162
3.2.8.4.6 - Sistema de pré-metrô.....	163
3.2.8.4.7 - Sistema de Metrô	164
3.2.8.4.8 - Implantação de sistema de trem urbano	165
3.2.8.5 - Sistemas Especiais – Transportes Especializados	166

3.2.8.5.1 – Linhas Urbanas Especiais	166
3.2.8.5.2 - Sistema de trólebus.....	167
3.2.8.5.3 - Ônibus Anfíbio ou “Anfibus”	169
3.2.8.5.4 – Barcas	169
3.2.8.5.5 - “Ferry-boats”	170
3.2.8.5.6 - Teleféricos	170
3.2.8.5.7 – Funicular	171
3.2.8.5.8 - “Personal rapid transit” (PRT)	172
3.2.8.5.9 - Aeromóvel – Aerodynamic Movement Elevated	173
3.2.9 - Sistema Ciclovário	175
3.2.9.1 – As Vias	175
3.2.9.1.1 – Ciclovias	175
3.2.9.1.2. – Ciclofaixas	176
3.2.9.1.3 - Ciclo-rotas.....	176
3.2.9.2 – Os veículos	177
3.2.9.2.1 - Bicicletas convencionais	177
3.2.9.2.2 - Bicicletas motorizadas.....	177
3.2.9.3 – Os terminais	178
3.2.9.4 – Integração	178
3.3 DESENHO URBANO: ALGUMAS IDEIAS PIONEIRAS	179
3.3.1. Cidades novas	179
3.3.1.1. Objetivos de sua construção	179
3.3.1.2. Princípios quanto à estrutura física e aos movimentos	179
3.3.2. Unidade de vizinhança	180
3.3.3. Utopia	181
3.3.4. Cidade linear	182
3.3.5. Cidade industrial.....	182
3.3.6. Cidade jardim	183
3.3.7. Cidade parque	185
3.3.7.1. Dimensionamento	185
3.3.7.2. Objetivos fundamentais	185
3.3.7.3. Descrição	185
3.3.8. Brasília	186
3.3.8.1. Concepção	186
3.3.8.2. Plano piloto	187
3.3.8.3. Cidades-satélites	188
CAPÍTULO 4. NOÇÕES DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES – PLANOS GLOBAIS E SETORIAIS DE TRANSPORTES.....	189
4.1. INTRODUÇÃO	189
4.2. CONTEXTO	189
4.3. METODOLOGIA DE UM PLANO DE TRANSPORTE.....	190
4.3.1. Introdução	190
4.3.2. Alguns Estudos de Planejamento	190
4.3.3. Etapas de Planejamento	191
4.3.3.1. Identificação Prévia de Necessidades e de Problemas de Transportes	191
4.3.3.2. Formulação dos Objetivos e Metas	192
4.3.3.3. Modelagem do Sistema	192
4.3.3.3.1. Considerações Iniciais.....	192
4.3.3.3.2. Modelagem Espacial.....	193

4.3.3.3.3. Modelagem dos fluxos de tráfego	197
4.3.3.3.4. Modelagem quatro etapas	198
4.3.3.4. Pesquisas Necessárias	203
4.3.3.5. Calibração e Validação	206
4.3.3.6. Métodos de Previsão	207
4.3.3.7. Formulação de Alternativas	209
4.3.3.8. Avaliação das Alternativas	209
4.3.3.9. Seleção de Alternativas	209
4.3.3.10. Acompanhamento na Implantação do Plano	209
4.3.3.11. Reavaliação	209

CAPÍTULO 5. AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE TRANSPORTES E VIABILIDADE DE PROJETOS RODOVIÁRIOS 211

5.1. FINALIDADE 211

5.2. AVALIAÇÃO ECONÔMICA..... 211

5.3. AVALIAÇÃO FINANCEIRA 211

5.4. FASES 212

5.4.1. Definição da Área de Influência do Projeto e Modelagem Espacial	212
5.4.1.1. Definição da área de influência do projeto	212
5.4.1.2. Delimitação	213
5.4.1.3. Estudo da rede viária	213
5.4.2. Modelagem e determinação dos Fluxos de Transportes	214
5.4.2.1. Abrangência	214
5.4.2.2. Situações	214
5.4.2.2.1. <i>Situação atual</i>	214
5.4.2.2.2. <i>Situação futura</i>	214
5.4.3. Estudos de Tráfego	215
5.4.3.1. Introdução	215
5.4.3.2. Elementos adotados no estudo	215
5.4.3.3. Determinação do tráfego atual	215
5.4.3.4. Tráfego Futuro	215
5.4.3.4.1. <i>Tráfego normal</i>	215
5.4.3.4.2. <i>Tráfego desviado</i>	215
5.4.3.4.3. <i>Tráfego gerado</i>	216
5.4.4. Determinação dos Custos e dos Benefícios	218
5.4.4.1. Custos	218
5.4.4.1.1. <i>Relacionados à via</i>	218
5.4.4.1.2. <i>Relacionados aos veículos</i>	219
5.4.4.1.3. <i>Relacionados aos Usuários</i>	220
5.4.4.2. Benefícios	220
5.4.4.2.1. <i>Classificação dos Benefícios</i>	220
5.4.4.2.2. <i>Economias Unitárias</i>	221
5.4.4.2.3. <i>Economias Anuais</i>	221
5.4.4.2.4. <i>Benefícios Totais</i>	221
5.4.4.3. Externalidades	221
5.4.5. Avaliação Econômica ou Financeira	223
5.4.5.1 Indicadores de Viabilidade	223
5.4.5.2. O uso da matemática financeira	224
5.4.5.2.1. <i>Fator de acumulação de capital para um valor único – FAC (VU)</i>	225
5.4.5.2.2. <i>Fator de acumulação de capital para série uniforme – FAC (SU)</i>	226

5.4.5.2.3. Fator de valor atual para um valor único – FVA (VU).....	227
5.4.5.2.4. Fator de valor atual para série uniforme – FVA (SU).....	228
5.4.5.2.5. Fator de Recuperação de Capital para Série Uniforme – FRC (SU).....	229
5.4.5.2.6. Fator de Formação de Capital para Série Uniforme – FFC (SU).....	230

5.5. EXEMPLOS DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE UM PROJETO RODOVIÁRIO 233

5.5.1. Exemplo 1.....	233
5.5.2. Exemplo 2.....	240

5.6. EXERCÍCIOS PROPOSTOS 242

5.6.1. Exercício 1.....	242
5.6.2. Exercício 2.....	243

CAPÍTULO 6. COORDENAÇÃO DAS MODALIDADES DE TRANSPORTES 244

6.1. RELACIONAMENTO ENTRE AS MODALIDADES DE TRANSPORTE 244

6.2. PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUENCIAM O USUÁRIO NA ESCOLHA DO MEIO DE TRANSPORTE 245

6.3. QUALIDADE DE UM SISTEMA DE TRANSPORTE 246

6.4. TERMINAIS..... 246

6.4.1. Conceituação.....	246
6.4.2. Importância.....	247
6.4.3. Tipos de serviços.....	247
6.4.4. Capacidade.....	247
6.4.5. Tipos de Terminais de Cargas.....	248
6.4.6. Classificação dos Terminais de Cargas quanto ao Uso.....	251

6.5. EQUIPAMENTOS ÚTEIS NA COORDENAÇÃO DE TRANSPORTES..... 252

6.5.1 – Para Cargas Unitizadas.....	252
6.5.1.1. Cofres de Carga (Contêineres).....	252
6.5.1.2 - Vantagens em relação à carga geral.....	252
6.5.1.3 Elementos necessários a uma boa operação com contêineres.....	252
6.5.1.4 Tipos de contêineres.....	252
6.5.1.5 Quanto ao tamanho.....	253
6.5.1.6 Quanto à utilização.....	253
6.5.1.7 Materiais utilizados na fabricação de contêineres.....	258
6.5.1.8 Alguns equipamentos utilizados nas operações com contêineres.....	258
6.5.1.9. Paletes.....	261
6.5.1.10. "Piggybacks".....	262
6.5.1.11. "Roadrillers".....	263
6.5.2 Para Granéis Sólidos.....	264
6.5.2.1 Introdução.....	264
6.5.2.2 Equipamentos.....	265
6.5.3. Para Granéis Líquidos e Gasosos.....	269
6.5.3.1. Dutos.....	269
6.5.3.2. Tanques.....	269
6.5.4. Para Carga Rodante.....	271

6.6. OPERAÇÕES NOS TERMINAIS	272
6.7. OPERAÇÕES DE TRANSPORTE	274
6.8. LOGÍSTICA	276
6.8.1. Definição de Logística	276
6.8.2. Logística de Produção e Consumo	276
6.8.3. Importância da Logística	277
6.8.4. Alguns Conceitos Utilizados	277
6.8.5. Logística de Pós-Consumo	280
6.8.5.1. Logística Reversa	280
6.8.5.2. Logística Inversa	280
6.8.6. Macrologística	281
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	282
ANEXOS	290
ANEXO A	292
ABNT NBR 14724/2011 – INFORMAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO – TRABALHOS ACADÊMICOS – APRESENTAÇÃO	292
ANEXO B	308
SOFTWARE MIKE 3 WAVE FM	308
ANEXO C	310
TABELAS REFERENTES ÀS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA PROJETOS DE RODOVIAS	310
ANEXO D	314
✓ CAPACIDADE DE RODOVIAS	314
✓ TABELA DE NÍVEIS DE SERVIÇO PARA RODOVIAS DE DUAS FAIXAS	314
ANEXO E	320
TABELA DE CLASSIFICAÇÕES DO DNIT	320
ANEXO F	326
LINHAS POINT-TO-POINT, P2P E HUB-AND-SPOKE (H&S)	326
ANEXO G	328
EXEMPLOS REFERENTES A MODELOS DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES	328
ANEXO H	334
EXEMPLO DE DETERMINAÇÃO DO TRÁFEGO ATUAL	334
ANEXO I	340
MÉTODO DO COMPRIMENTO VIRTUAL E TABELAS DE FATORES VIRTUAIS PARA CÁLCULO DE CUSTOS OPERACIONAIS	340

ANEXO J	358
SISTEMAS DE AMORTIZAÇÃO (SAC E PRICE)	358
ANEXO K	360
ALGUNS CONCEITOS BÁSICOS DE MATEMÁTICA FINANCEIRA.....	360
ANEXO L	368
RESOLUÇÃO DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS	368

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO

Um sistema de transporte trata do deslocamento de bens ou pessoas entre pontos de origem e destino.

- **Necessita de:** Vias;
Veículos;
Terminais.

Com o aumento da demanda pelos deslocamentos, o problema torna-se mais complexo, precisando-se também de outros elementos como legislação específica e sistema de controle.

Transporte é fator essencial ao desenvolvimento de uma empresa, cidade, região ou nação. Cabe ao governo dar condições de atendimento à demanda.

1.2. IMPORTÂNCIA

O desenvolvimento de um estado em relação à economia e a sociedade depende fundamentalmente de itens como:

- **Alimentação**
- **Educação**
- **Energia**
- **Saúde**
- **Transportes**

1.3. OS TRANSPORTES NO BRASIL

Todos os países, especialmente os relativamente jovens como o Brasil, necessitam de políticas eficientes de transportes, tanto de cargas como pessoas, interligada a rotas comerciais globais.

Como se sabe, na economia tem-se dois polos: um produtor e um consumidor, normalmente afastados. Daí vem a importância do sistema de transporte. Quanto mais eficiente for o transporte melhores serão as condições de ligação entre esses polos. Isto reflete no custo final de cada produto resultando, menores preços.

Além do aspecto econômico, transporte também significa desenvolvimento social, contribuindo com segmentos como saúde, educação e cultura.

Ao longo do texto serão encontrados alguns exemplos e citações relacionados à prática dos transportes no Brasil.

1.4. ENGENHARIA DE TRANSPORTES

Sabe-se que perdas anuais na produção agrícola brasileira devido às dificuldades de transporte atingem milhões de toneladas.

Sabe-se também que demanda por transportes nos centros urbanos normalmente cresce mais do que a oferta viária.

- Portanto é necessário: Planejar;
Projetar;
Construir;
Operar;
Manter.

Tais atividades estão diretamente ligadas à engenharia de transportes e inseridas em um sistema de gestão de infraestrutura. Neste sistema geralmente os recursos são bastante inferiores às necessidades. Dessa forma é fundamental otimizar o funcionamento de tal sistema e para tal há que se ter um esforço na formação de profissionais voltados a atuação na engenharia de transportes.

1.5. APLICAÇÕES

As aplicações na área de Engenharia de Transportes abrangem diferentes setores podendo-se citar:

- Setores: Rodoviário;
Ferroviário;
Hidroviário: Marítimo;
Fluvial;
Lacustre.

Aeroviário;
Dutoviário;
Pedestres;
Terminais;
Transporte Urbano Regional.

Exemplos de aplicação:

- a) Avaliação econômica da pavimentação de uma estrada.
 - Considerar:
 - Custo das obras;
 - Custo de conservação;
 - Custo de operação dos veículos;
 - Tráfego;
 - Tempo das viagens.
 - Calcula-se:
 - Relação B/C;
 - Valor atual;
 - TIR;
 - Ano ótimo de abertura ao tráfego.
- b) Eletrificação ou dieselização de uma ferrovia.
 - Levar em conta:
 - Custo das instalações (capital e manutenção);
 - Custo das locomotivas (capital e manutenção);
 - Custo da energia elétrica;
 - Custo do diesel;
 - Previsões de tráfego.
- c) Plano de expansão, em estágios, de um terminal portuário.

Consiste em definir datas em que deverão ser postos em operação novos berços de atracação, de forma a minimizar uma determinada função de custos (implantação, manutenção, espera) dada uma curva de projeção da demanda ao longo do tempo.
- d) Dimensionar uma frota homogênea de aviões comerciais, dado um esquema de horários de voos diários servindo as cidades A, B e C.

Resolução → minimização do tempo morto global das aeronaves.
Tempo total de voo → fixo.
- e) Planejamento de Transportes (regional): Planos Diretores de Transportes
- f) Planejamento de Transportes (urbano): Estudo do metrô → SP

1.6. TRABALHO COM APRESENTAÇÃO EM SEMINÁRIO

1.6.1 – Composição das equipes

As equipes para apresentação do trabalho, em seminário, deverão ser compostas de 04 (quatro) a 05 (cinco) integrantes.

1.6.2 – Conteúdo

Os trabalhos deverão descrever o tema escolhido, abordando seus aspectos teóricos e práticos, e se possível, descrevendo alguma experiência ou estudo de caso.

1.6.3 – Parte escrita

A parte escrita deverá ser enviada através de arquivo eletrônico (pdf), contendo no mínimo 30 (trinta) páginas numeradas, vide ABNT 14724 de 2011 – **(ANEXO A da Apostila desta disciplina)**; capa contendo título do trabalho, nomes dos componentes da equipe e data; índice ou sumário; introdução; conteúdo técnico em capítulos; conclusão; bibliografia. Quando existirem gráficos ou figuras onde as cores são fundamentais para entendimento dos mesmos, deverão ser utilizadas cores notadamente diferentes; deverão ser citadas fontes de figuras e de textos retirados de livros ou de pesquisas na internet.

1.6.4 – Apresentação

O trabalho deverá ser apresentado em seminário, em PowerPoint, nas datas fixadas na programação da disciplina sendo que não é necessário entregar o arquivo da apresentação.

1.6.5 – Prazo

Os trabalhos serão entregues ao professor (através do e-mail: amir.valente@ufsc.br) em datas determinadas no plano de ensino da disciplina.

1.6.6 – Sugestões de temas

- a - Prioridade para ônibus nos centros urbanos.
- b - Tarifas e estrutura tarifária.
- c - Inovações tecnológicas para o transporte coletivo urbano.
- d - Avaliação de projetos de transporte urbano: aspectos econômicos, financeiros e sociais e os relativos ao meio ambiente.
- e - Sistema Aéreo.
- f - Sistema Ferroviário.
- g - Sistema Rodoviário.

h - Sistema Hidroviário.

i - Sistema Dutoviário.

j - Sistema de Transporte Urbano.

Ex.: Tipologia: Passageiros ou Cargas

- Veículos
- Vias
- Capacidade
- Sistemas de controle de tráfego
- Custos
- Integração com outras modalidades
- Comparações com outras modalidades

k – Terminais

Ex.: Tipologia: Aéreo; Portuário; Rodoviário; Ferroviário; Urbano; Estacionamentos.

- Equipamentos
- Operação
- Custos

l - Pedestres

Ex.: Características dos deslocamentos: Velocidade; Densidade; Volume.

- Nível de serviço
- Vias
- Custos
- Integração com outras modalidades

m - Inovações Tecnológicas

Ex.: Para os diversos sistemas: Vias; Veículos; Terminais; Sistemas de controle de tráfego.

n - Modelos ou Métodos de Análise de Desempenho de Sistemas de Transporte

Ex.: Transporte coletivo urbano: Ônibus; Metrô, Trem.

Ex.: Transporte regional de cargas: Rodoviário; Ferroviário; Hidroviário.

CAPÍTULO 2. ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES

2.1. INTRODUÇÃO

2.1.1. Definição de sistema

Sistema é um conjunto de elementos ou componentes que se articulam sob uma solicitação proveniente do exterior (*input*), produzindo um resultado no exterior (*output*).

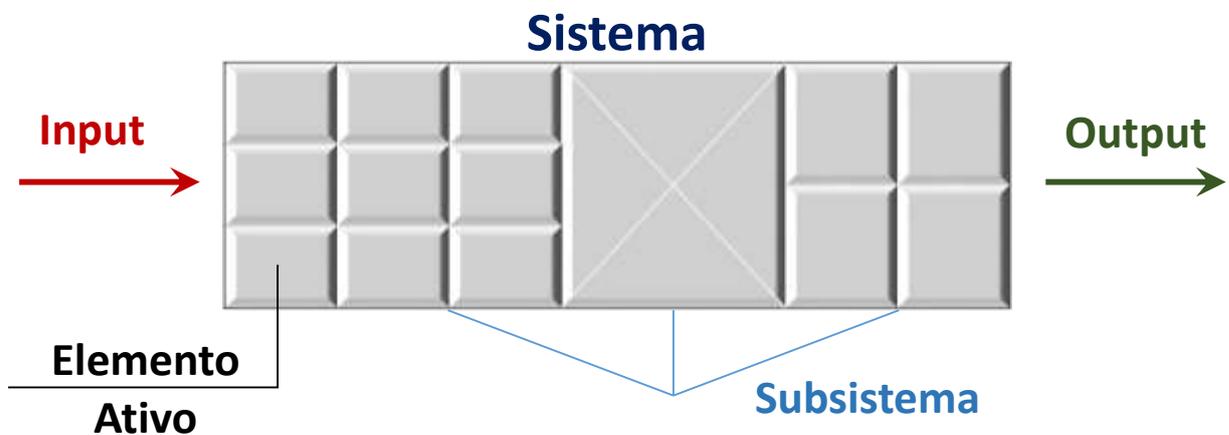


Figura 2.1. Representação de um Sistema

- Exemplo de sistema: Automóvel



Figura 2.2. Representação de um Sistema Automóvel

2.1.2. Delimitação

É função do objetivo a que se propõe a análise. Todo sistema está incluído em um sistema mais amplo.



Figura 2.3. Delimitação de um Sistema

2.1.3. Principais elementos de um sistema de transporte

Elementos
Elementos a serem transportados <i>Ex.: Pessoas ou bens (cargas).</i>
Veículos <i>Ex.: Trem, navio.</i>
Vias <i>Ex.: Rodovia, ferrovia.</i>
Terminais <i>Ex.: Aeroportos, portos marítimos.</i>
Sistemas de controle <i>Ex.: Sinais luminosos, mão única.</i>
Operadores – responsáveis pela realização do transporte <i>Ex.: Empresas transportadoras.</i>

Tabela 2.1. Tabela de elementos de um Sistema de Transportes

Exemplo de Sistema de Transportes



Figura 2.4. Exemplo de um Sistema de Transportes
Fonte: Elaborado por Eng. Civil Flávia Roberta Bepler

2.1.4 – Sistemas de Transporte Inteligentes – ITS

2.1.4.1 - Definição

ITS são sistemas de transporte aos quais foram incorporadas modernas tecnologias de informação e de comunicação.

2.1.4.2 - Vantagens

Dentre as principais vantagens proporcionadas pela incorporação de tais tecnologias, pode-se destacar:

- Maior eficiência para os sistemas de transportes;
- Aumento da segurança nas operações de tráfego;
- Maior eficiência energética;
- Redução dos impactos ambientais;
- Redução dos custos de transportes.

2.1.4.3 - Aplicações

A incorporação de tecnologias de informação e de comunicação junto aos sistemas de transporte existentes pode se dar para todas as modalidades de transportes.

2.2. SISTEMA AQUAVIÁRIO

2.2.1 – Considerações Gerais

O sistema aquaviário é um sistema de transporte de passageiros ou de cargas efetuado através de hidrovias que conectam respectivos terminais, por meio de embarcações tais como, barcos, navios e balsas. As hidrovias podem ser implantadas em mares (rotas), rios, canais e lagos.

2.2.2 – Contextualização

2.2.2.1 – Em nível internacional

As principais convenções que regem o transporte aquaviário internacional estão relacionadas às atividades das seguintes organizações:

- International Maritime Organization (IMO)
(<https://www.imo.org/en>)
- World Association for Waterborne Transport Infrastructure (PIANC)
(<https://www.pianc.org/>)

A figura a seguir demonstra a posição de navios no mundo em determinado momento (online)

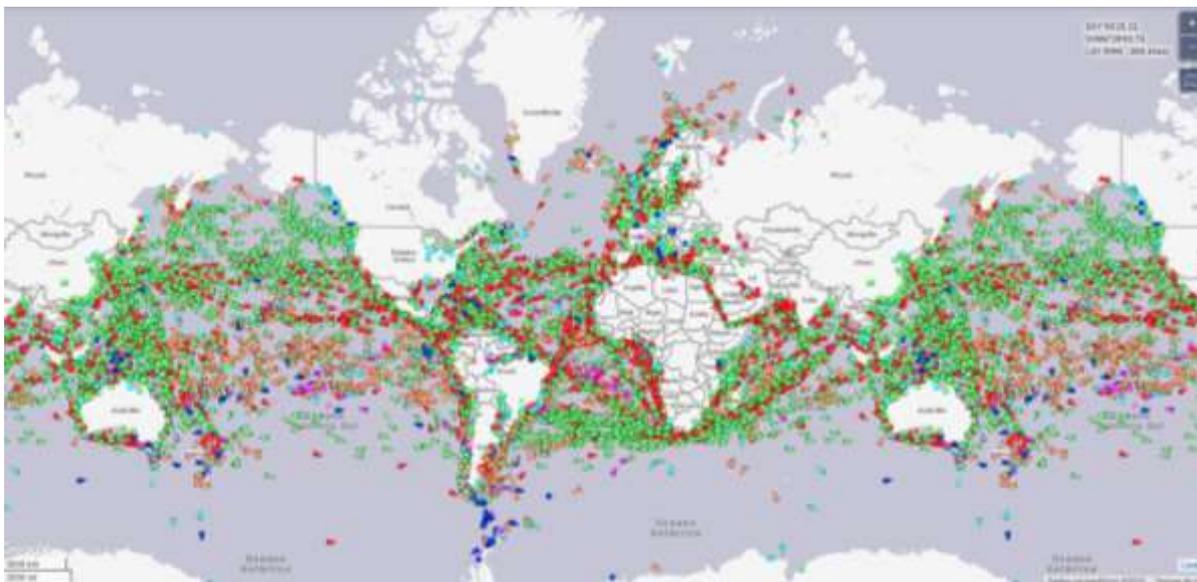


Figura 2.5. Posição de Navios no Mundo (online) Visão geral

Fonte: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:-12.0/centery:25.0/zoom:2>, em 14/02/2020

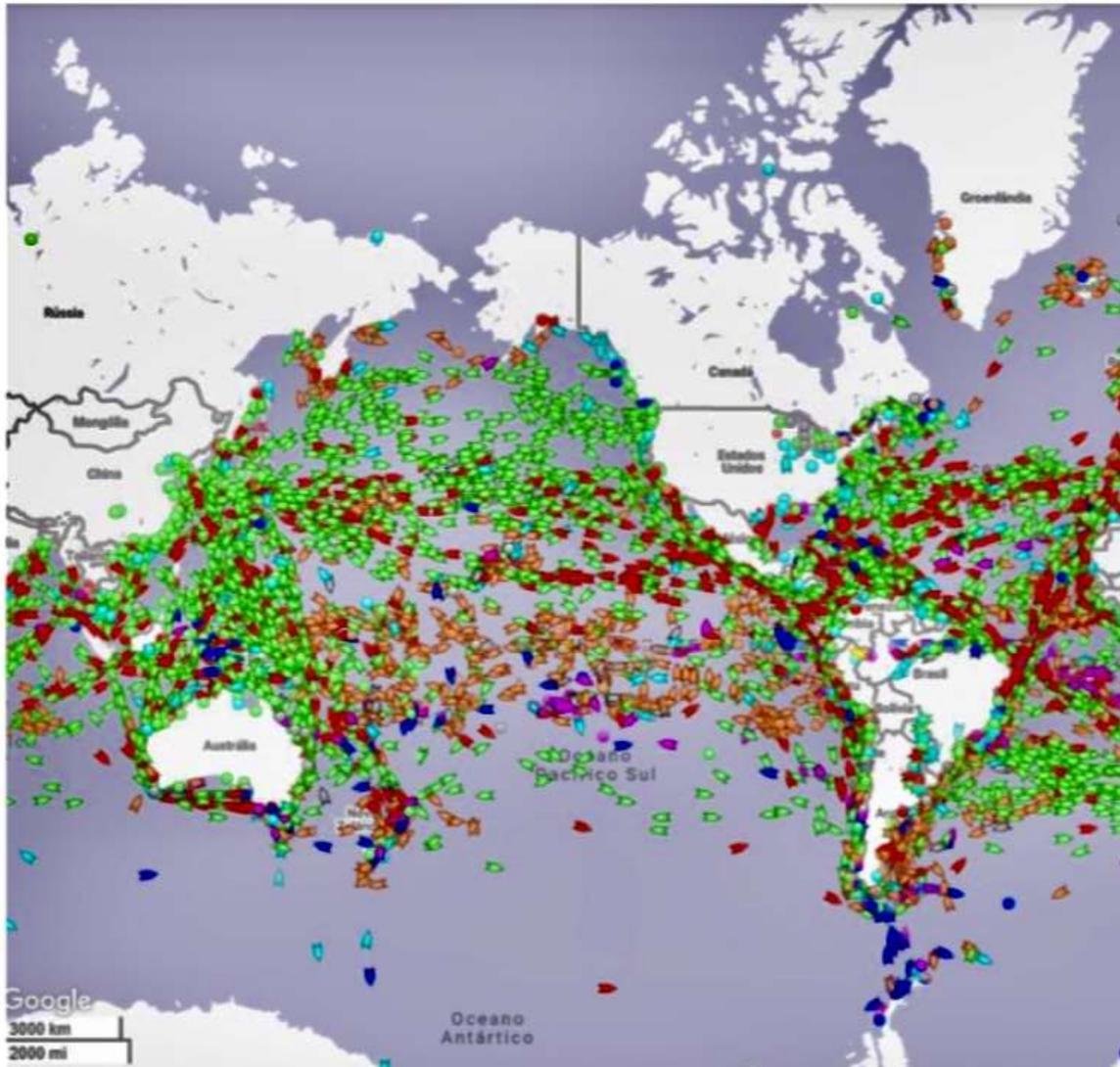


Figura 2.5.a. Posição de Navios no Oceano Pacífico

Legendas



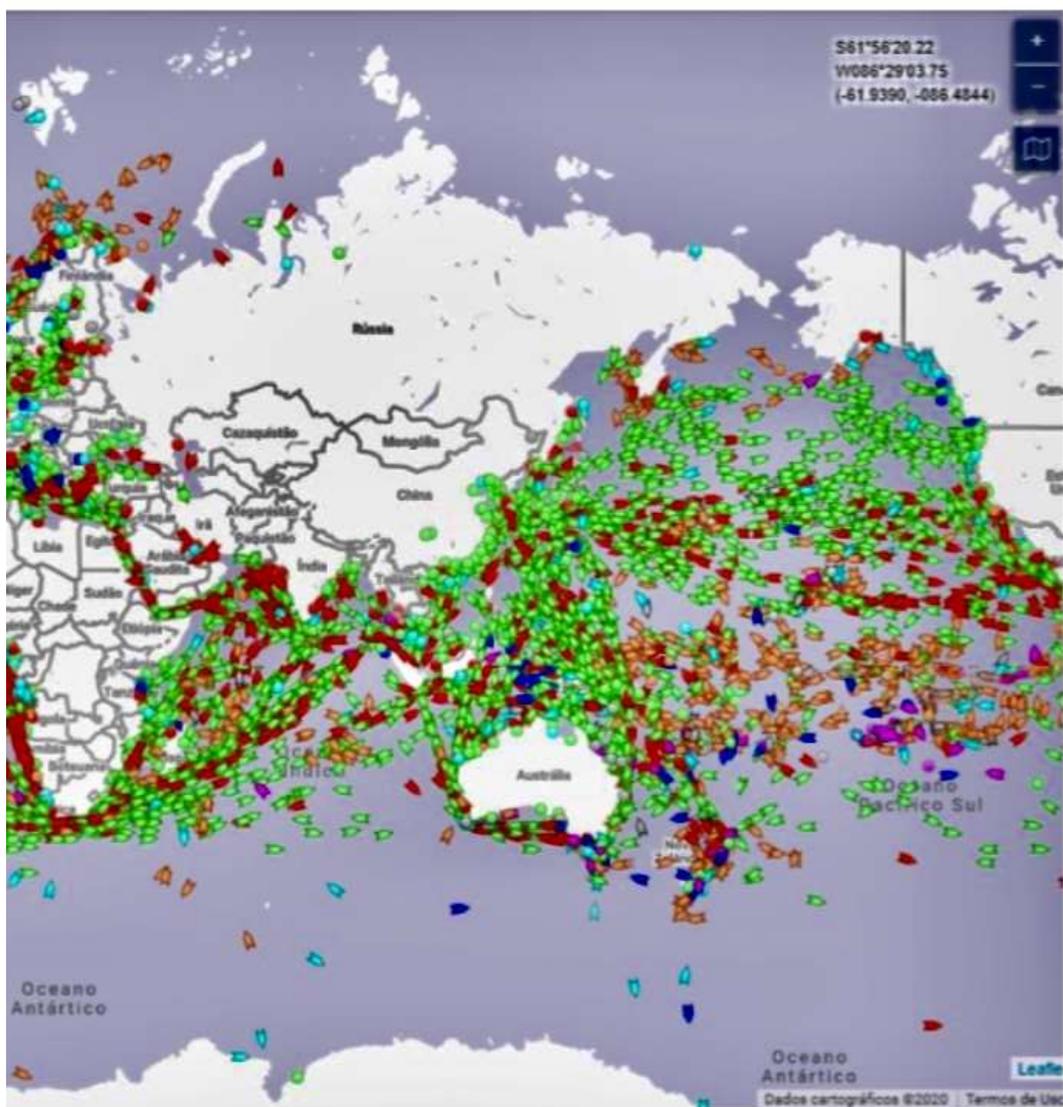


Figura 2.5.b. Posição de Navios nos Oceanos Atlântico e Índico

2.2.2.2 – Contexto Brasileiro

Em relação ao sistema aquaviário brasileiro vale citar as entidades vinculadas ao Ministério de Infraestrutura:

- Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ (<https://www.gov.br/antag/pt-br>),
- Secretaria Nacional de Portos e Transportes Aquaviários – SNPTA (www.infraestrutura.gov.br)

A figura a seguir mostra o Sistema Aquaviário Brasileiro.



Figura 2.6. Sistema Aquaviário Brasileiro

Fonte: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/cnt-lanca-segunda-edicao-atlas-transporte>

Vale citar ainda o Sistema webportos como fonte de informação:

- <https://webportos.labtrans.ufsc.br/>

2.2.2.3 – Contexto Catarinense

Em relação ao Sistema Aquaviário de Santa Catarina, pode-se destacar os seguintes

Portos e Terminais:

Porto de Imbituba – (<http://www.cdiport.com.br/>)

Porto de Itajaí – (<http://www.portoitajai.com.br/>)

Porto de São Francisco do Sul – (<http://www.portosaofrancisco.com.br/>)

Porto de Navegantes – (<http://www.portonave.com.br/>)

Porto de Itapoá – (<http://www.portoitapoa.com.br/>)

Porto de Laguna – (<http://www.scpa.sc.gov.br>)



Figura 2.7. Portos e Santa Catarina

Fonte: SIE – Secretaria de Estado de Infraestrutura

2.2.3 – Principais Características do Transporte Aquaviário

- Exige investimentos vultosos para a construção e aparelhamento dos portos.
- Baixo custo de implantação de uma hidrovia quando ela oferece boas condições de leito natural, mas pode ser elevado se existir necessidade de construção de infraestruturas especiais como eclusas e canais, além de obras como dragagem e derrocamento.

- Normalmente não oferece o transporte porta-a-porta, exigindo uma complementação de transporte para conexão com origens e destinos das cargas através de ferrovias e rodovias.
- É mais indicado para movimentação de grande quantidade de mercadoria em longas distâncias.
- Baixa velocidade de operação tanto dos veículos quanto dos terminais.
- Baixo custo de transporte, quando em grande quantidade.
- Possibilidade de tráfego por 24 horas/dia, em vias descongestionadas.
- Pouco flexível na escolha das rotas, pois depende dos terminais.
- Necessita de elevada densidade de tráfego regular.

2.2.4. Alguns conceitos e definições

2.2.4.1. Relacionados à Gestão

Poligonal – Trata-se do espaço geográfico que delimita a área de um “Porto Organizado”, onde a “Autoridade Portuária” detém o poder de sua administração. Ela é definida por Decreto Federal e só pode ser alterada pela União.

Exemplo: Poligonal de Paranaguá



Figura 2.8. Exemplo: Polígono de Paranaguá

Fonte: <http://www.gazetadopovo.com.br/economia/revisao-na-poligonal-enfrenta-resistencia-no-litoral-69h42nmxxqjcswpuy969r9ma8>, imagem capturada em 28/07/2016

Porto organizado – “bem público construído e aparelhado para atender às necessidades de navegação, de movimentação de passageiros ou de movimentação e armazenagem de mercadorias, e cujo tráfego e operações portuárias estejam sob jurisdição de Autoridade Portuária” (Lei nº 12.815 de 05 de junho de 2013).

Autoridade portuária – É a pessoa jurídica responsável pela administração do “Porto Organizado”, que pode ser exercida diretamente pela União ou por entidade delegada ou concessionária do porto.

Hinterland – é o potencial gerador de cargas do porto ou sua área de influência terrestre. O *hinterland* depende, basicamente, do potencial de desenvolvimento da região em que o porto está localizado e dos custos de transporte terrestre e *feeder*.

Como apoio na definição do *Hinterland* de um determinado porto ou terminal portuário, pode-se usar o banco de dados “Comex Stat”, do MINISTÉRIO DA ECONOMIA, Indústria, Comércio Exterior e Serviços.

<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>

Modelo Landlord Port de Autoridade Portuária – foi adotado pelo governo brasileiro para a exploração do seu Sistema Portuário. O Estado é o provedor da infraestrutura e o setor privado o responsável pelo provimento da superestrutura (instalações e equipamentos) e, pela realização da operação portuária, por meio de arrendamentos (concessões).

Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário (PDZ) – Trata-se de um instrumento de planejamento operacional da Administração Portuária que compatibiliza as políticas de desenvolvimento urbano dos municípios (planos diretores municipais), do estado e da região onde se localiza o porto.

Por meio do PDZ, visa-se o estabelecimento de ações e de metas para a expansão racional e a otimização do uso de áreas e instalações portuárias, com aderência também ao Plano Nacional de Logística Portuária (PNLP) e respectivo Plano Mestre do porto.

Fonte: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/politica-e-planejamento/politica-e-planejamento/plano-de-desenvolvimento-e-zoneamento-pdz>

Plano Mestre Portuário - instrumento de planejamento de Estado voltado à unidade portuária, considerando as perspectivas do planejamento estratégico do setor portuário nacional constante do Plano Nacional de Logística Portuária - PNL, que visa direcionar as ações, as melhorias e os investimentos de curto, médio e longo prazo no porto e em seus acessos.

Fonte: <https://antigo.infraestrutura.gov.br/conteudo/113-politica-e-planejamento-de-transportes/7325-planejamento-portu%C3%A1rio.html>

Plano Nacional de Logística Portuária (PNLP) – instrumento de Estado de planejamento estratégico do setor portuário nacional, que visa identificar vocações dos diversos portos, conforme o conjunto de suas respectivas áreas de influência, definindo cenários de curto, médio e longo prazo com alternativas de intervenção na infraestrutura e nos sistemas de gestão, garantindo a eficiente alocação de recursos a partir da priorização de investimentos, evitando a superposição de esforços e considerando as disposições do Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte (CONIT).

Fonte: <https://antigo.infraestrutura.gov.br/conteudo/113-politica-e-planejamento-de-transportes/7325-planejamento-portu%C3%A1rio.html>

2.2.4.2. Relacionados à Operação

Capatazia – atividade exercida por profissionais não embarcados, ou seja, na área terrestre do “Porto Organizado”, executando o carregamento/descarregamento das embarcações, a movimentação e armazenagem de cargas.

Estiva - atividade exercida por profissionais embarcados, ou seja, dentro das embarcações, executando a movimentação de mercadorias, incluindo-se operações de carga, descarga e de transbordo.

Demurrage ou sobre-estadia – multa determinada em contrato, a ser paga pelo contratante de um navio, para o armador (transportador), quando este demora mais do que o acordado nos portos de embarque ou de descarga.

OGMO - órgão responsável pela gestão da mão-de-obra avulsa nos Portos.

Praticagem – serviço de auxílio oferecido aos navegantes em áreas que apresentem dificuldades ao tráfego livre e seguro de embarcações, em geral de grande porte, devidas aos ventos, desconhecimento do local, visibilidade restrita, marés, bancos de areia, acesso aos portos, entre outras.

Prático – profissional especializado que possui grande experiência e conhecimentos técnicos de navegação e de condução e manobra de navios, bem como, das particularidades locais, correntes e variações de marés, ventos reinantes e limitações dos pontos de acostagem e os perigos submersos. Assessoria o comandante na condução segura do navio em áreas de navegação restrita ou sensíveis para o meio ambiente.

EXEMPLO:

http://www.clicrbs.com.br/sites/swf/dc_viversc_valedoitajai/index.html

2.2.4.3. Relacionados aos Terminais

2.2.4.3.1. Terminal de passageiros

Consiste em um local equipado para oferecer conforto e infraestrutura adequada aos passageiros que embarcam, desembarcam ou estão em trânsito em um determinado local.

2.2.4.3.2. Terminal de cargas

Trata-se de uma instalação portuária, normalmente cais ou píer especializado com equipamentos apropriados para movimentação de um determinado tipo de carga, sejam elas granel sólido, granel líquido, carga geral ou exclusivamente contêiner.

A) Em relação às suas características de operações, os terminais de carga podem ser subdivididos em:

A.1) Terminais concentradores (*Hub Ports*)

São os portos que atendem à concentração da carga, normalmente de contêineres, de toda uma região, para posterior distribuição para outros portos.

A.2) Terminais de transbordo

São terminais de transbordo ou *transshipment* destinados a atender ao transbordo, normalmente de contêineres, e que servem para conexões nas regiões onde se localizam.

A.3) Terminais regionais ou alimentadores (*Feeders*)

São terminais regionais ou alimentadores de menores dimensões, atendem navios de menor porte. São chamados de distribuidores, pois atendem aos navios que levarão carga ao seu ponto final de consumo regional, no litoral de um país ou estado.

B) Quanto à posição geográfica, podem ser:

B.1) Terminais Offshore – “*Offshore*” é um termo da língua inglesa e que, na tradução para o português, significa “**afastado da costa**”. Normalmente estão relacionados a atividades de prospecção, perfuração e exploração de petróleo.

Exemplos:

- **Plataforma petrolífera** – trata-se de estrutura usada em alto mar, para abrigar trabalhadores e máquinas necessários para a perfuração de poços de petróleo e / ou para a extração de petróleo e/ou gás natural, processando os fluidos e levando-os até a costa.



Figura 2.9. Plataforma Petrolífera Mars

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Plataforma_petroli%C3%ADfera#/media/Ficheiro:Mars_Tension-leg_Platform.jpg

- **Monoboia** – é uma espécie de “terminal flutuante” utilizado na amarração de navios-tanque para a operação de carregamento e descarregamento de petróleo e derivados.



Figura 2.10. Monoboia

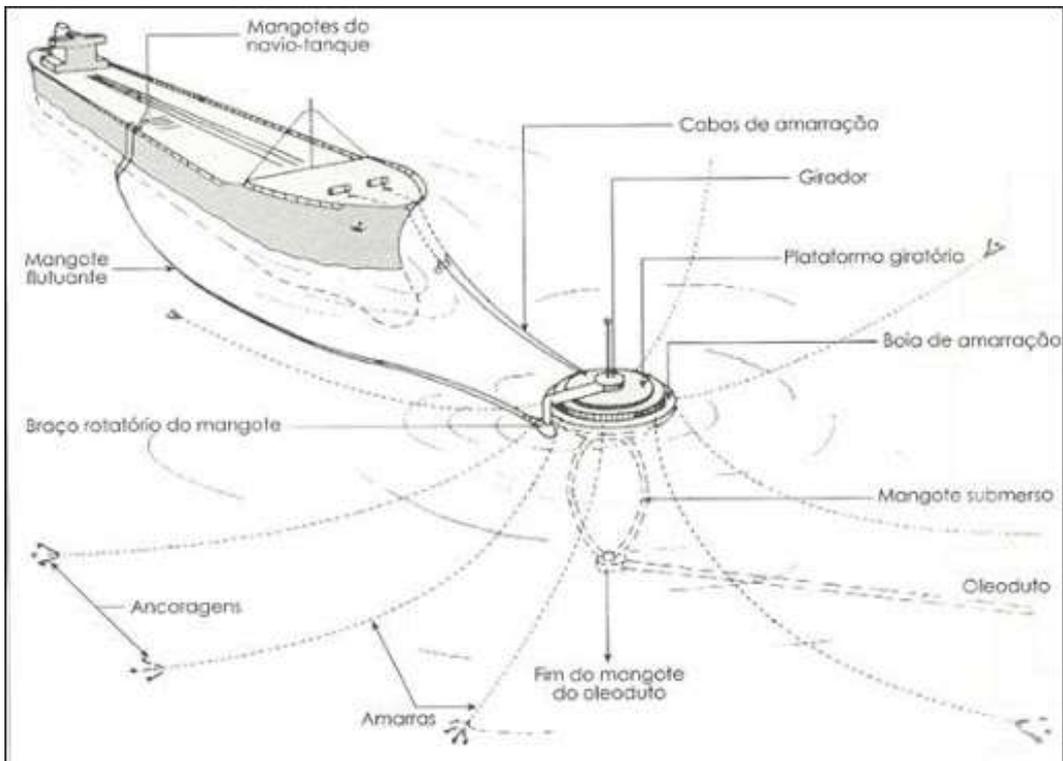


Figura 2.11. Monoboia CALM

Fontes: <https://petrobras.com.br/fatos-e-dados/terminais-offshore-de-ultima-geracao-garantem-mais-eficiencia-no-suprimento-das-refinarias-no-sul-do-brasil.htm>

B.2) Terminais localizados na costa marítima.

Pode-se citar como exemplo, o Porto de Imbituba.



Figura 2.12. Porto de Imbituba

Fonte: <https://notisul.com.br/geral/porto-de-imbituba-bate-recorde-historico-de-movimentacao-anual/>

B.3) Terminais localizados próximos ao mar (foz de rios).

Pode-se citar como exemplo, o Porto de Itajaí.

A figura a seguir mostra o Porto de Itajaí.



Figura 2.13. Porto de Itajaí
Fonte: <https://timelognet.com/porto-de-itajai>

B.4) Terminais fluviais, localizados ao longo de rios

Cita-se como exemplo o Porto de Manaus.



Figura 2.14. Porto de Manaus
Fonte: <https://gigantesdomundo.blogspot.com/>

B.5) Terminais lacustres

São aqueles localizados em lagos. Como exemplo cite-se o Terminal Santa Clara (Braskem) localizado na Lagoa dos Patos.



Figura 2.15. Terminal de Santa Clara (Braskem)

Fonte: <https://www.portosenavios.com.br/>

2.2.4.4. Relacionados à Estrutura Portuária de Apoio

Refere-se a estrutura que, basicamente, faz a conexão entre a “Área Seca” e a “Área Molhada” do porto.

a - Aterro hidráulico – utiliza-se, normalmente, de uma draga para levar água e areia de outro local, como um aspirador, sugando água e areia juntos, que seguem por tubulações, levando o material para o local a ser aterrado. Também é utilizado para engorda da faixa de areia.

A figura a seguir mostra a engorda da faixa de areia de Canasvieiras, Florianópolis, SC.



Figura 2.16. Engorda da faixa de areia em Canasvieiras, Florianópolis, SC

Fonte: NSC Total

b - Berço – É local de atracação de navios e de movimentação das cargas a serem embarcadas ou descarregadas no porto.

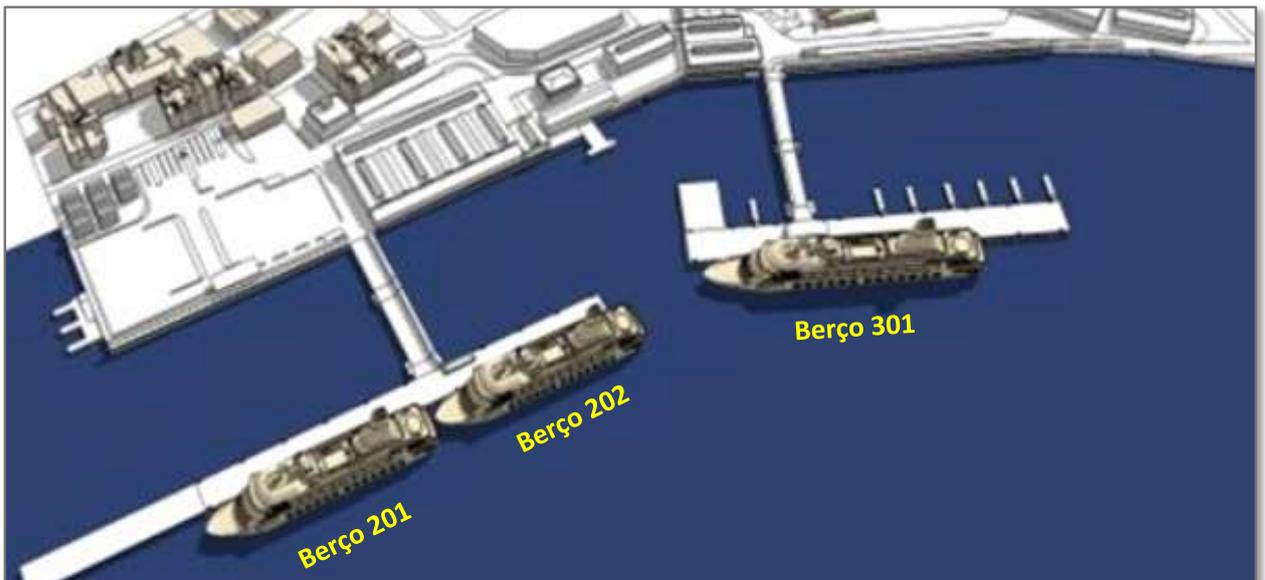


Figura 2.17. Berço de Atracção

Fonte: <http://www.oceanica.ufri.br>

c - Cais – trata-se de uma estrutura ou região paralela à água, com o objetivo de as embarcações atracarem e as pessoas trabalharem, geralmente em um porto.



Figura 2.18. Cais

Fonte: <http://www.feiradolivro-poa.com.br/>

d – Doca – Local que normalmente serve para abrigo, conserto ou reparos de navios.

e - Dolfim - estrutura de apoio ao navegante nas operações de acostagem de embarcações. Pode ser constituído por estrutura tipo rígida ou flexível, com capacidade e finalidade compatível com o deslocamento das embarcações (carga máxima). Os *dolphins* são utilizados como cais de atracação - neste caso são unidos por ponte de serviço - e também para proteção de estruturas como pilares de pontes laterais aos vãos de navegação e eclusas.

A figura a seguir mostra os Dolphins de Atracação.



Figura 2.19. *Dolphins* de Atracção

Fonte: <http://www.l2acengenharia.com.br>

f - Enrocamento – Conjunto de pedras ou blocos de cimento de grandes dimensões que servem de alicerce em obras hidráulicas ou, quando alcançam a superfície, podem se constituir em molhes ou quebra-mares visando proteção contra correntes, erosão e ondas.



Figura 2.20. Enrocamento

Fonte: <http://noticias.terra.com.br/brasil/cidades/>

g - Molhe - consiste em uma estrutura estreita e alongada que é introduzida e apoiada no mar pelo peso das pedras ou dos blocos de concretos especiais, emergindo na superfície. Necessariamente, uma ponta do molhe se situa no mar e a outra ponta, em terra.

Entre as finalidades do molhe estão, atenuar as correntes marítimas e reduzir o assoreamento em entradas de estuários, lagoas ou canais. Pode também atuar como atracadouro para embarcações, em costas onde não há profundidade suficiente.



Figura 2.21. Molhe

Fonte: <http://www.popa.com.br/imagens/rio-grande/>

Vale citar que existem hoje boas ferramentas de engenharia, as quais podem ajudar nas definições de estruturas de apoio para contenção de ondas e correntes marítimas, como por exemplo: Mike 3 Wave FM

(<https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-3-wave-fm>) (**Vide ANEXO B**).

h - Pier - estrutura suspensa e apoiada em pilares fixados no fundo do mar que, entre suas finalidades, pode servir como atracadouro, área de lazer e suportes de emissários submarinos.



Figura 2.22. Pier

Fonte: <https://www.ourstate.com/18-piers-to-visit-for-fun-sun-and-seaside-snacks/>

i - Tetrápodes – São blocos de concreto especiais, utilizados para dissipar e absorver a energia das ondas nos molhes de portos de mar. Devido a sua configuração geométrica, os blocos se “encaixam”, proporcionando um travamento entre as peças, evitando deslocamentos e escorregamentos.



Figura 2.23. Tetrápodes - Molhes da foz da Lagoa dos Patos, Porto de Rio Grande, RS.

Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1725029&page=6&langid=5>

2.2.4.5. Relacionados à “Área Seca” do Porto

É uma área capaz de receber instalações de superestrutura de apoio às operações portuárias, principalmente voltadas à armazenagem e operação de cargas, além da estrutura para administração e fiscalização portuária.

Tais estruturas podem estar alocadas dentro do porto organizado ou em áreas adjacentes externas à poligonal portuária (Retroárea).

Exemplo: Pátio de Porto



Figura 2.24. Pátio de Porto de Veículos no Porto de Suape

Fonte: <http://www.portosenavios.com.br>

2.2.4.6. Relacionados à Hidrovia

Aqui são apresentados conceitos referentes às áreas de navegação, sendo alguns deles próximos à região portuária (Área Molhada).

a – Área de Fundeio ou Acoradouro – Local onde a embarcação lança âncora, também chamado fundeadouro. É um local previamente aprovado e regulamentado pela Autoridade Marítima e Autoridade Portuária, que normalmente é utilizado para aguardar disponibilidade de berço para atracação no porto.

b - Assoreamento – Acúmulo sedimentar de areia, terra, detritos em rio, canal, lago, baía, diminuindo sua profundidade e, no caso de águas correntes, causando redução ou obstrução da correnteza, o que por sua vez faz recrudescer o processo, com prejuízo do

equilíbrio ecológico, da economia e das condições ambientais (dificuldade de navegação, enchentes).



Figura 2.25. Assoreamento

Fonte: <http://www.redeto.com.br/noticia-3001-ministra-destaca-equipe-para-analisar-assoreamento.html#.UjIRW9Kc86k>

c - Bacia de evolução – Área do porto ou terminal com dimensão e profundidade adequadas à manobra e ao giro dos navios.



Figura 2.26. Bacia de Evolução

Fonte: <https://macaeempauta.blogspot.com.br/2014/09/rnest-em-pre-operacao-para-iniciar.html>

Exemplo de manobra numa bacia de evolução:

<https://www.youtube.com/watch?v=40OFT9PWxzw&feature=youtu.be>

d - Balizamento - “É o conjunto de balizas, boias, barcas-faróis, objetos naturais ou artificiais, padronizados ou não, e de faróis e faroletes que concorrem para a garantia da segurança da navegação em uma região ou área perfeitamente definida, como canais de acesso e bacias de evolução de portos e terminais, marinas e hidrovias”

Fonte: **NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA PARA AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO – NORMAM-17/DHN, 3ª Edição, 2008.**



Figura 2.27. Balizamento

Fonte: <http://www.almarin.es/es/senales-maritimas/boyas-balizamar>



Figura 2.28. Balizamento

Fonte: <http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=69200>



Figura 2.29. Balizamento

e - Batimetria - é a medição da profundidade de canais marítimos, de lagos e de rios e é expressa cartograficamente por curvas batimétricas que unem pontos da mesma profundidade com equidistâncias verticais, à semelhança das curvas de nível topográfico.

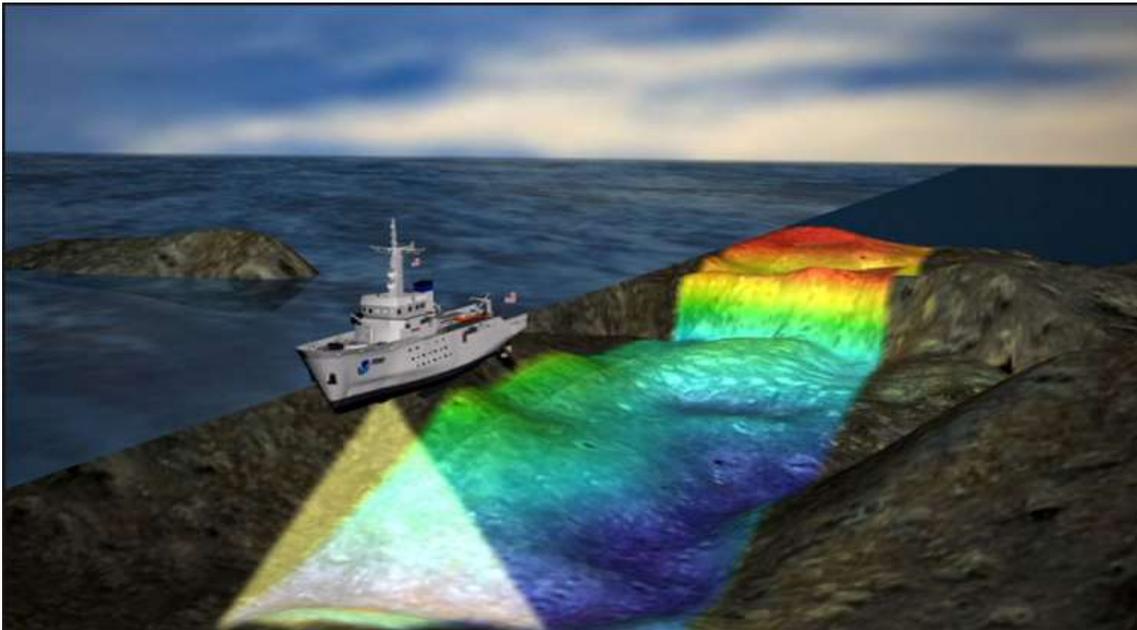


Figura 2.30. Batimetria

Fonte: http://www.aig-instrumentos.com/portfolio_item/batimetria/

f - Canal de navegação – Passagem marítima desimpedida, entre obstáculos ou restrições à navegação. No caso de a passagem conduzir a um porto ou terminal, denominar-se-á canal de acesso.

Fonte: NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA PARA AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO - NORMAM-17/DHN, 3ª Edição, 2008.



Figura 2.31. Canal de Navegação

Fonte: <http://pontoaporto.blogspot.com.br/>



Figura 2.32. Canal de Acesso

Fonte: <http://www.portosmercados.com.br/>

g - Derrocamento - é a técnica de engenharia utilizada para remoção de rochas do fundo de corpos de água, podendo ser considerado um tipo de serviço de dragagem especializado.

Estas plataformas e embarcações operam em sistemas adequados ao material a ser derrocado e a sua forma de disposição.

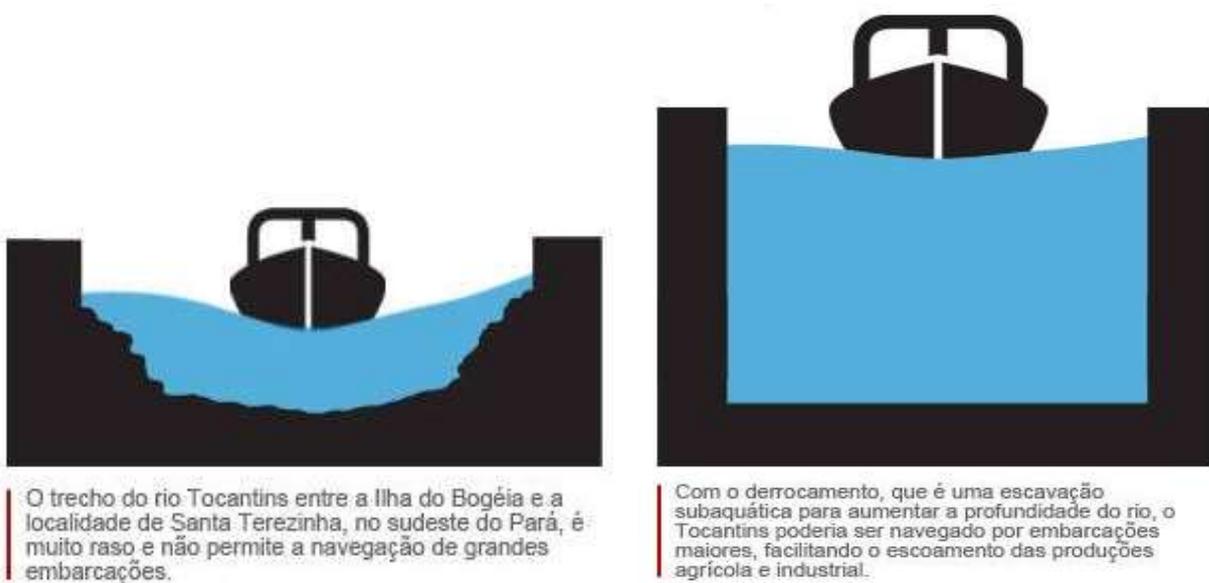


Figura 2.33. Derrocamento

Fonte: DNIT

h - Dragagem – trata-se da técnica de engenharia utilizada para remoção de materiais, solo, sedimentos e rochas do fundo de corpos de água, e é realizada por meio de equipamentos denominados “dragas”.

Estes equipamentos operam em sistemas adequados ao material a ser dragado e a sua forma de disposição.



Figura 2.34. Dragagem

Fonte: <http://www.serveng.com.br/negocios/engenharia>, em 12/09/20

i - Eclusa - é uma obra de engenharia através da qual viabiliza-se que embarcações subam ou desçam os rios/mares em locais onde há desníveis (corredeiras ou quedas d’água).



Figura 2.35. Eclusa de Barra Bonita - SP

Fonte: <http://www.centrodeturismo.com.br/turpedagsp.php>

j - Quebra-mar – semelhante ao molhe, porém, as duas pontas da estrutura situam-se no mar e têm como finalidade proteger a costa ou um porto da ação das ondas e correntes marítimas.



Fig. 2.36. Quebra-mar

Fonte: <http://alexandra-santos.blogspot.com>

k - Sinalização – “É o conjunto de sinais náuticos visuais, fixos ou flutuantes, externos à embarcação, especificamente estabelecidos com o propósito de garantir uma navegação segura e econômica nas vias navegáveis”

Fonte: NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA PARA AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO – NORMAM-17/DHN, 3ª Edição, 2008.



Figura 2.37. Sinalização Náutica
Indica Perigo isolado, neste caso: Ponte Submersa



Figura 2.38. Sinalização Náutica
(Seta Verde indica navegar rio acima)

Fonte: <http://sosriosdobrasil.blogspot.com.br/2014/03/sinalizacao-nautica-de-ponte-submersa.html>

2.2.4.7. Relacionados às Embarcações

- a) **Calado** – é a distância entre a lâmina d'água e a quilha do navio.



Figura 2.39. Calado x Profundidade

Fonte: Secretaria Especial de Portos da Presidência da República – SEP/PR, 2008

- b) **Água de lastro** – trata-se da água utilizada em navios como contrapeso para que as embarcações mantenham a estabilidade e a integridade estrutural.



Figura 2.40. Processo de Água de Lastro

Fonte: <http://www.cps.sp.gov.br>, em 10/02/2017

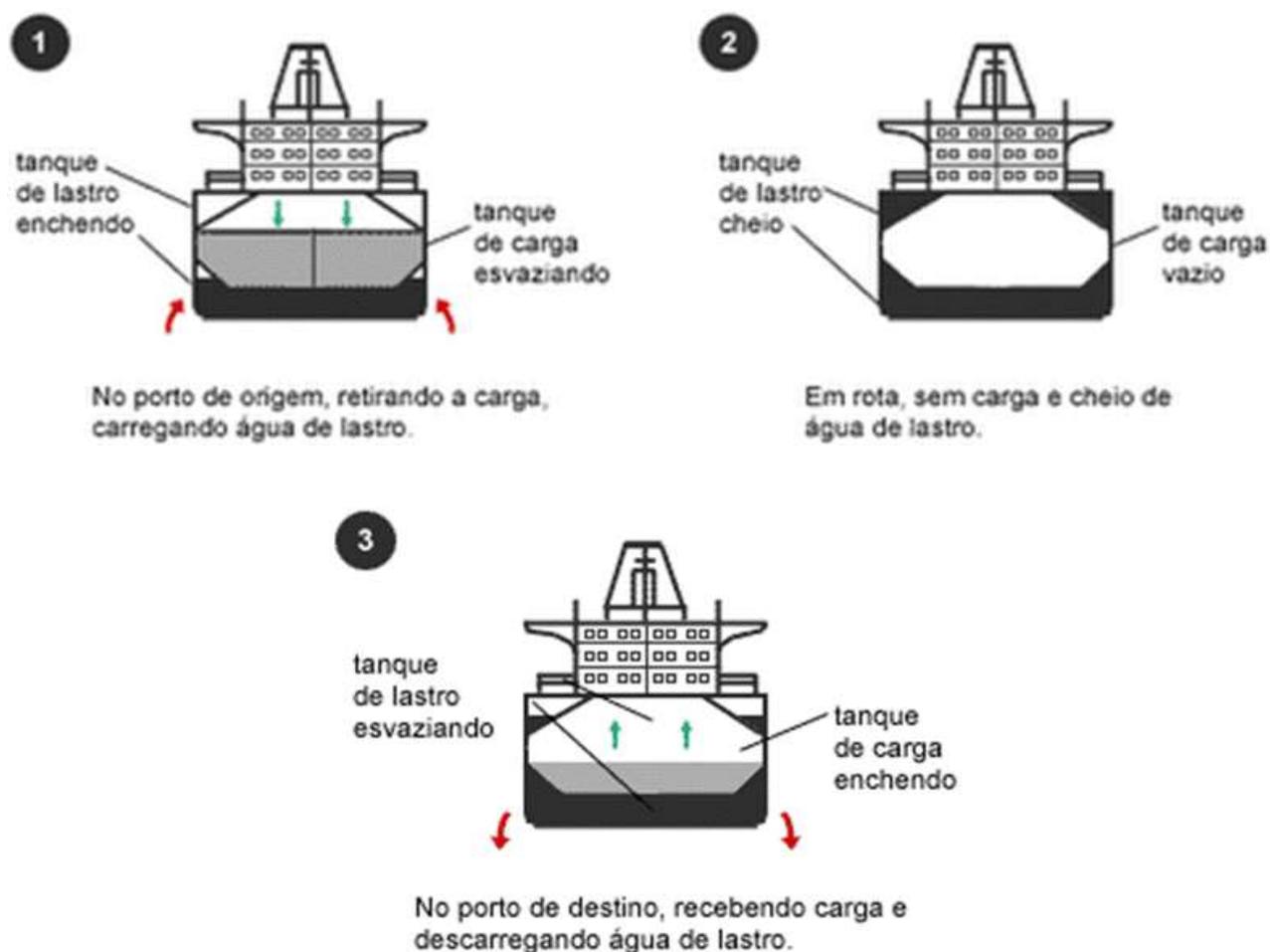


Figura 2.41. Processo da Água de Lastro

Fonte: <http://www.labec.com.br/>

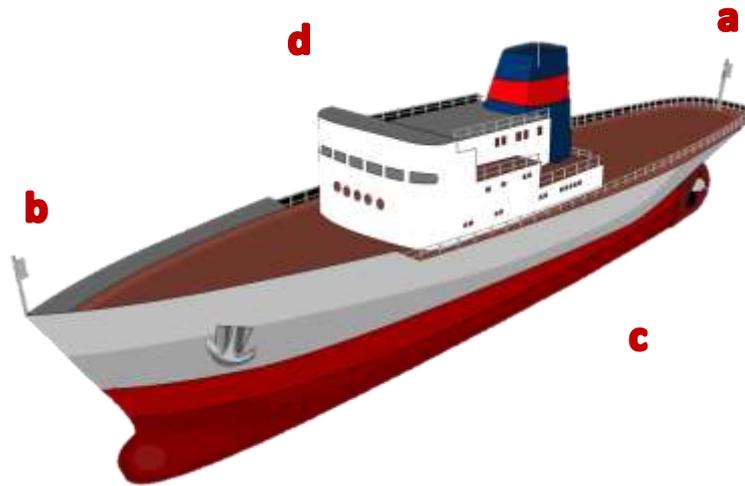
Exemplo da utilização da água de lastro

Etapas	Local	Operação do Navio	Descrição
1	Porto de origem	Um navio graneleiro sai do seu porto de origem em direção ao Brasil para ser carregado com minério de ferro. Ele parte sem carga e com os tanques de lastro cheios.	O porto de origem está localizado em um estuário. Junto com a água, diversos organismos estuarinos vão para os tanques de lastro. A água de lastro captada apresenta características como baixa salinidade, alta turbidez e número significativo de organismos.
2	Região oceânica	Antes de ultrapassar o limite de 200 milhas náuticas da costa brasileira, em um local com no mínimo 200 metros de profundidade, o navio promove a troca volumétrica da água de lastro por três vezes, atingindo uma eficiência de 95% na troca.	A água e os organismos provenientes do porto de origem são substituídos por água e organismos oceânicos. Os organismos do porto não conseguem sobreviver na região oceânica. A água oceânica apresenta maior salinidade, baixa turbidez e pequena quantidade de organismos.
3	Porto de destino	Ao chegar no porto de destino, o navio descarta a água de lastro e preenche seus porões com minério de ferro. Depois de totalmente carregado, o navio parte de volta para o porto de origem.	Os organismos descartados no porto de destino dificilmente vão sobreviver às novas condições ambientais.

Tabela 2.2. Utilização da Água de Lastro

Fonte: <https://www.gov.br/antag/pt-br>

c) Partes de um navio



- a) **Popa** – Parte traseira do navio.
- b) **Proa** – Parte dianteira do navio.
- c) **Bombordo (BB)** – Lado esquerdo do navio, de quem está na embarcação olhando na direção popa - proa.
- d) **Estibordo (EB) ou Boreste** – Lado direito do navio de quem está na embarcação olhando no sentido popa – proa.

Figura 2.42. Partes de um Navio

Fonte: Portogente.com.br

2.2.5. Tipos de Embarcações

Existem diversos tipos de embarcações, cada qual para uma finalidade específica.

2.2.5.1 – Para transportes de cargas

- a. Navios de Carga Geral ou Cargueiros: Transportam vários tipos de cargas, geralmente em pequenos lotes.



Figura 2.43. Navio de Carga Geral

Fonte: <https://www.fazcomex.com.br/blog/tipos-de-navios/>

- b. Navios Porta Contêiner: Semelhantes aos navios de carga geral, possuem escotilhas de carga por toda extensão do convés possuindo guias para encaixar os contêineres nos porões.



Figura 2.44. Navio Porta Contêiner

Fonte: <http://modalaquaviarioetec.blogspot.com.br/2012/06/barco.html>

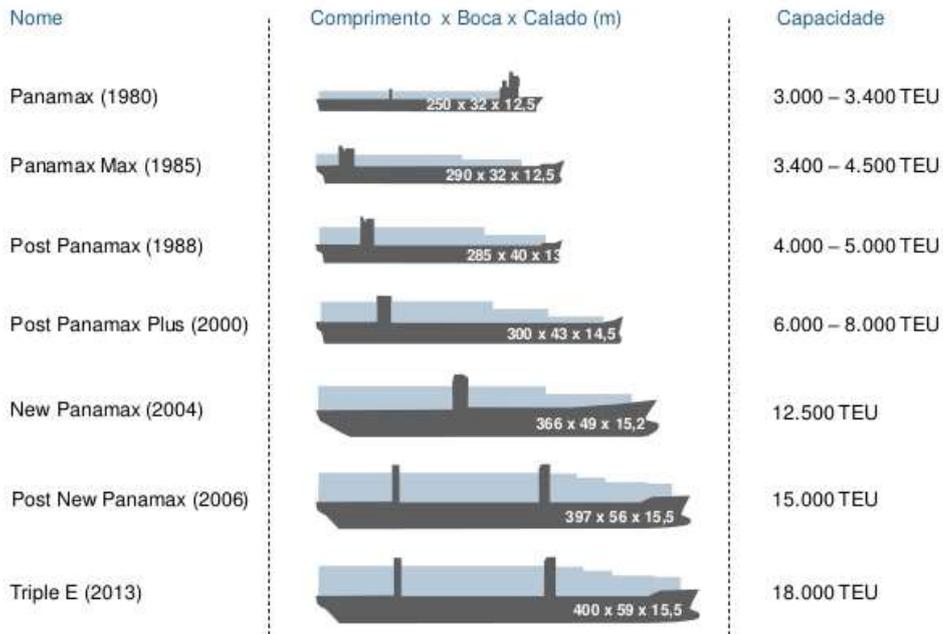


Figura 2.45. Evolução do tamanho dos navios Porta Contêineres
 Fonte: WS Meet the Mgmt Day_Port

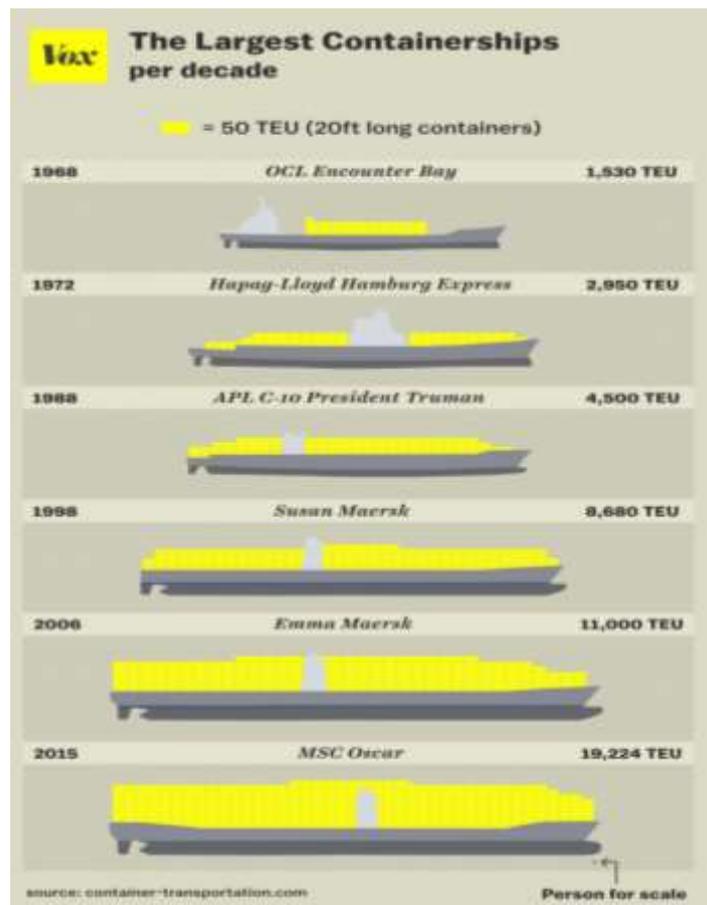


Figura 2.46. Evolução do tamanho dos navios Porta Contêineres, por décadas
 Fonte: <http://www.bloglogistica.com.br/mercado/conheca-o-maior-navio-de-containers-do-mundo>

- c. Navio Graneleiro: Utilizados para transporte de mercadorias a granel, tais como açúcar, soja, ferro entre outros.



Figura 2.47. Navio Graneleiro

Fonte: http://fateclog.blogspot.com.br/2011_10_01_archive.html

- d. Navio Gaseiro: Transportam gases liquefeitos tendo como característica os tanques arredondados sobre o convés.



Figura 2.48. Navio Gaseiro

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/G%C3%A1s_natural_liquefeito

- e. Navio Petroleiro: tem a finalidade de transportar granéis líquidos, possuindo equipamentos para bombear as cargas para carregamento e para descarregamento dos navios.



Figura 2.49. Navio Petroleiro

Fonte: <https://www.fazcomex.com.br/blog/tipos-de-navios/>

- f. Navio de Operação por Rolamento *Roll-on Roll-off (Ro-Ro)*: são navios próprios para transportar veículos. Possuem rampas que dão acesso direto ao convés ou aos porões, propiciando economia em despesas de embarque e desembarque.



Figura 2.50. Navio de Operação por Rolamento (Ro-Ro)

Fonte: https://maritimeoptima.com/public/vessels/p.es/imo:9234068/mmsi:235500000/HURST_POINT.html

2.2.5.2 – Para transportes de passageiros

- a. Navios de cruzeiro: Transportam pessoas e suas bagagens em viagens normais ou de turismo.



Figura 2.51. Navio de Cruzeiro e Tenders

Fonte: <http://ilovecruises.net/tag/tenders/>



Figura 2.52. Navio de Cruzeiro

Fonte: http://fateclog.blogspot.com.br/2011_10_01_archive.html

- b. Hidrofólio: Barcos utilizados em travessias de baías no transporte de passageiros. Utilizam espécies de “asas” que promovem maior velocidade pela redução de atrito do casco com a água.



Figura 2.53. Hidrofólio

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Hidrof%C3%B3lio>, 04/03/2015

- c. Catamarã: são utilizados para transporte de passageiros tais como a travessia marítima entre o Rio de Janeiro e Niterói.



Figura 2.54. Catamarã

Fonte: <https://www.surtrek.com/>

2.2.5.3 – Para operações especiais – Transportes Especializados

- i. Rebocador: Utilizados para manobras de grandes navios na zona portuária e canais de acesso aos portos. Embora pequenos, possuem grande potência em seus motores.



Figura 2.55. Rebocador

Fonte: http://fateclog.blogspot.com.br/2011_10_01_archive.html

- ii. Navios Porta Aviões: São navios de guerra que tem como principal objetivo servir de base aérea móvel.



Figura 2.56. Navio Porta Aviões

Fonte: <http://modalaquaviarioetec.blogspot.com.br/2012/06/barco.html>

- iii. Navios *Float-on Float-off* (Flo-Flo): Trata-se de um navio semissubmersível permitindo que a carga a ser transportada seja recolhida enquanto seu convés está rebaixado. Após o carregamento, os tanques de lastro são esvaziados, permitindo o retorno à posição normal. Utilizado para cargas especiais, tais como plataformas de petróleo, navios avariados e outras cargas especiais.



Figura 2.57. Navio Flo-Flo

Fonte: <http://portalmaritimo.com/2012/05/25/blue-marlin-o-supernavio-que-transporta-navios/#more-23052>



Figura 2.58. Navio Flo-Flo

Fonte: <https://www.portalmaritimo.com/2012/05/25/blue-marlin-o-supernavio-que-transporta-navios/>

2.2.6. Tipos de Navegação

Subdivide-se nos seguintes tipos:

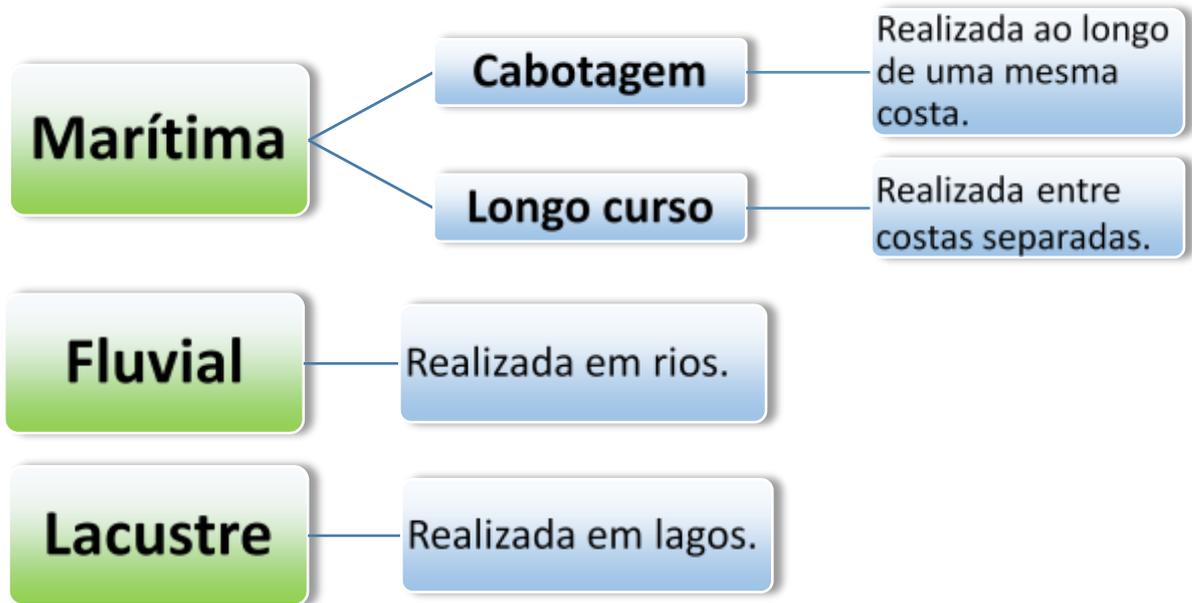


Figura. 2.59. Tipos de navegação

Fonte: portogente.com.br



Figura 2.60. Transporte Fluvial

Fonte: <http://www.transportes.gov.br/bit/brasil2.htm>



Figura 2.61. Transporte Marítimo

Fonte:

<https://climainfo.org.br/2020/11/17/transporte-maritimo-da-marcha-a-re-na-ambicao-climatica/>



Figura 2.62. Mapa de Cabotagem

Fonte: <http://jplogistica.com.br/2019/05/14/cabotagem-conceito-e-utilizacao-no-brasil/cabotagem-mapa/>

2.2.7. Classificação das Cargas a serem Transportadas

a) Carga geral

Também chamada de *break-bulk*, corresponde a qualquer tipo de carga onde não há uma padronização ou homogeneidade.

Itens avulsos, embarcados separadamente em embrulhos, fardos, pacotes, sacas, caixas, tambores.

Neste caso, as operações de carga e descarga são mais difíceis e morosas, fazendo com que os navios fiquem mais tempo parados nos portos.

Há uma tendência em adotar navios menores para transportar tal tipo de carga. Desta forma, as embarcações ficam menos tempo paradas nos portos, propiciando maior flexibilidade à frota existente.



Figura 2.63. Break Bulk

Fonte: <https://www.indiamart.com/proddetail/commercial-break-bulk-cargo-services-10563942955.html>



Figura 2.64. Break Bulk

Fonte: <https://www.rangel.com/pt/blog/break-bulk-o-que-e-quais-sao-os-seus-beneficios/>

b) Carga unitizada

Consiste em acondicionar ou arrumar diversos volumes de mercadorias pequenos e disformes, em unidades maiores, de tipos e formatos padronizados, com a finalidade de propiciar a automação, facilitando sua movimentação ao longo da cadeia de transportes.

Surgiu no intuito de reduzir os problemas encontrados nas operações de transbordo com cargas gerais.

A utilização se dá principalmente através de contêineres e paletes.

Tal procedimento tem dado bons resultados e o transporte hidroviário de cargas unitizadas cresce consideravelmente.



Figura 2.65. Carga Unitizada

Fonte: <http://pontoaporto.blogspot.com/>

c) Carga a granel

Também chamada de **bulk cargo** é toda carga homogênea sem embalagem específica que pode ser sólida, líquida ou gasosa.

A prática tem demonstrado ser bastante vantajosa a utilização de navios de grande capacidade para o transporte destas cargas.

Ex.: minérios, cereais, petróleo, produtos químicos que podem estar liquefeitos, gases.



Figura 2.66. Carga Granel
Fonte: www.mercatortransport.com

d) Carga *Roll-on/roll-off* (carga rodante)

Trata-se de qualquer tipo de carga que embarque e desembarque rodando, seja em cima das suas próprias rodas ou esteiras, ou sobre equipamento concebido especificamente para o caso.

Os navios *Roll-on/Roll-off* (ro-ro) são embarcações concebidas para o transporte deste tipo de carga e incorporam rampas que permitem o máximo de eficiência nas operações, sendo a carga “rodada” para bordo e para terra durante a estada do navio nos portos.
Ex.: Automóveis, caminhões, tratores, entre outros.



Figura 2.67. Carga Roll-On & Roll-Off (Ro-Ro)
Fonte: <https://www.fazcomex.com.br/blog/tipos-de-navios/>

e) Cargas de Projetos

São aquelas que possuem dimensões ou peso acima do permitido para embarque em contêineres, e que exigem equipamentos especiais para todas as etapas da logística. Podem ser transportadas na navegação por cabotagem, reduzindo consideravelmente o tempo de transporte em relação ao modal rodoviário.

Como exemplos de cargas de projetos, citamos: estruturas metálicas, máquinas e equipamentos, vagões, locomotivas, pás de hélices eólicas entre muitos outros.



Figura 2.68. Cargas de Projetos
Fonte: <http://www.hartrodt.com/en/products/turnkey-cargo-logistics/break-bulk-shipments/>

f) Cargas Especiais

São cargas caracterizadas por exigirem operações específicas, não classificadas nos itens anteriores.

Ex.: Plataformas de petróleo, navios avariados entre outras.

Existem navios concebidos para transportar tais cargas, que são semissubmersíveis e também conhecidos como flo/flo (float-on/float-off).



Figura 2.69. Navio Float-On / Float-Off (Flo-Flo)

Fonte: <http://portalmaritimo.com/2012/05/25/blue-marlin-o-supernavio-que-transporta-navios/#more-23052>

2.3. SISTEMA RODOVIÁRIO

2.3.1. Considerações gerais

O sistema rodoviário é um sistema de transporte terrestre onde são transportados passageiros e cargas, por meio de veículos (ônibus, automóveis, motocicletas ou caminhões) através de rodovias que conectam diferentes terminais.



Figura 2.70 Rodovia dos Imigrantes

Fontes: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rodovia_dos_Imigrantes_1.jpg
<https://abcr.org.br/noticias>

2.3.2. Contexto Brasileiro

A administração da malha rodoviária federal, ocorre em sua maior extensão por meio do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, autarquia federal vinculada ao Ministério da Infraestrutura.

Existe também a malha rodoviária federal concedida que é gerida pela Agência Nacional de Transporte Terrestre – ANTT, autarquia também vinculada ao Ministério da Infraestrutura.



Figura 2.71. Malha Rodoviária Brasileira

Fonte: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/cnt-lanca-segunda-edicao-atlas-transporte>

2.3.3. Contexto Catarinense

A malha rodoviária estadual de Santa Catarina é administrada pela SIE, havendo ainda malhas municipais administradas pelos respectivos municípios.

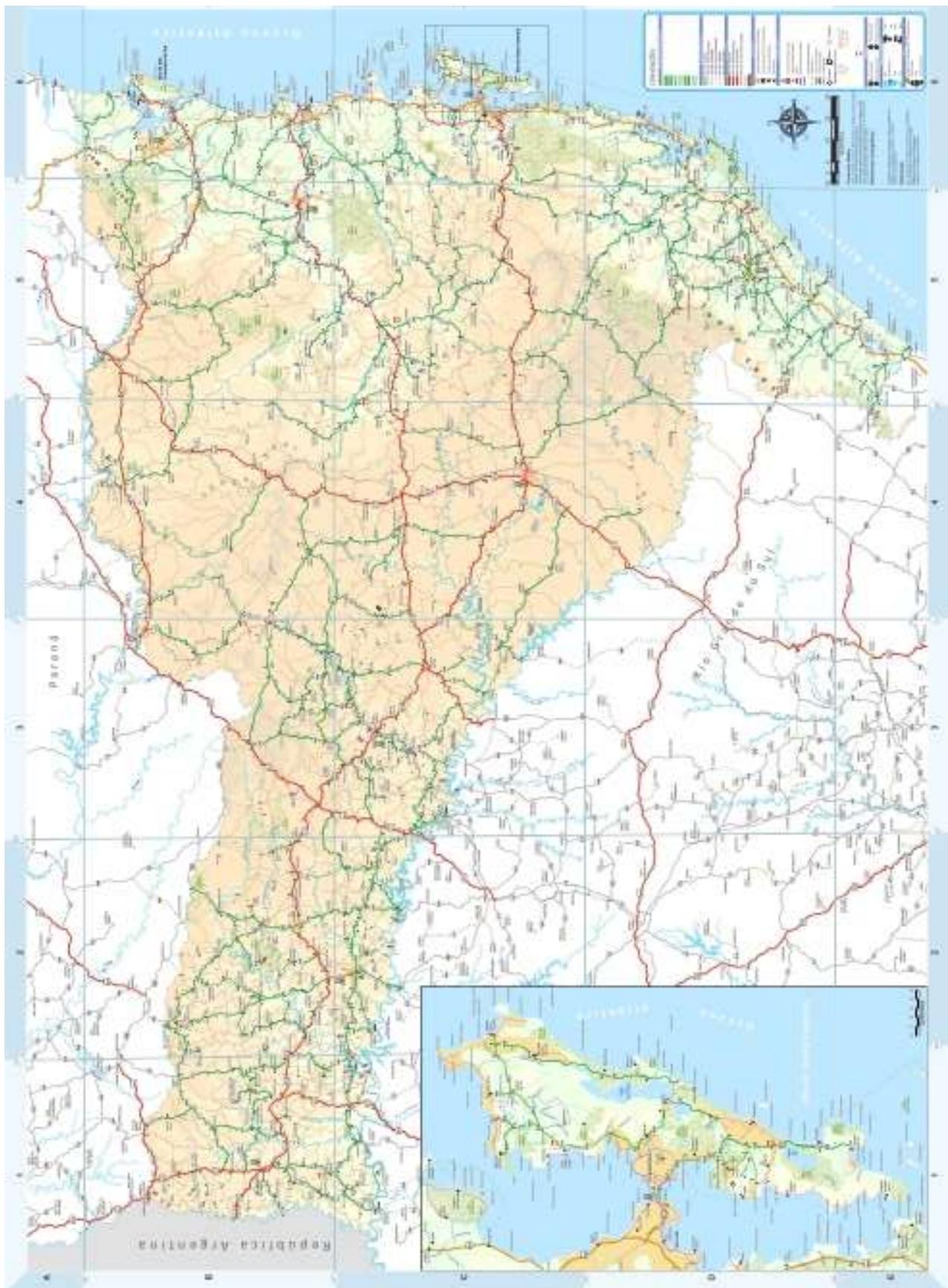


Figura 2.72. Malha Rodoviária Catarinense

Fonte: <https://www.sie.sc.gov.br/maparodoviario>

2.3.4. Principais Características do Transporte Rodoviário

- Possui grande flexibilidade de escolha de rotas e horários.
- Permite a realização de transporte "porta-a-porta".
- Requer investimentos em infraestrutura relativamente baixos.
- A malha rodoviária requer constante manutenção buscando-se manter as rodovias nas condições em que foram concebidas.
- Torna-se indicado para ser adotado em programas de desenvolvimento regional e na incorporação de novas áreas ao processo produtivo.
- Apresenta alto custo operacional por ton/km transportada.
- É mais indicado para a movimentação de mercadorias de médio e alto valor a curtas e médias distâncias.
- Agilidade e rapidez na entrega da mercadoria em curtos espaços a percorrer.
- Sua capacidade de transporte de carga é reduzida, se comparada com outros modais.
- Os veículos utilizados para transporte produzem um elevado grau de poluição ao meio ambiente.

Tabela de Classificações do DNIT (ANEXO E)

2.3.5. Alguns conceitos e definições

2.3.5.1. Relacionados à projetos

a. Projeto Conceitual

Constitui a primeira versão de um projeto visando a realização de uma obra de engenharia. Neste momento acontece a avaliação de uma ideia e a confirmação (ou não) de uma solução para atender a uma determinada necessidade.

O projeto conceitual dá suporte à decisão de se investir (ou não) em uma oportunidade identificada.

Pode-se observar cinco fases na sua elaboração:

- **Entendimento:** identificar claramente o empreendimento a ser estudado;

- **Informações:** buscar informações sobre sistemas construtivos, tecnologias e materiais que podem ser adotados, além de respectivos custos e benefícios;
- **Compreensão:** analisar previamente necessidades e requisitos relacionados às informações coletadas;
- **Elaboração:** desenvolver as possíveis soluções e estabelecer uma gama de alternativas que podem ser adotadas;
- **Verificação:** avaliação das alternativas identificadas na fase anterior e selecionar a que melhor atenda. Normalmente as avaliações são feitas através de EVTEAs (Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental).

b. Projeto Básico de Engenharia

Considera os elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra. É elaborado com base nas indicações dos estudos anteriores visando assegurar a viabilidade técnica, o adequado tratamento do impacto ambiental e a melhor avaliação dos custos e dos prazos de execução.

c. Projeto Executivo de Engenharia

Contempla todos os elementos necessários à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

O **ANEXO C** apresenta tabelas referentes às características técnicas para projetos de rodovias.

Existem diversos softwares no mercado que podem facilitar a elaboração de projetos executivos, tais como:

- Autodesk InRoads - Solução de concepção de empreendimentos rodoviários e ferroviários da Autodesk

(<https://www.autodesk.com/products/inroads/overview>)

- Bentley OpenRoads ConceptStation - Solução de concepção de empreendimentos rodoviários

(<https://www.bentley.com/en/products/product-line/civil-design-software/openroads-conceptstation>)

- Autodesk Civil 3D - Solução de detalhamento de empreendimentos rodoviários e ferroviários da Autodesk

(<https://www.autodesk.com/products/civil-3d/overview?geoNavigationPreferredSite=US>)

- Bentley OpenRoads Designer - Solução de detalhamento de empreendimentos rodoviários da Bentley

(<https://www.bentley.com/en/products/product-line/civil-design-software/openroads-designer>)

2.3.5.2. Relacionados à via

- a. Diretriz do traçado de uma rodovia** – é um itinerário, compreendendo uma ampla faixa de terreno, ao longo (e ao largo) da qual se considera que possa ser lançado o traçado da rodovia.
- b. Traçado de uma rodovia** – é a linha que constitui o projeto geométrico da rodovia em planta e em perfil; pode-se imaginar o traçado como sendo uma linha que representa espacialmente (ou fisicamente) a rodovia.
- c. Greide** - série de cotas que caracterizam o perfil longitudinal de uma via.
- d. Faixa de domínio** - Define-se como a base física sobre a qual assenta-se uma rodovia, constituída pela pista de rolamento, acostamentos e demais elementos da mesma, até o alinhamento das cercas que separam a estrada dos imóveis marginais.

e. Estrutura do pavimento flexível ou asfáltico

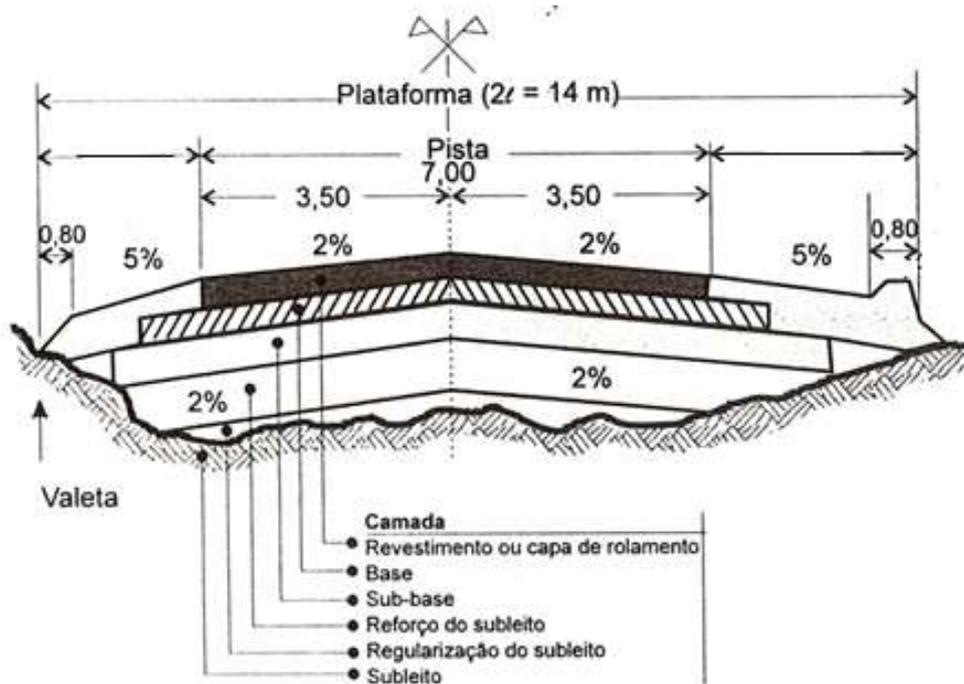


Figura 2.73. Estrutura do pavimento asfáltico

Fonte: Senço, W. *Manual de técnicas de pavimentação*. São Paulo: Editora Pini, 1997.

2.3.5.3. Relacionados à operação

a - Capacidade de uma rodovia – A capacidade de uma rodovia representa o número máximo de veículos que podem passar pela seção transversal da mesma no período de uma hora.

Segundo o HCM2016 (6ª Edição), para uma rodovia rural, duas faixas, dois sentidos (nas condições básicas) a capacidade de uma faixa de tráfego é igual a 1700 ucp/h e da pista é igual a 3200 ucp/h. **(ANEXO D)**

ucp/h = unidades de carros de passeio

O HCM2016, 6ª Edição, considera as seguintes condições básicas (ideais):

- Largura da faixa de tráfego $\geq 3,60\text{m}$;
- Largura do acostamento $\geq 1,80\text{m}$;
- Inexistência de zonas de não ultrapassagem;
- Somente carros de passeio (ucp) na corrente de tráfego (os demais veículos devem ser transformados em equivalentes a carros de passeio);
- Terreno em nível (plano);

- Alinhamento horizontal em tangente;
- Nenhum impedimento no fluxo de tráfego (ex: retorno de veículos ou lombadas).

Ainda segundo o HCM2016, para uma rodovia de duas faixas por pista, nas condições básicas, teria uma capacidade esperada de 2.200 ucp/h por faixa.

b – Densidade de uma faixa de tráfego

Trata-se do número de veículos que ocupam um determinado comprimento de uma faixa ou estrada em um determinado instante.

A densidade pode ser calculada a partir da velocidade média de deslocamento e da taxa de fluxo. Para condições de tráfego não saturadas, usa-se a seguinte equação:

$$Densidade \left(\frac{\text{veículos}}{\text{km}} \right) = \frac{\text{volume de tráfego} \left(\frac{\text{veículos}}{\text{h}} \right)}{\text{velocidade média de deslocamento} \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)}$$

c – Espaçamento entre veículos

Refere-se a distância entre veículos sucessivos em um fluxo de tráfego, medida a partir do mesmo ponto em cada veículo (por exemplo: para-choque dianteiro ou eixo dianteiro).

d - Headway

Trata-se do tempo entre veículos sucessivos à medida que eles passam por um ponto em uma via, medido a partir do mesmo ponto em cada veículo.

e - Nível de serviço de uma rodovia (NS)

O Nível de Serviço de uma rodovia é uma medida de desempenho que representa a qualidade do serviço oferecido pela mesma.

Na prática, o *Highway Capacity Manual* (HCM2016, 6ª Edição) representa os diversos níveis de serviço em índices de A à F, sendo:

- **Nível A** - operação em fluxo livre.
- **Nível B** - razoável fluxo livre.

- **Nível C** - liberdade de manobras restrita, relevante densidade da via, incidentes secundários são facilmente absorvidos, podem ser esperadas filas atrás de uma obstrução.
- **Nível D** – velocidade começa a declinar com o incremento de fluxo; densidade crescendo rapidamente; liberdade de manobras muito limitada; incidentes secundários criam filas.
- **Nível E** - operação na capacidade, veículos próximos uns dos outros, incidentes produzem filas e congestionamento. A capacidade da rodovia é atingida no nível “E”.
- **Nível F** - fluxo instável e interrompido; congestionamento.



Figura 2.74. Níveis de Serviço de uma Rodovia

Fonte: HCM 2016 6ª Edição

No **ANEXO D** apresenta-se tabela do HCM2016, referente a Nível de Serviço para duas faixas.

2.3.6 – Classificação funcional das rodovias interurbanas

- **Definição**

É uma classificação que estabelece a função exercida por uma rodovia junto a uma determinada rede rodoviária.

- **Importância**
 - A importância dessa função é considerada diretamente proporcional a determinados elementos, tais como, porte das localidades servidas, volumes de tráfego, distância média de viagem desse tráfego na rodovia.

- **Principais objetivos**
 - Proporcionar uma base lógica para planejar o desenvolvimento de uma rede rodoviária.
 - Estabelecer bases racionais para atribuir responsabilidades pelas rodovias. Ex.: níveis federal, estadual e municipal.
 - Criar bases efetivas para a distribuição dos recursos financeiros entre os diversos sistemas funcionais.

- **Rede rodoviária** - Trata-se do conjunto de rodovias de uma determinada região. Esse conjunto forma a rede rodoviária e sistemas funcionais.

Rede Rodoviária e Sistemas Funcionais

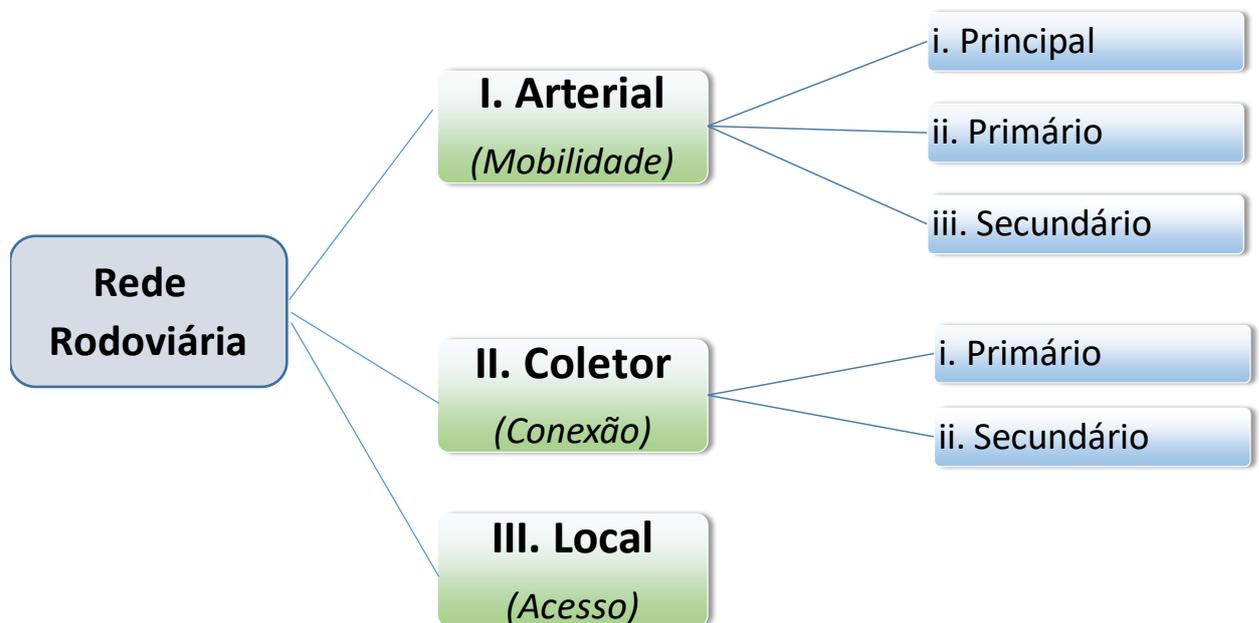


Figura 2.75. Rede Rodoviária e Sistemas Funcionais
 Fonte: Adaptado por Roberto Stosick

I. Sistema arterial

Atende a função **mobilidade** e classifica-se conforme segue:

i. Principal

Com rodovias inter-regionais que proporcionem um sistema contínuo dentro de uma região e articulação com rodovias semelhantes em regiões vizinhas. Conectam cidades com mais de 150 mil habitantes.

ii. Primário

Devendo formar, junto com o Sistema Arterial Principal, um sistema contínuo, livre de interrupção. Conectam cidades com cerca de 50 mil habitantes.

iii. Secundário

Devendo formar um sistema contínuo, em combinação com as rodovias de sistemas superiores. Conectam cidades com população acima de 10 mil habitantes que não estejam atendidas por rodovias de sistema superior.

II. Sistema coletor

Com a função de **conexão** entre mobilidade e acessibilidade, auxilia na integração entre o sistema arterial e o sistema local.

i. Primário

Ligando cidades com população acima de cinco mil habitantes, não servidas por rodovias de classe superior, com função de acesso a centros de geração de tráfego, como portos, áreas de produção agrícola e de mineração, ou sítios turísticos.

ii. Secundário

Ligando cidades com população acima de dois mil habitantes, não servidas por rodovias de classe superior, com função de acesso as grandes áreas de baixa densidade populacional, não servidas por

rodovias arteriais ou coletoras primárias. Liga essas áreas com o Sistema Coletor Primário ou com o Sistema Arterial.

III. Sistema local

Com função de acesso ao tráfego intramunicipal de áreas rurais e de pequenas localidades às rodovias de nível superior, pode apresentar discontinuidades, mas não isolamento do restante da rede.



Figura 2.76. Vias do centro de Florianópolis
Fonte: Open Street Map

Características técnicas para projeto de rodovias

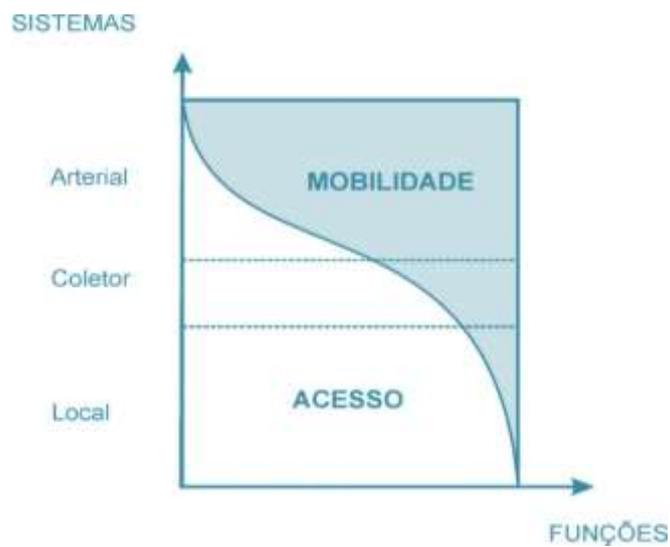


Figura 2.77. As funções de Mobilidade e de Acesso
Fonte: Introdução ao Projeto Geométrico. Lee, Shu Han, Ed. UFSC, 2002.

SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS E CRITÉRIOS DOS SISTEMAS FUNCIONAIS

Sistemas Funcionais		Funções Básicas	Extensão (% Km)	Serviço(% Veículos-Km)	Espaçamento
Arterial	PRINCIPAL	Tráfego Internacional e Inter-regional Grande mobilidade Sistema contínuo na região Conexão com rodovias similares em regiões vizinhas Conectar as cidades com população acima de 150.000 hab. e as capitais	2 - 3,5	30 – 35	Controlado pela localização das cidades e regiões conectadas por estas rodovias
	PRIMÁRIO	Tráfego Inter-Regional e Interestadual Mobilidade Sistema Contínuo em Combinação com o sistema Principal Conectar cidade com população acima de 50.000 hab.	1,5 – 3,5	15 – 20	Estabelecido de forma a não duplicar os serviços das rodovias arteriais principais
	SECUNDÁRIO	Tráfego Interestadual e Intra-estadual Mobilidade Sistema contínuo combinado com os sistemas arteriais principal e primário Conectar cidades com populações acima de 10.000 hab.	2,5 – 5	10 – 20	Estabelecido de forma a não duplicar os serviços das rodovias arteriais principais
Coletor	PRIMÁRIO	Tráfego Intermunicipal Mobilidade e acesso Sistema contínuo combinado com o sistema arterial Conectar cidades com população acima de 5.000 hab.	4 – 8	8 – 10	Estabelecido de acordo com a distribuição e concentração populacional
	SECUNDÁRIO	Tráfego Intermunicipal Acesso e mobilidade Alimentador dos sistemas de mais alta função Conectar cidades com população acima de 2.000 hab. Atender às grandes áreas de baixa densidade populacional	10 – 15	7 – 10	Não duplicar serviços
Local		Tráfego Intramunicipal Deve proporcionar principalmente acesso Pode sofrer descontinuidade mas não ser isolado do resto da rede	65 – 80	5 – 30	Estabelecido de acordo com a distribuição e concentração populacional

Tabela 2.3. Síntese das características e critérios dos sistemas funcionais

Fonte: Adaptado DNIT

2.4. SISTEMA FERROVIÁRIO

2.4.1. Considerações gerais

O sistema ferroviário é um meio de transporte terrestre de pessoas ou bens, operado em vias férreas que conectam terminais ferroviários ou multimodais, através de trens que são constituídos basicamente por locomotivas e vagões de carga ou carros de passageiros.



Figura 2.78. Ferrovia

Fonte: <http://transportes.gov.br>

2.4.2. Contexto Brasileiro

Em relação ao sistema ferroviário brasileiro, cita-se a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (<http://www.antt.gov.br/ferrovias/index.html>), entidade vinculada ao Ministério de Infraestrutura, que administra as Concessões Ferroviárias.

A figura a seguir mostra a malha Ferroviária Brasileira

Malha Ferroviária Brasileira

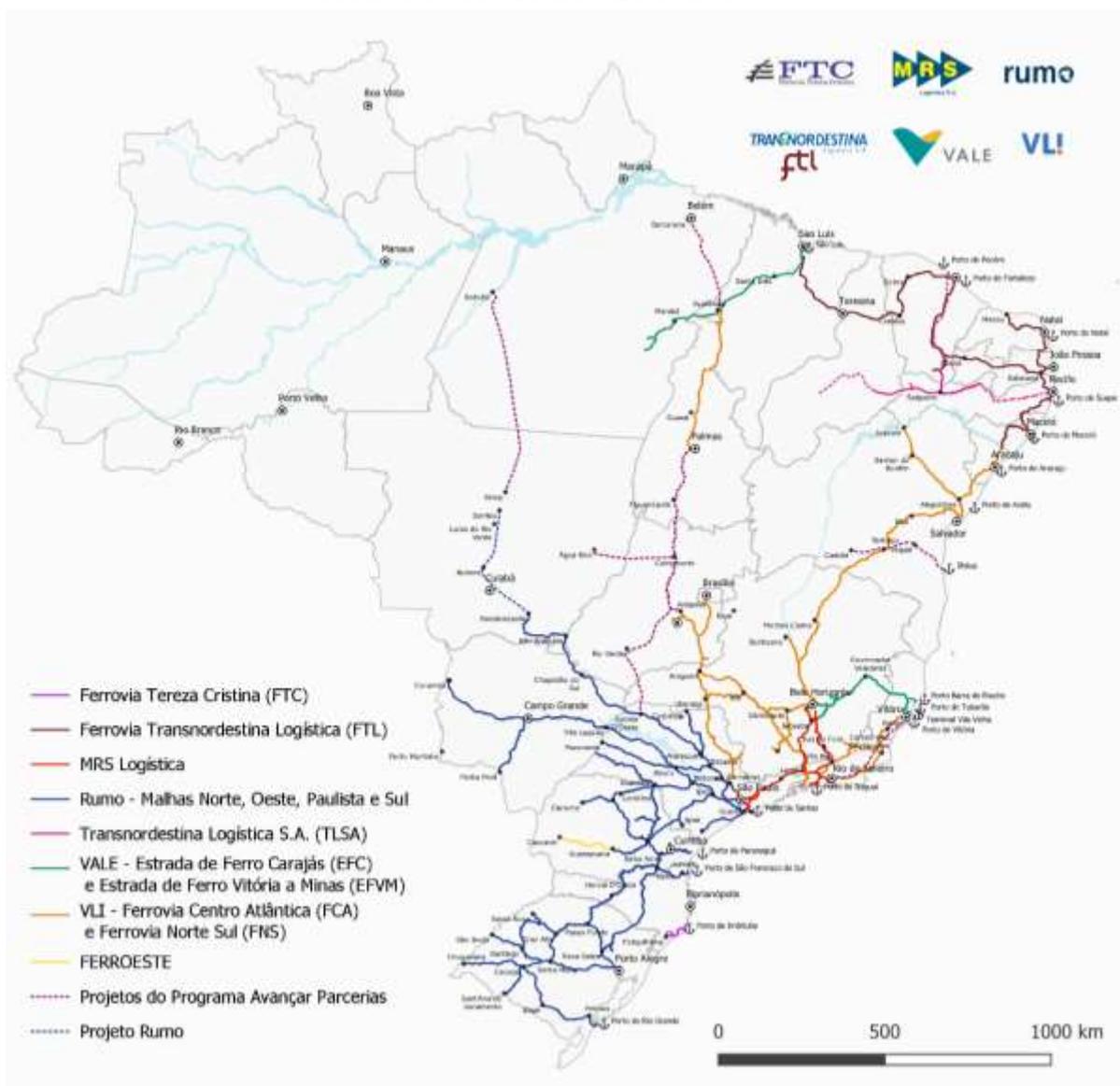


Figura 2.79. Malha Ferroviária Brasileira

Fonte: <https://www.antf.org.br/mapa-ferroviario/>, jan/2020

2.4.3. Contexto Catarinense

Em relação ao Sistema Ferroviário de Santa Catarina, pode-se destacar duas ferrovias:

- Ferrovias Tereza Cristina – FTC (<http://ftc.com.br/>)
- RUMO – (http://pt.rumolog.com/conteudo_pti.asp?idioma=0&tipo=27307&conta=45)

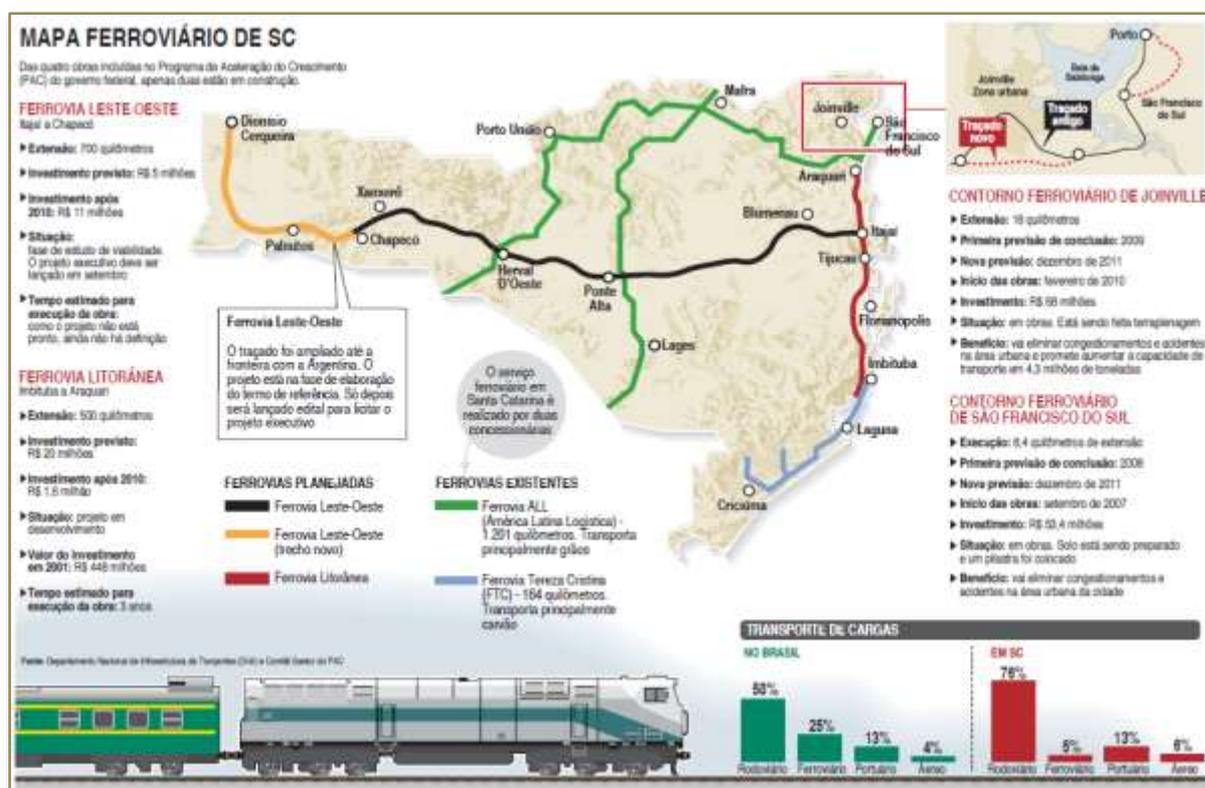


Figura 2.80. Malha Ferroviária Catarinense

Fonte: <http://ferroviariobrasil.blogspot.com/>

2.4.4. Principais Características do Transporte Ferroviário

- Maior segurança em relação ao rodoviário, com menor índice de acidentes e furtos.
- Requer investimentos em infraestrutura relativamente altos.
- Normalmente precisa de transporte complementar, notadamente o rodoviário.
- Possui via exclusiva.
- Pouca flexibilidade de escolha de rotas e horários.
- Tem aptidão para o transporte de grandes volumes de cargas de baixo valor agregado, como grãos, em médias e longas distâncias.
- Apresenta custo operacional por ton./km transportado, relativamente baixo.

- Baixo consumo de combustível por tonelada/quilômetro
- Depende do nível de comercialização de determinados produtos, podendo o ramal tornar-se antieconômico em caso de alterações significativas no mercado.
- Grande flexibilidade relativa ao peso e volume das cargas
- Para passageiros, é mais indicado em áreas de alta demanda, como é o caso do transporte urbano em regiões metropolitanas.

2.4.5. Alguns conceitos e definições

2.4.5.1. Relacionados à Estrutura Viária

- Infraestrutura** – é constituída pela terraplanagem e todas as obras situadas abaixo de greide de terraplanagem.
- Superestrutura** – é constituída pela via permanente, ou seja, sub lastro, lastro, dormentes e trilhos.

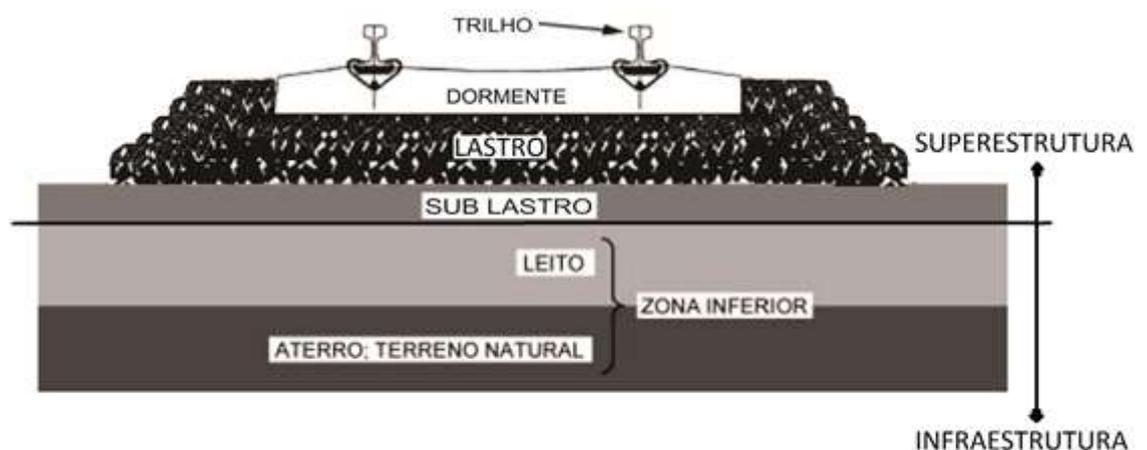


Figura 2.81. Componentes da Infraestrutura e Superestrutura

Fonte: Adaptado de: <http://is-com.biz/index.php/technology-uses/railway>



1. **Sublastro** - É uma camada granular (areias naturais, pó de pedra, escórias de fornos siderúrgicos) com espessuras variadas.
2. **Lastro** - Uma das principais funções do lastro é distribuir uniformemente à plataforma ferroviária a pressão exercida pela passagem dos trens junto à rede ferroviária.
3. **Dormente** - O dormente é um elemento da superestrutura que tem a função de receber e transferir ao lastro os esforços produzidos pelas cargas dos veículos ferroviários.
4. **Trilhos** - Os perfis instalados sobre os dormentes são os trilhos. É por eles que se deslocam os trens, que têm suas rodas metálicas encaixadas em sua superfície, de modo que eles têm a função de guiar as rodas.

Figura 2.82. Componentes da Superestrutura

Fonte: Site Infraestrutura Urbana

2.4.5.2. Relacionados às Vias

- a. **Via Férrea ou Via de Rolamento** – É a superfície de rolamento utilizada para o deslocamento de trens. Abrange o lastro, dormentes e é formada por duas ou mais fiadas de trilhos assentados e fixados paralelamente sobre dormentes.
 - i. Via Singela – superfície de rolamento com uma via de tráfego (duas fiadas de trilhos) – podendo ter sentido de tráfego bidirecional;
 - ii. Via Dupla – superfície de rolamento com duas vias de tráfego, geralmente paralelas (quatro fiadas de trilhos), podendo ter sentido de tráfego unidirecional ou bidirecional;
- b. **Bitola** – é a distância entre as faces internas dos boletos dos trilhos, tomada na linha normal a essas faces, 16 mm abaixo do plano constituído pela superfície superior do boleto.

Tabela de Bitolas	
Dimensão (m)	Exemplos
1,00	Corresponde a 73% dos trilhos existentes no território nacional.
1,43	Corresponde a 8% dos trilhos existentes, em ferrovias isolada no Amapá, linhas 4 e 5 de São Paulo e metrô de Salvador.
1,60	Corresponde a 27% dos trilhos existentes, localizam-se na região sudeste e nas expansões da VALEC.
Mista	Via férrea com três ou mais trilhos para permitir a passagem de veículos com bitolas diferentes

Tabela 2.4. Bitolas relevantes utilizadas no Brasil

Fonte: Adaptado de www.planetaferrovia.com

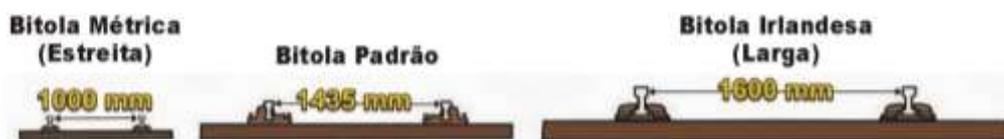


Figura 2.83. Bitolas utilizadas no Brasil

Fonte: <http://planetaferrovia.blogspot.com/2014/01/bitolas-ferroviarias.html>

- c. **Boleto** – Parte superior do trilho, sobre o qual deslizam as rodas dos veículos.



Figura 2.84. Partes do trilho

Fonte: <https://www.brasilferroviario.com.br/trilho/>

- d. **Cremalheira** - Sistema de tração usado em certas estradas de ferro, nos trechos de rampa muito íngreme, com o objetivo de impulsionar o trem.



Figura 2.85. Cremalheira

Fonte: <https://youtu.be/frcCferE59Q>

- e. **AMV (Aparelho de Mudança de Via)** – Trata-se de um conjunto de acessórios, máquinas e componentes projetados para permitir ao material rodante transitar de uma linha para outra, assegurando a continuidade da via para um determinado caminho. O AMV também é chamado de chave. A forma de funcionamento dos AMVs pode ser: manuais, elétricos e por molas.



Figura 2.86. AMV (Aparelho de mudança de via) Manual

Fonte: <https://www.brasilferroviario.com.br/amvs/>



Figura 2.87. AMV (Aparelho de mudança de via) Elétrico

Fonte: <https://www.brasilferroviario.com.br/amvs/>



Figura 2.88. AMV (Aparelho de mudança de via) de Molas

Fonte: <https://www.brasilferroviario.com.br/amvs/>

- f. **Ramal ferroviário** – Trata-se de uma linha subsidiária ou prolongamento de uma linha-tronco ou de outro ramal, tendo como objetivo ligar pontos de importância, distantes da via principal, obter atalhos ou facilitar manobras.

Tipos de ramais

- i. **Ramal de ligação** – liga uma cidade à linha tronco.

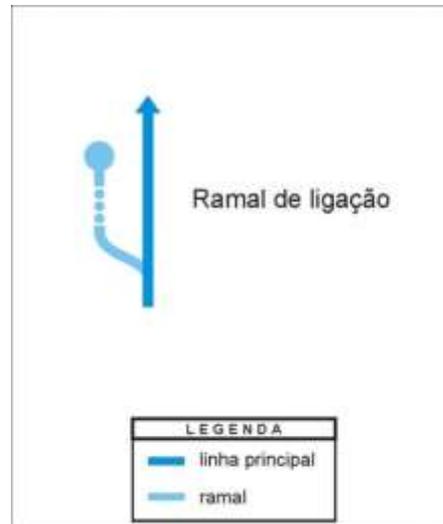


Figura 2.89. Ramal de Ligação

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ramal_ferrovi%C3%A1rio, adaptado por Paôla Tomé

- ii. **b. Ramal "bituca"** – tem apenas uma estação.

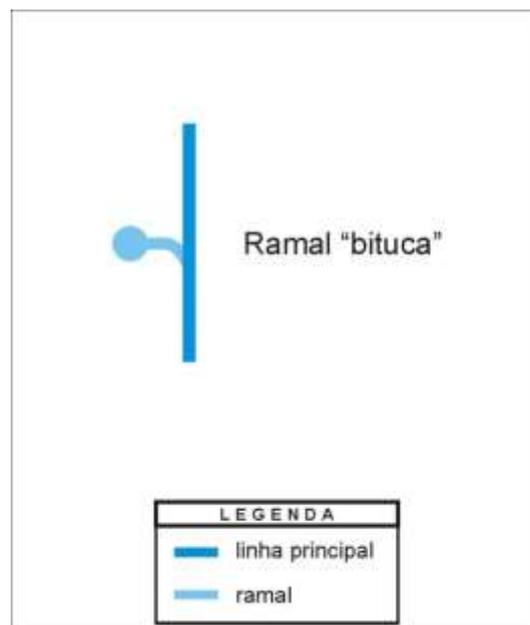


Figura 2.90. Ramal Bituca

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ramal_ferrovi%C3%A1rio, adaptado por Paôla Tomé

iii. **Ramal atalho** – reduz o percurso entre um trecho da ferrovia.

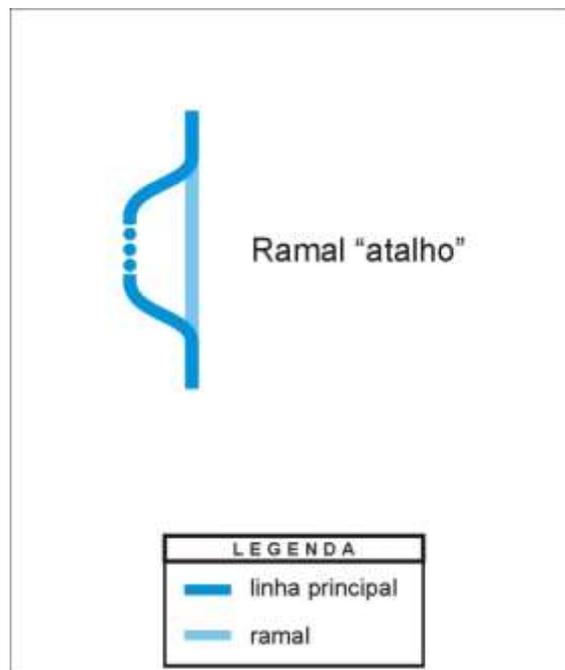


Figura 2.91. Ramal Atalho

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ramal_ferrovi%C3%A1rio, adaptado por Paôla Tomé

iv. **Ramal ponte** – liga duas ferrovias.

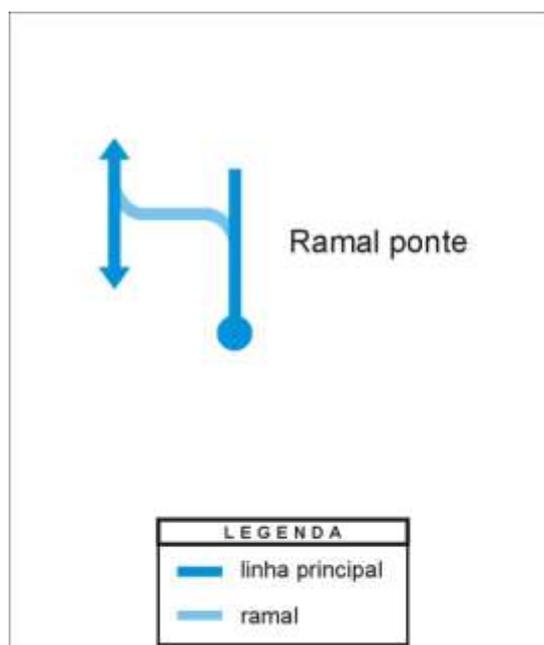


Figura 2.92. Ramal Ponte

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ramal_ferrovi%C3%A1rio, adaptado por Paôla Tomé

- v. **Ramal extensão** – começa onde a outra linha termina, continuando a linha principal.

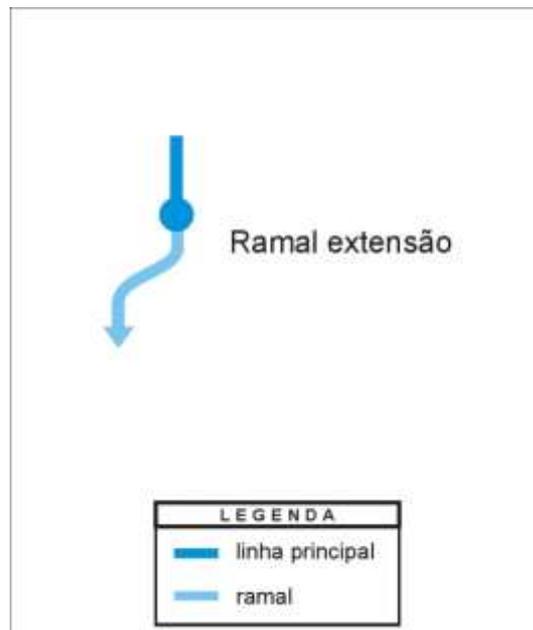


Figura 2.93. Ramal Extensão

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ramal_ferrov%C3%A1rio, adaptado por Paôla Tomé

- vi. **Ramal pêra** - Via férrea acessória (de traçado curvilíneo) destinada a inverter a posição do trem por marcha direta.

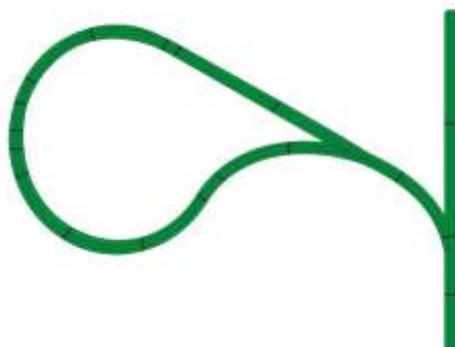


Figura 2.94. Ramal Pera

Fonte: <http://www.transportabrasil.com.br/>, adaptado por Paôla Tomé

2.4.5.3. Relacionados aos Terminais

a. Terminal de cargas

Local ou área para embarque, desembarque, e também estocagem de cargas. Pode ser unimodal ou intermodal (rodo/ferro/hidro).

b. Terminal de passageiros (Estação)

Área onde os passageiros podem embarcar e desembarcar dos trens, além de possuir local para compra de passagens. Pode também conter algum tipo de atividade comercial.

2.4.5.4. Relacionados aos Pátios Ferroviários

Define-se pátio ferroviário como área formada por um conjunto de vias que serve de apoio operacional ao transporte ferroviário. Não é utilizado para operação de embarque e desembarque de cargas e passageiros.

i. Funções

Os pátios podem desempenhar, entre outras, as seguintes funções:

- Abastecimentos de locomotivas;
- Cruzamento de trens;
- Estacionamento de material rodante;
- Formação de composições;
- Manobras;
- Pré-classificação e classificação dos vagões;
- Regularização do tráfego;
- Revisão visando manutenção de locomotivas e/ou vagões;
- Troca ou alargamento de truques devido à mudança de bitola (vide figura 2.95);



Figura 2.95. Truque Ferroviário
Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Bo-Bo>

ii. Características dos pátios ferroviários

→ **Pátio de Cruzamento** – destinado apenas ao cruzamento dos trens e deve ser projetado de modo a ter comprimento suficiente para conter o trem de maior comprimento que circula no trecho.



Figura 2.96. Vista aérea do pátio de cruzamento com desvios ferroviários
Fonte: <https://slideplayer.us/slide/375648/>

→ **Pátio de Classificação** – tem como principal função a de permitir a classificação dos vagões recebidos, a sua separação em blocos e a formação de trens, através de reagrupamento, para a distribuição da carga para os seus vários destinos. São usualmente compostos por três áreas:

- ✓ **Área de recebimento de trens** – onde os trens são desviados da linha principal e temporariamente armazenados antes de serem desmembrados e classificados;

- ✓ **Área de Classificação** – onde os vagões são separados e reagrupados em blocos segundo um destino comum, que pode ser o destino final da carga ou outro pátio subsequente;
- ✓ **Área de Formação de Trens** – onde os trens são formados inspecionados e preparados com documentação fiscal e licenciamento, visando posterior movimentação na linha principal.

→**Pátio completo** – pode conter ainda linhas específicas para reparo da composição, principalmente vagões com avarias, linhas para reabastecimento de combustível e areia (utilizada para aumentar o atrito das rodas motrizes das locomotivas, evitando que elas patinem, devido ao peso) para locomotivas e linhas locais, sendo estas destinadas à formação de trens para entregas em terminais próximos ao pátio.

→**Pátio simples** – é composto por apenas algumas linhas, e com utilização (função) específica.

2.4.5.5. Relacionados aos Veículos

- a. **Carro** – veículos para transporte de passageiros, podendo também servir como restaurante ou dormitório.
- b. **Locomotiva** – Trata-se de um veículo ferroviário que fornece a energia necessária para a colocação de um comboio ou trem em movimento; as locomotivas não têm capacidade de transporte própria, quer de passageiros, quer de carga. Dentre os sistemas de propulsão, as mais utilizadas são a Diesel-Mecânico e Diesel-Elétrico.
- c. **Material rodante** – Composição contendo locomotiva(s) e vagões de carga ou carros de passageiros.
- d. **Vagão** – é a unidade da composição destinada ao transporte de cargas. Existem vagões de tipos especiais para certas mercadorias, tais como: tanques, frigoríficos, vagões para minérios, entre outros.



Vagão Hopper Fechado em Alumínio

Grãos e farelo de soja, milho e Calcário agrícola



Vagão Plataforma de Grande Capacidade

Containers, semirreboques e trilhos



Vagão Gôndola para Car-Dumpers

Minério de ferro



Vagão Tanque para Cimento

Cimento a Granel



Vagão Tanque de uso geral

Gasolina, álcool e diesel



Vagão Double Stack

Containers

Figura 2.97. Alguns tipos de vagões

Fonte: <http://www.guiadotrc.com.br/infra/vagoes.asp>

Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1244539>



Figura 2.98. Alguns tipos de vagões
 Fonte: <http://logisticamaxplanck.blogspot.com.br>

2.4.5.6. Relacionados à Operação

- a. **Sistema de inspeção de trens** – A inspeção de equipamentos ferroviários (locomotivas e vagões) é essencial para a circulação segura dos trens. Vários procedimentos podem ser utilizados para identificação de defeitos, desde inspeção visual até o uso de equipamentos para varredura a laser.
- b. **Sistema de inspeção de vias** – Visa verificar possíveis problemas relacionados a manutenção das vias. Podem utilizar “Autos de Linha” para acesso a todos os trechos das vias.
- c. **Auto de linha** – Veículo ferroviário de um só vagão, usado para transporte de pessoas, carga e outros serviços, tais como, inspeção e manutenção de linhas.



Figura 2.99. Auto de linha

Fonte: <https://amantesdaferrovia.com.br/blog/como-se-gira-um-auto-de-linha>

d. Simuladores

Permitem avaliar dentre outros aspectos, esforços aplicados nos trens, o consumo de combustível e o comportamento entre os trens no traçado ferroviário.

Dentre os simuladores pode-se citar o software *Rail Traffic Controller* (RTC) – (<http://berkeleysimulation.com/>) que realiza simulações operacionais de trens, considerando suas movimentações e desempenho no traçado objeto de estudo.

e. Sistema de Sinalização da Ferrovia – Tem como objetivo oferecer, através de sinais de trânsito, informações voltadas à condução segura das composições.



Figura 2.100. Sinalização Ferroviária

Fonte: Site MME Informática

- f. **Sistema de Controle de Tráfego** - Tem como objetivo oferecer, através do monitoramento do tráfego, a devida segurança para que não ocorram acidentes oriundos da movimentação das composições.

Como atividades de controle de tráfego, pode-se citar:

- ✓ Manutenção de distância segura (*headway*) entre trens consecutivos;
- ✓ Controle do movimento de trens nos pontos de junção e cruzamentos;
- ✓ Controle do movimento de trens de acordo com a velocidade e densidade autorizadas;
- ✓ Controle de tráfego em linha singela para impedir o choque de trens que trafegam em sentidos contrários.

2.4.6. Cargas Típicas do Transporte Ferroviário

- Produtos siderúrgicos;
- Grãos;
- Minério de ferro;
- Cimento e cal;
- Adubos e fertilizantes;
- Derivados de petróleo;
- Calcário;
- Carvão mineral e clínquer;
- Contêineres.



Figura 2.101. Transporte Ferroviário

Fonte: <https://institutobrasillogistico.com.br/modal-ferroviario/>

2.5. SISTEMA AÉREO

2.5.1. Considerações gerais

O sistema de transporte aéreo é formado por aerovias que conectam terminais e através das quais transitam aeronaves (aviões e helicópteros) transportando passageiros e cargas.



Figura 2.102. Sistema Aeroviário Brasileiro

Fonte: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/cnt-lanca-segunda-edicao-atlas-transporte>



Figura 2.103. Aeroportos de Santa Catarina
 Fonte: Secretaria de Estado da Infraestrutura (SIE), dezembro de 2016

2.5.2. Principais características do Transporte Aéreo

- Alta velocidade de percurso.
- Pouca capacidade de carga.
- É recomendado para o transporte de cargas de alto valor agregado e de alto valor comercial.
- É o mais adequado para transportar passageiros a médias e grandes distâncias.
- Apresenta grande conforto.
- Elevados custos relativos a veículos, terminais e sistemas de proteção ao voo.
- Flexibilidade de deslocamento limitada, pois dependem de terminais, apoio terrestre (acompanhamento de voo) e condições meteorológicas.
- Elevado grau de segurança.
- Elevada poluição atmosférica.
- Alta poluição sonora nas áreas ao redor dos aeroportos.

- Ideal para o envio de mercadorias com pouco peso e volume em longas distâncias.
- Fretes relativamente altos em relação aos demais modais.

2.5.3. Alguns conceitos e definições

2.5.3.1. Relacionados à Gestão

- a. **ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil)** – Autarquia especial, vinculada à Secretaria Nacional de Aviação Civil do Ministério da Infraestrutura, que tem como atribuições, regular e fiscalizar as atividades de aviação civil e de infraestrutura aeronáutica e aeroportuária.



- b. **IATA (International Air Transport Association)** - organização sediada em Genebra com a finalidade de criar regras para voos internacionais e normas para as empresas afiliadas.



- c. **INFRAERO (Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária)** – vinculada à Secretaria Nacional de Aviação Civil do Ministério da Infraestrutura, com finalidade de implantar, administrar e apoiar a navegação aérea, prestar consultoria e assessoramento em suas áreas de atuação e na construção de aeroportos, além de quaisquer atividades afins conferidas pela SAC/MI.



- d. **SAC/MI (Secretaria Nacional de Aviação Civil do Ministério da Infraestrutura)** – ligada ao Ministério da Infraestrutura, esta Secretaria elabora estudos e projeções relativos aos assuntos de aviação civil e de infraestruturas aeroportuárias e aeronáutica civil. A ela estão vinculadas a ANAC e INFRAERO.



e. Sistemas

Dentre os sistemas relacionados à Gestão pode-se citar:

Hórus – Trata-se de um sistema da Secretaria Nacional de Aviação Civil que apresenta informações, em um formato ágil e interativo, sobre a aviação civil brasileira. Estão disponíveis dados de infraestrutura, operação e desempenho relativos aos aeródromos do país.

<https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/#Principal>

2.5.3.2. Relacionados à Operação

- a. **Conexão** – termo utilizado para operação de transporte de passageiros onde há troca de aeronave no terminal.
- b. **Escala** – termo utilizado para operação de transporte de passageiros, onde há uma parada intermediária na viagem, sem acontecer a troca de aeronave.
- c. **Feeder** - assim é chamado o serviço, ou linha, normalmente de atuação regional, que, transporta passageiros ou cargas, alimentando voos operados por aeronaves de maior capacidade.
- d. **Hub-and-spoke** – sistema de linhas que conectam diferentes origens e destinos com escalas ou conexões intermediárias. Ex.: ligação entre A e B, passando por HUB.

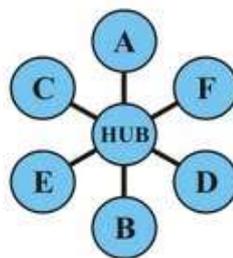


Figura 2.104. Ligações hub-and-spoke (raio da roda de bicicleta)

Fonte: <https://medium.com/@RolandMS/the-hub-and-spoke-project-structure-ca8224759a0d> (adaptado)

- e. **Hub-point** – ponto central (terminal), onde há recepção e posterior redistribuição de passageiros e cargas para destinos diversos.
- f. **Point-to-point** – sistema de ligação direta entre origens e destinos, sem escalas ou conexões. Ex.: ligação entre A e B.



Figura 2.105. Ligações Point-to-point

Fonte: http://www.oaviao.com.br/materias_comunidade/imagens/Hub_and_spoke.pdf

Exemplos de cálculos de linhas hub-and-spoke e point-to-point, podem ser consultados no **ANEXO F** desta publicação.

- g. Operações de aproximação e aterrissagem – referem-se aos procedimentos de chegada das aeronaves nos aeroportos, conforme mostram as figuras seguintes.

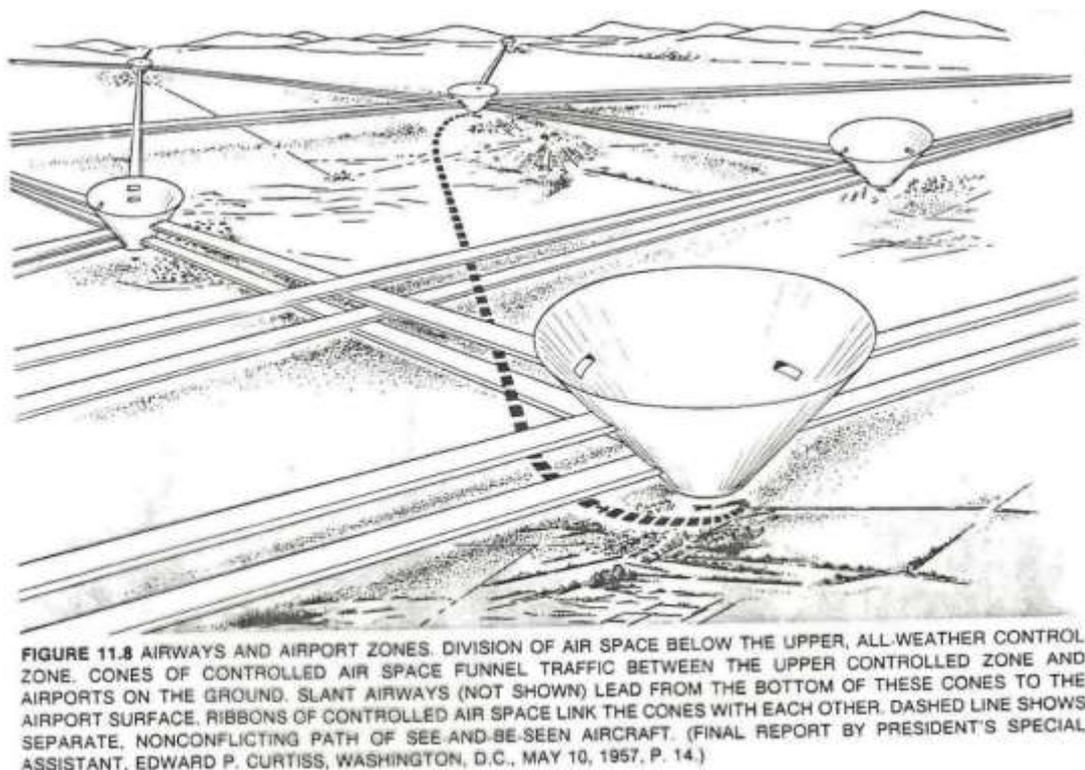


Figura 2.106 - Vias aéreas e zonas aeroportuárias

Fonte: Relatório final do assistente especial do presidente, Edward P. Curtiss

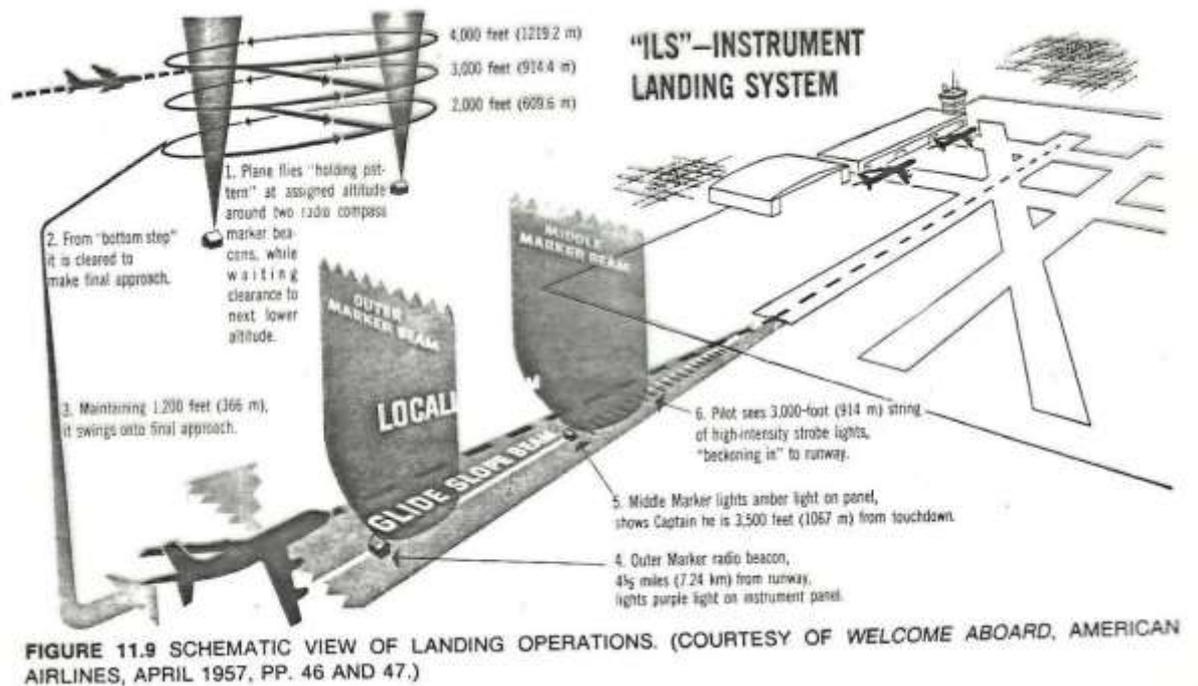


Figura 2.107 – Visão esquemática das operações de pouso

Fonte: Cortesia de "bem-vindo a bordo, American Airlines

2.5.3.3. Relacionados aos Terminais

a. Aeródromo

É toda área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves.

b. Aeroportos

São aeródromos públicos dotados de instalações e facilidades para apoio de operações de aeronaves e de embarque e desembarque de pessoas e cargas.

Os aeroportos precisam estar bem integrados com o sistema de transporte local visando permitir fácil acesso para passageiros, cargas de sua área de influência.

Para esse fim, os aeroportos também devem oferecer forte integração com sistemas de transporte coletivo, inclusive alguns, de maior porte, também podem estar integrados a sistemas de transporte de massa tais como VLTs ou metrô.

Vale citar ainda que o fácil acesso deve atender também a necessidades relacionadas aos trabalhos de equipes de emergência como bombeiros e pronto socorros, para a eventualidade de acidentes e outras necessidades.

c. Terminal de Carga Aérea (TECA)

Consiste em um local em aeroporto onde as cargas são preparadas para embarque em aeronaves ou recebidas para transferência para outro modal de transporte.

O termo "carga aérea" é utilizado para expressar o conjunto de bens transportados por via aérea, geradores de receita, que não sejam passageiros e bagagens. Na indústria da aviação, consideram-se inseridos neste contexto os seguintes itens:

- Malas postais;
- Carga propriamente dita.

d. Terminal de Passageiros

O terminal de passageiros consiste numa edificação onde se efetua uma série de processos associados à transferência intermodal de passageiros. Abriga prestadores de serviços de diferentes interesses que propiciam as condições de funcionalidade, conforto e segurança desejadas pelos clientes do transporte aéreo.

2.5.3.4. Relacionados aos Veículos

a. Aeronave – Consiste no elemento transportador do sistema podendo atender passageiros e cargas.

Exemplos:

- **Passageiros**

A380 – O maior dos aviões de passageiros do mundo, com capacidade para transportar com três classes, 525 passageiros, com uma classe, 853 passageiros, mais 150 toneladas de cargas e com autonomia de até 15.400 km, velocidade de cruzeiro de *mach* 0,89 (945 km/h).



Figura 2.108. A380

Fonte: <http://www.terra.com.br/economia/infograficos/a380/>



Fig. 2.109. A320

Fonte: <https://brasilturis.com.br/airbus-entrega-lucro-1s19/>

Boeing 747-8 – Considerado um dos maiores aviões de passageiros do mundo. Embora menor, é concorrente direto do A380.



Figura 2.110. Boeing 747-8

Fonte: <http://en.ria.ru/infographics/20110223/162718035.html>



Figura 2.111. Boeing 777

Fonte: <http://www.boeing.com/commercial/777#/gallery/>

- Cargas

Airbus A330-743 Beluga XL (Avião de carga) – Servirá para transportar as peças da maioria dos aviões da gama Airbus dos diferentes locais de produção situados em vários países, como Alemanha, Espanha e Reino Unido, até a fábrica de Toulouse, onde a montagem é realizada.



Figura 2.112. Airbus Beluga XL

Fonte: g1.globo.br

Antonov AN-225 – Maior avião cargueiro do Mundo, de origem Russa.



Figura 2.113. Antonov NA 225

Fonte: <http://www.logisticadescomplicada.com/maior-aviao-de-carga-do-mundo-visita-o-brasil/>



Figura 2.114. Antonov NA 225

Fonte: <http://gigantesdomundo.blogspot.com.br/2011/07/o-maior-aviao-cargueiro-do-mundo.html>



Figura 2.115. Boeing Dream Lifter

Fonte: <https://36milpes.files.wordpress.com/2014/09/dreamlifter.jpg>

2.5.4. Classificação dos Sistemas de Transporte Aéreo quanto aos Níveis de Atuação

2.5.4.1. Doméstico Regional (Brasil)

São constituídos por linhas complementares e de afluência; fazem ligações entre cidades de pequeno e médio porte entre si e são alimentadoras (*feeders*) de linhas aéreas domésticas nacionais.

2.5.4.2. Doméstico Nacional (Brasil)

Interligam grandes centros populacionais e econômicos, ou seja, capitais dos estados e cidades de grande porte.

2.5.4.3. Internacional

Transporte interligando aeroportos de diferentes países, geralmente, através de grandes aeronaves, com acompanhamento e fiscalização também de Órgãos Internacionais, tais como IATA.



Figura 2.116. Siteflightradar24.com

Permite visualizar no mapa a posição exata de cada avião.

Fonte: flightradar24.com

2.6. SISTEMA DUTOVIÁRIO

2.6.1. Considerações gerais

O sistema dutoviário é um meio de transporte de cargas que utiliza um sistema de dutos, previamente preparados para determinado tipo de transporte, formando linhas chamadas de dutovias que conectam terminais dutoviários ou multimodais.



Figura 2.117. Gasodutos

Fonte: <http://www.opetroleo.com.br/>



Figura 2.118. Mapa dos gasodutos no Brasil e da rede integrada com países vizinhos da América do Sul

Fonte: <https://geopoliticadopetroleo.wordpress.com>

2.6.2. Principais características do Transporte Dutoviário

- Extremamente econômico.
- Transporte lento (2 a 8 Km/h).
- Reduzida possibilidade de avaria ou perda da carga transportada.
- Garante suprimento contínuo (24 horas/dia).
- É recomendado para o transporte de produtos líquidos e gasosos ou sólidos em suspensão. Ex.: petróleo, combustíveis.
- O processo de carga e descarga é simplificado.
- Podem reduzir a necessidade de armazenamento.
- O acionamento para impulsão do produto pode ser feito por motobombas elétricas, o que elimina problemas de emissão de gases.
- Relativamente fácil de ser implantado, com alta confiabilidade, baixo custo operacional e pouco consumo de energia.



2.6.3. Alguns conceitos e definições

2.6.3.1. Relacionados aos produtos transportados

- a. Oleodutos: transportam petróleo, óleo, combustível, gasolina, diesel, álcool e outros produtos líquidos.
- b. Gasodutos: transportam gás natural, entre outros tipos de gases.

- c. Polidutos: por definição, são capazes de transportar mais de um produto, havendo necessidade da decisão de como os produtos são sequenciados dentro desses polidutos. Ex.: petróleo e derivados como gasolina, querosene, diesel.
- d. Minerodutos: voltados ao transporte de material sólido como, por exemplo, o minério de ferro.

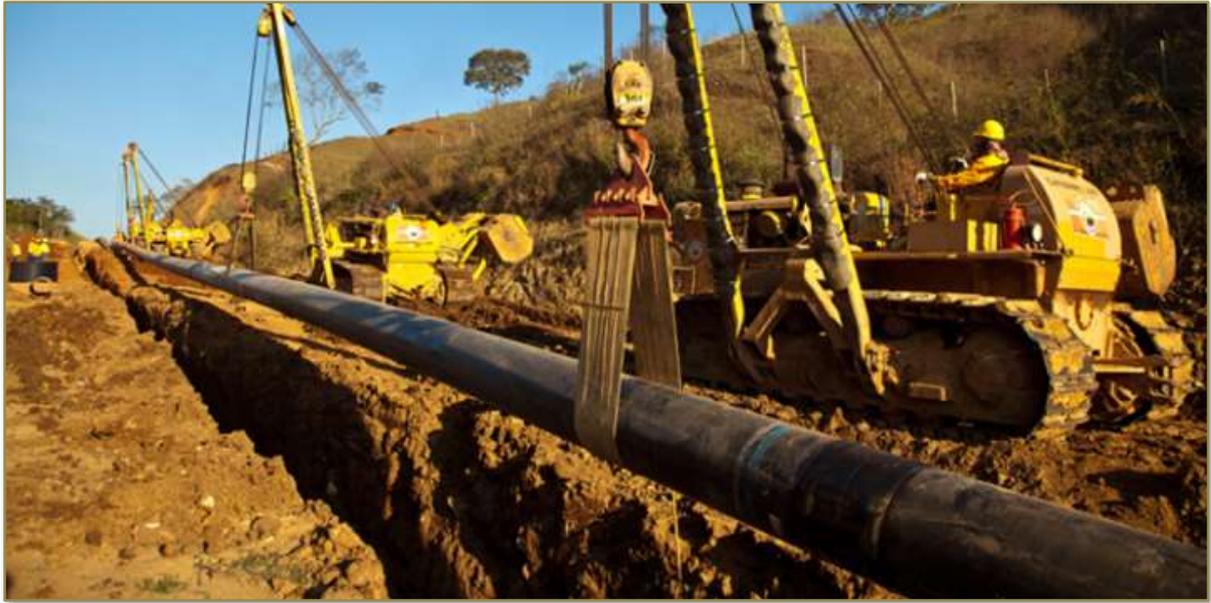


Fig. 2.119. Instalação de Duto Subterrâneo

Fonte: <http://www.webdutos.com.br/en/MMX.html>

2.6.3.2. Relacionados ao material

a. Duto de aço

- Resistente a intempéries e a alta pressão.
- Pode ter grande extensão.
- Mais adequado quando requer intenso uso de bombeamento.
- Emenda usual é a solda.
- **Exemplos de aplicação:** oleodutos, gasodutos, minerodutos.



Figura 2.120. Dutos de Aço (Gasodutos)

Fonte: Foto divulgação TBG

b. Duto de concreto armado

- Mais utilizado para distâncias menores e quando se tem maior uso da gravidade.
- Emenda usual é a argamassa de cimento.
- **Exemplos de aplicação:** condução de águas pluviais e esgoto sanitário.



Figura 2.121. Dutos de concreto para rede Pluvial e Esgoto Sanitário

Fonte: <http://www.fermixtubos.com.br/noticia8.php>

c. Outros Materiais (Dutos de PVC, PVC Especiais, Alumínio e Cobre)

- Sistema mais usual em gravidade.
- Bastante utilizado para pequenas distâncias, pouca pressão e baixa temperatura (PVC), para água quente (Cobre e PPR Termofusão) e em ambientes de alta corrosão (Alumínio).

- Fácil aquisição e instalação.
- Emenda usual com uso de luvas.
- **Exemplos de aplicação:** condução de água potável, esgoto, instalações residenciais, prediais e industriais, água quente e ambientes de alta corrosão.

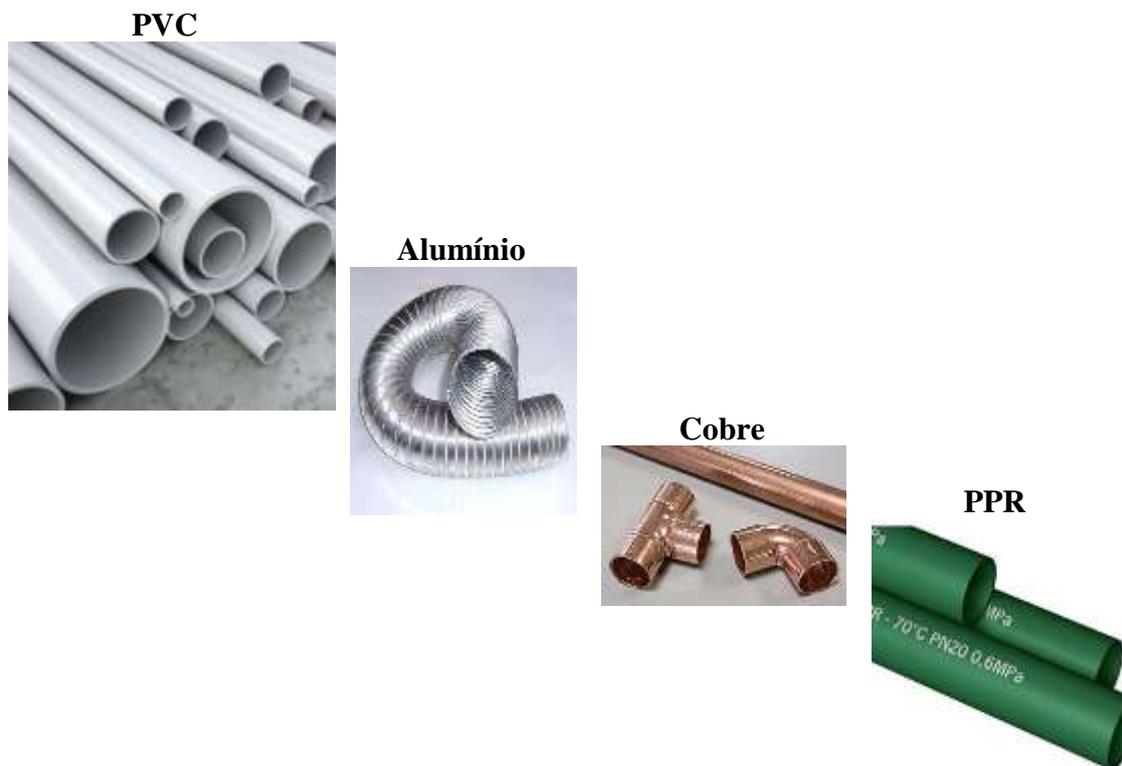


Figura 2.122. Dutos diversos

Fontes: http://www.aecweb.com.br/prod/e/tubos-e-conexoes-ppr-3_5466_6183
<https://www.industriadeplasticos.com.br/quais-sao-as-vantagens-e-desvantagens-dos-canos-de-pvc/>
<http://www.gelotec.com.br/loja/detalhes.asp?id=12&produto=63&nome=DUTO-DE-ALUMINIO>

2.6.4. Relacionados à posição no solo

a. Superficiais

Podem ser aparentes ou embutidos:

- **Aparentes:** são aqueles visíveis, mais comumente localizados nas entradas e saídas das estações de bombeio e nas operações de carregamento e descarregamento, facilitando a manutenção.



Figura 2.123. Dutos Aparentes

Fonte: <http://logisticaecomunicacao.blogspot.com.br/2011/10/transporte-dutoviario-caracteristicas.html>

- **Embutidos:** Encontram-se sobre a superfície, porém inseridos em alguma estrutura, como, por exemplo, alvenaria ou concreto.

- b. **Subterrâneos:** são aqueles enterrados para não ficarem vulneráveis a acidentes causados por máquinas agrícolas, curiosidade e vandalismo de moradores próximos às linhas dutoviárias.



Figura 2.124. Dutos Subterrâneos

Fonte: <http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/>

- c. **Submersos:** são aqueles onde a maior parte da tubulação encontra-se na água (mares, rios, lagos), fixos no solo. São bastante utilizados para transporte de petróleo junto às plataformas marítimas.



Figura 2.125. Dutos Submersos

Fonte: <http://www.internationalforeigntrade.com/page.php?nid=1417#.UwTX6mJdVuM>

2.7. SISTEMA MULTIMODAL

2.7.1. Multimodalidade

É a integração dos serviços de mais de um modo de transporte, utilizados para que determinada carga percorra o caminho entre o remetente e seu destinatário, entre os diversos modais existentes, sendo emitido apenas um único conhecimento de transporte pelo responsável pelo transporte, que é o OTM – Operador de Transporte Multimodal.



2.7.2. Intermodalidade

É a integração dos serviços de mais de um modo de transporte, com emissão de documentos independentes, onde cada transportador assume responsabilidade por seu transporte. São utilizados para que determinada carga percorra o caminho entre o remetente e seu destinatário, entre os diversos modais existentes, com a responsabilidade do embarcador.



CAPÍTULO 3. TRANSPORTE URBANO E CONCEPÇÕES DA ESTRUTURA URBANA

3.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

3.1.1. Origem

Êxodo rural devido a:

- Aumento da produtividade agrícola, advinda do desenvolvimento de técnicas e equipamentos. Com isto, mais pessoas podem desenvolver atividades junto aos centros urbanos;
- Busca de melhores condições de vida (educação, saúde, lazer).

Estima-se que, nas próximas duas décadas, as cidades de países em desenvolvimento concentrarão aproximadamente 80% da população urbana do planeta.

População Rural e Urbana do Mundo

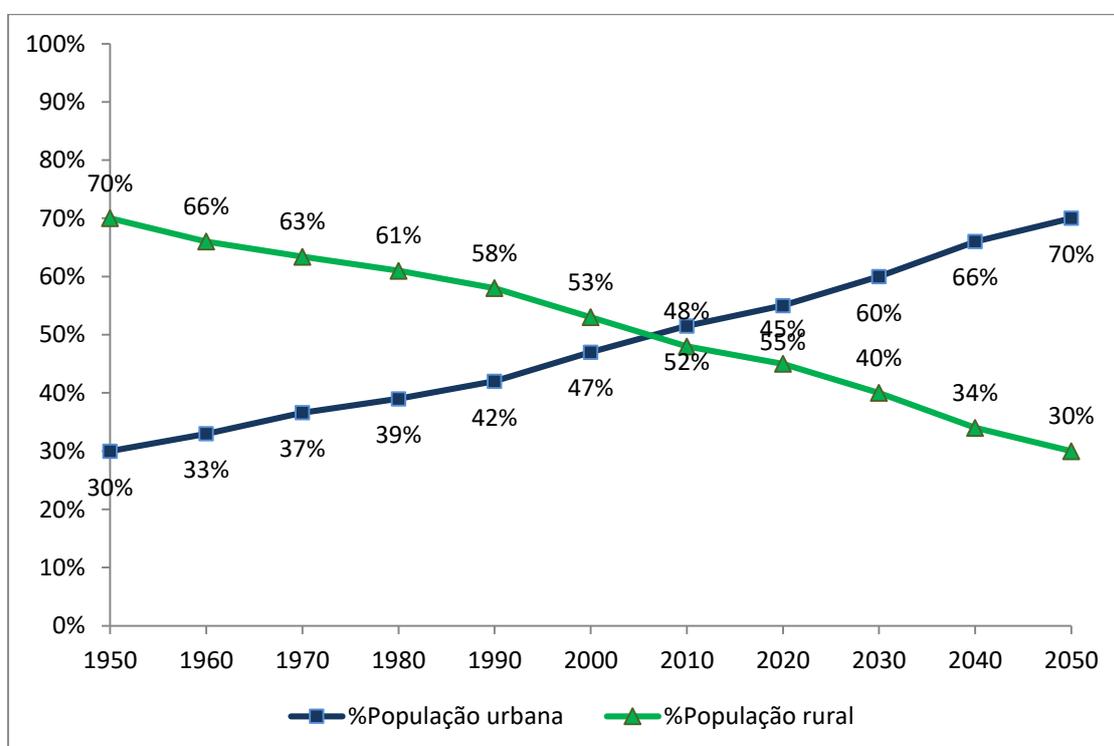


Figura 3.1. Comparativo de populações rurais e urbanas

Fonte: ONU (após 2019 são apenas projeções)

Adaptação de Roberto Stosick, em jan/2020

3.1.2. Consequências da Urbanização Acelerada

- Congestionamento do trânsito;
- Desemprego;
- Falta de habitações;
- Aumento da violência e criminalidade;
- Crescimento desordenado.

3.1.3. O Homem e os Transportes Urbanos

Concomitantemente ao processo de urbanização, observa-se o uso crescente do automóvel e do ônibus, bem como a ampliação do sistema viário urbano.

3.1.3.1. Oferta viária e de serviços

Caracteriza-se pela oferta de um conjunto de vias e de serviços de transporte tais como taxis e transporte coletivo.

3.1.3.2. Demanda pelo sistema viário urbano e por serviços

Tem como origem as atividades do homem e ocorre, em grande parte, através do uso de automóveis e ônibus.

3.1.3.3. Compatibilização entre oferta e demanda

Há um limite físico e financeiro para a cidade acomodar o tráfego urbano.

Contudo é necessário o planejamento urbano da região e dos sistemas de transporte urbano para prever e solucionar problemas como:

- Congestionamentos crônicos;
- Insegurança, ruídos intensos, poluição;
- Aumento excessivo do preço de fontes de energias
Ex.: petróleo, etanol, diesel.



Figura 3.2. Congestionamento em São Paulo

Fonte: <http://circuitomt.com.br>

O que se observa, normalmente, é um crescimento mais acentuado da demanda em relação à oferta.

Dentre os impactos provenientes de tal situação, tem-se:

- Aumento do número de acidentes;
- Congestionamentos;
- Aumento de custos em sistemas de controle de tráfego;
- Perdas de tempo;
- Maior gasto de combustíveis;
- Desconforto;
- Deterioração do meio ambiente (poluição do ar, sonora).

3.1.3.4. Transporte individual e transporte coletivo

O uso do automóvel oferece, entre outras, as seguintes vantagens para o usuário:

- Conforto;
- Privacidade;
- Transporte "porta a porta";
- Independência de escala de horários;
- Livre escolha de itinerários.

Por outro lado, o uso do automóvel implica em maiores gastos em infraestrutura viária.

Exemplo:

Capacidade/faixa de tráfego com largura de 3,5m, na área central de uma cidade.

Veículo	Lotação Média	Capacidade (pass./hora)(*)
Automóvel	1,5	2.000
Ônibus (**)	60	9.000

Tabela 3.1.Capacidade/faixa de tráfego

(*) Fonte: Lamb apud COMISSÃO EUROPÉIA (2000), pág. 88.

(**) Na prática, a capacidade do transporte varia bastante em função do tipo de operação e do grau de prioridade que é dado ao mesmo nas correntes de tráfego (prioridade nas intersecções, faixa exclusiva).

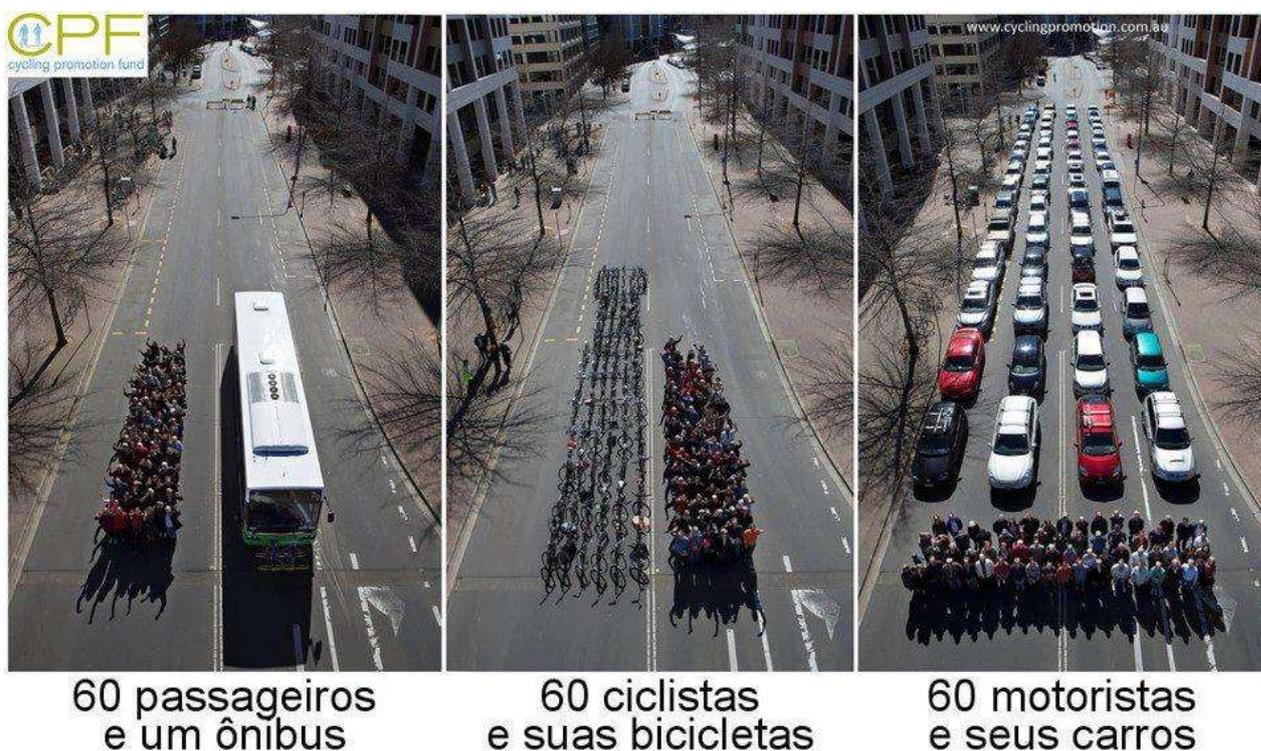


Figura 3.3. Comparação Meio de Transporte x Espaço

Fonte: <http://viatrolebus.com.br>

3.2. ESTRATÉGIAS ALTERNATIVAS PARA O TRANSPORTE URBANO

3.2.1. Soluções que exigem elevado volume de investimentos no sistema viário

3.2.1.1 Construção de Anéis Rodoviários

Evita que o tráfego de passagem tenha que transitar por áreas congestionadas e propicia maior flexibilidade na escolha de acessos ao centro, distribuindo melhor o tráfego.

3.2.1.2 Ampliação física do sistema viário

Pode exigir a alocação de elevado montante de recursos, quando envolve desapropriação, construção de túneis, viadutos.

3.2.2. Medidas que atuam junto à demanda

3.2.2.1. Políticas de uso do solo

Atua junto à demanda e pode propiciar mais mobilidade aos indivíduos em função da necessidade de integração destes com as diferentes atividades realizadas.

O planejamento e a organização do uso do solo têm impacto direto na ocupação do espaço urbano e nas escolhas dos modos de deslocamento.

Uso planejado da ocupação urbana possui certas características como:

- Define o uso das áreas;
- Define os limites de crescimento;
- Permite o dimensionamento adequado da infraestrutura viária.



Planejamento Urbano de Curitiba permite a construção de prédios mais altos ao longo dos corredores

Figura 3.4 – Prédios ao longo dos corredores estruturais de Transportes de Curitiba

Fonte: Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba

3.2.2.2. Flexi-time

Refere-se a uma política de escalonamento nos horários das atividades (trabalho, colégio) dos usuários do sistema viário. Propicia a redução dos picos de tráfego e, conseqüentemente, dos congestionamentos.

3.2.2.3. Controle sobre a entrega de cargas em caminhões

Destina-se a evitar a forte interferência de caminhões de entrega em áreas e horas de congestionamento.



Figura 3.5. Placa indicativa de via restrita

Fonte: LabTrans / UFSC, ano 2016

3.2.3. Medidas financeiras

São aquelas relacionadas aos aspectos da organização e melhoria do transporte, através de medidas financeiras, tais como:

3.2.3.1 Taxas de estacionamento

Método pouco dispendioso e eficiente de desestimular o uso do automóvel em áreas de congestionamento.

As taxas proporcionais tendem a desestimular o uso de automóvel em viagens ao trabalho.

3.2.3.2. Park and Ride

São bolsões de estacionamento junto a estações de transporte público, também chamados de *park-and-ride* (estacione e embarque, em tradução livre).

O sistema tem como objetivo evitar que as pessoas utilizem o carro para chegar até as áreas centrais da cidade, permitindo que elas estacionem em alguma estação mais

afastada da rede e dali embarquem no sistema de transporte público até seu destino final, reduzindo, assim, as horas perdidas em congestionamentos.



Figura 3.6. Mapa de sistema integrado Park and Ride de Amsterdam
Fonte: <http://conscioustravelguide.com/>

3.2.3.3 Política Tarifária

A adoção de uma política tarifária adequada para o transporte coletivo pode reduzir problemas de congestionamento. Ex.: Tarifas reduzidas em horários fora de pico.

(<http://www.antp.org.br/planilha-tarifaria-custos-do-servico-onibus/planilha-excel.html>)

3.2.3.4 Pedágio

O uso de pedágio em áreas urbanas pode ser uma alternativa de baixo investimento inicial para reduzir ou eliminar congestionamentos. Por onerar o usuário pode, em muitas ocasiões, não ser bem aceito.

Seguem algumas experiências ou ideias relacionadas à oportunidade do uso do pedágio urbano.

- Existem sistemas que cobram pedágio dos veículos para adentrar em determinadas áreas urbanas. Experiências desse tipo são utilizadas em algumas cidades do mundo, como Singapura, Londres, Jacarta, entre outras.
- Pode-se isentar ou reduzir o valor de pedágio para veículos que trafeguem com duas ou mais pessoas, em vias pedagiadas.

→ Veículos podem utilizar faixas consideradas exclusivas para ônibus, porém, pagando um pedágio. O controle, no caso, pode ser feito de forma eletrônica.

3.2.4. Engenharia de tráfego

Envolve estudos e intervenções relacionados a:

3.2.4.1 Fluxos de Tráfego

O fluxo de uma corrente de tráfego pode ser:

- **Contínuo** - não existem interrupções periódicas na corrente de tráfego (sem semáforos, placa pare, preferencial, cruzamentos em nível...)
- **Interrompido** - vias que possuem dispositivos que interrompem o fluxo de veículos periodicamente.

Os parâmetros que descrevem um fluxo de tráfego são:

- Volume (q) = Número de veículos por unidade de tempo (veic./h)
 - q_m = Volume máximo
- Velocidade (U) = Espaço percorrido por uma unidade de tempo (km/h)
 - U_f = Velocidade máxima
 - U_m = Velocidade máxima/2
- Densidade (k) = Número de veículos por unidade de espaço (veic./km)
 - K_j = Densidade máxima
 - K_m = Densidade máxima/2

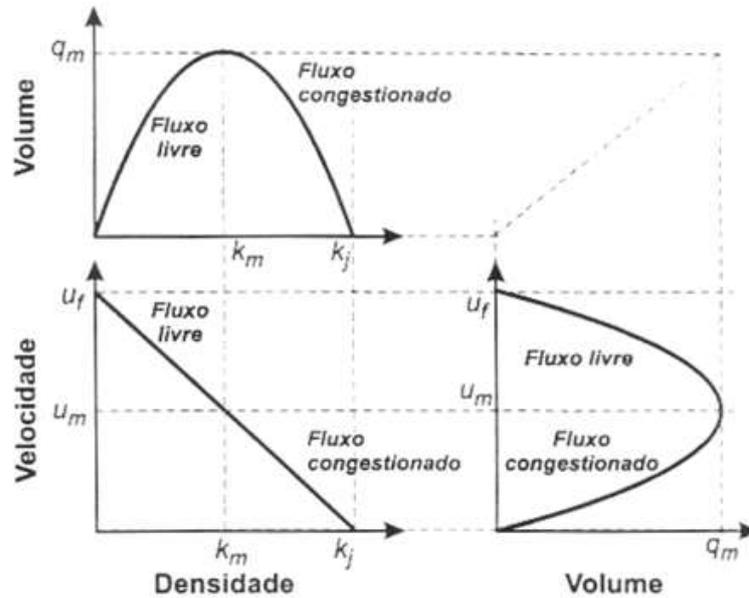


Figura 3.7. Relações Básicas entre Volume, Velocidade e Densidade
 Fonte: José Reynaldo A. Setti – Engenharia de Tráfego - Universidade Presbiteriana Mackenzie

3.2.4.2 Controle dos Fluxos de Tráfego

- **Restrições de estacionamento**

Eficiente método de reduzir congestionamentos. Consiste em proibir o estacionamento de veículo em determinados locais durante certas horas ou ao longo do dia.

- **Policimento**

Se os regulamentos de tráfego, estacionamento e transporte coletivo não forem cumpridos, não atingirão seus objetivos.

3.2.4.3 Regras de Circulação Viária

Estuda a melhor orientação dos sentidos de tráfego nas vias.

- Vias de mão única: menor acessibilidade e maior capacidade.



- Vias de mão dupla: maior acessibilidade e menor capacidade.



- Sistema Binário: Transforma duas vias paralelas (próximas entre si) de mão dupla em duas vias de mão única e sentidos opostos. De modo geral, proporciona significativa melhora na capacidade das vias e na segurança do trânsito; é muito utilizado em sistemas viários; como efeito colateral, pode reduzir os níveis de acessibilidade da malha viária.

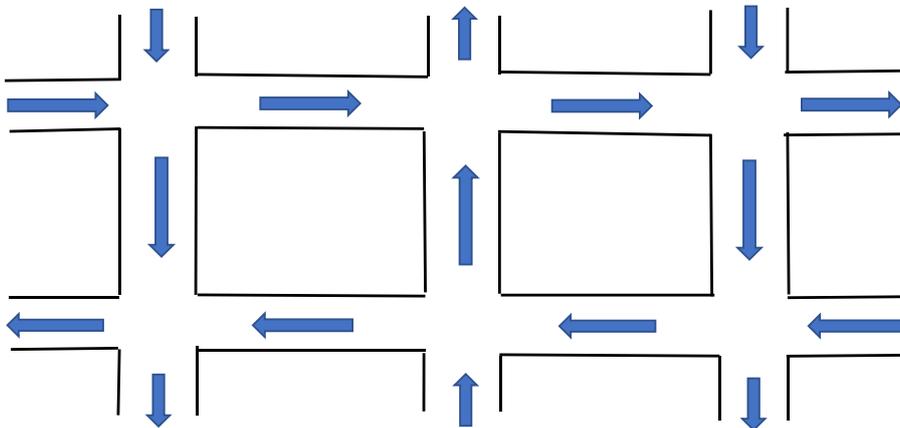


Figura 3.8. Sistema Binário

Ilustrado por Vanderlei Cristovão Júnior e Roberto Stosick

3.2.4.4 Vias Exclusivas

Constituem-se em vias ou faixas exclusivas que podem proporcionar maior conforto e segurança para seus usuários.

- Vias ou faixas exclusivas para ônibus;
- Ciclovias e ciclo-faixas para bicicletas;
- Motovias e moto-faixas: ainda encontram-se em estudos pela Engenharia de Tráfego.



Figura 3.9. Moto-faixa e faixa exclusiva para ônibus na avenida Sumaré, São Paulo
 Fonte: <http://noticias.uol.com.br>

3.2.5 Intersecções

Constituem-se intersecções todos os cruzamentos, entroncamentos e bifurcações, incluindo as áreas formadas pelos mesmos.

3.2.5.1. Intersecções em nível

São aquelas que possuem a mesma cota do ponto comum, nos locais onde as vias se interceptam.

Elas podem ser classificadas conforme segue:

3.2.5.1.1. Quanto à forma

A escolha da forma considera, além de aspectos técnicos, a disponibilidade de recursos financeiros e de espaço físico.

- Cruzamento → quando uma via for cortada por outra;



Figura 3.10. Cruzamento

A presença de ilhas centrais proporciona menores ângulos de atrito entre os fluxos, melhorando a segurança e a capacidade da intersecção.

- Entroncamento → quando uma via começa ou termina em outra;



Fig. 3.11. Entroncamento

- Bifurcações → quando uma via desdobra-se em duas ou vice-versa.



Figura 3.12. Bifurcação

Cada um desses subgrupos pode ter um grande número de soluções-tipo. Não existem projetos padrões para os diversos tipos de intersecções, uma vez que, para cada caso específico, haverá um grande número de fatores que definirão as soluções adequadas.

3.2.5.1.2. Quanto ao sistema de funcionamento

Em relação ao sistema de funcionamento, normalmente são considerados dois aspectos principais:

- ❖ Minimização de acidentes
- ❖ Minimização de atrasos.

Os principais sistemas adotados são os seguintes:

a. Preferenciais

Deve ser observada a prioridade das aproximações. Por exemplo, os veículos que trafegam numa via coletora podem ter preferência de trânsito sobre os que trafegam em uma via local.

b. Semáforizadas

Quando as interseções apresentam relevantes fluxos conflitantes, pode-se considerar a necessidade de semáforos. Os mesmos irão compartilhar espaço viário e tempo, de modo a melhor organizar o tráfego e oferecer maior segurança.

<https://trlsoftware.com/products/junction-signal-design/transyt/>

<https://company.ptvgroup.com/en-us/ptv-vissim-modeling-signalized-intersection-control>

b.1. Semáforo

Equipamento que utiliza sequência de indicação de cores em semáforos veiculares: verde, amarelo, vermelho e novamente verde para estabelecer os movimentos dos fluxos em uma intersecção.

- ❖ **Fase:** um intervalo do tempo de ciclo, reservado para qualquer movimento de tráfego ou combinações de movimento de tráfego, recebendo a prioridade de passagem simultaneamente.
- ❖ **Ciclo:** é o número de segundos para uma sequência completa, das indicações do sinal.

O número de fases de uma intersecção depende do:

- ✓ Número de aproximações;
- ✓ Volume de veículos em conversão;
- ✓ Conflito entre movimentos.

b.2. Estratégia de operação

- ❖ **Quanto à área**

- ✓ Controle isolado do cruzamento
- ✓ Controle arterial de cruzamentos (rede aberta)
- ✓ Controle de cruzamentos em área (rede fechada)

❖ **Quanto ao tempo**

- Controladores de tempo fixo
 - Plano único
 - Vários planos (programações)
- Controladores por demanda de tráfego

c. Intersecções com marcação de área de conflito (MAC)

Tanto para o sistema de intersecções preferenciais como o de semaforizadas pode haver o uso de sinalização horizontal de Marcação de Área de Conflito (MAC) ou Yellow Box (Caixa Amarela).

O MAC tem como objetivo indicar aos condutores a área da pista onde não devem parar o veículo, evitando congestionamentos, lentidões e acidentes.



Figura 3.13. Marcação de Área de Conflito ou Yelow box

Fonte: <http://regionaljornal.blogspot.com/2014/05/sinalizacao-cruzamentos-na-rua-jose.html>

d. Rotatórias

São intersecções construídas para que o tráfego que as utilize tenha um deslocamento seguro e sem grandes tempos de espera. A preferência é dada a quem já estiver trafegando na rotatória. Podem apresentar boa capacidade de escoamento, porém, inferior à dos viadutos.

As rotatórias, que possuem ilhas centrais menores tem maior capacidade em relação a outras de mesma dimensão com ilhas centrais maiores, pois oferecem maior espaço para circulação dos veículos.

Em relação às demais intersecções em nível, são mais seguras e oferecem maior capacidade, pois reduzem os ângulos de atrito entre os fluxos.



Figura 3.14 – Rotatória

Fonte: <https://www.detran.ms.gov.br/>

e. Rotatórias semaforizadas

Apresentam características semelhantes às rotatórias convencionais, porém, utilizam semáforos para controlar alguns fluxos, normalmente por razões peculiares.



Figura 3.15 – Rotatória SemafORIZADA

Fonte: <https://mandaguarionline.com.br/42574-2/>

3.2.5.2 Intersecções em desnível

Quando existem vias e ou ramos da intersecção cruzando-se em cotas diferentes.

Podem ser classificadas em:

a. Viadutos

Intersecções com aproximações em diferentes níveis, de modo a manterem seus espaços exclusivos.



Figura 3.16. Viaduto

Fonte:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/145346/624.03.1.32.02.jpg?sequence=1&isAllowed=y>

b. Elevados

São vias construídas em um nível elevado, de modo a preservar alta capacidade de escoamento e evitar os cruzamentos em nível.



Figura 3.17. Elevado

Fonte: <http://www.luizpaulo.com.br/site/luiz-paulo-pede-bom-senso-ao-prefeito-no-tratamento-dos-elevados-dojoa-e-perimetral/>

c. Trincheiras

São passagens subterrâneas, ou seja, por baixo das vias principais, evitando cruzamentos em nível.



Figura 3.18. Trincheira no Campus UFSC Trindade

Fonte: Foto de Roberto Stosick

3.2.5.2 – Simuladores para intersecções

Existem vários simuladores para intersecções disponíveis dentre os quais podemos citar os que seguem:

<https://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/ptv-vistro/knowledge-base/ptv-vistro-self-learning-and-training/alternative-intersections/>

<https://www.sidrasolutions.com/>

<https://www.aimsun.com/aimsun-next/>

3.2.6 Dispositivos Eletrônicos

São equipamentos compostos por hardware e software utilizados para controle e fiscalização de tráfego, tais como semáforos, radares; lombadas eletrônicas; câmeras de controle; vias reversíveis, contadores de tráfego. Segue alguns exemplos:

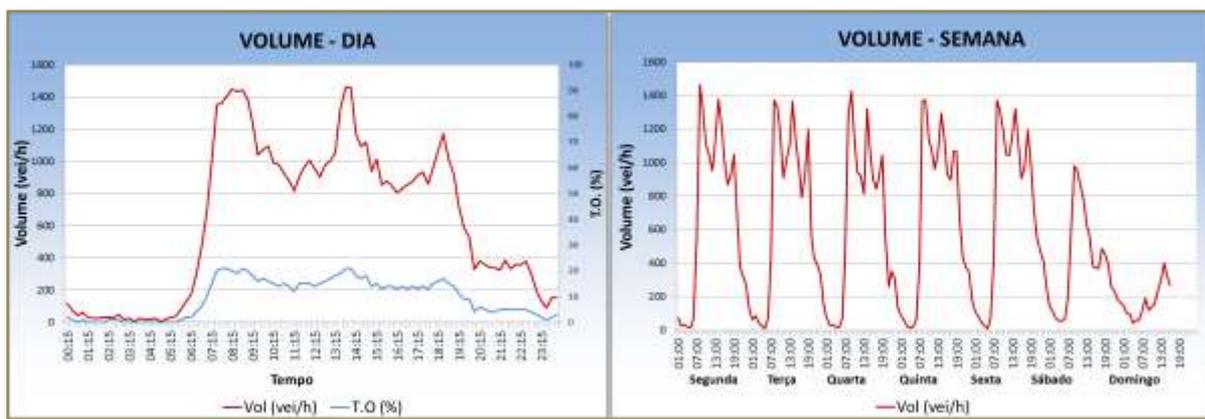


Figura 3.19. Dados extraídos de contadores de tráfego na interseção entre as vias: Avenida Hercílio Luz x Bulcão Viana – Centro de Florianópolis
 Fonte: Instituto de Planejamento Urbano

3.2.6.1 Dispositivos para coleta de dados de tráfego

a. Laços indutivos

Estes detectores são também chamados de loops, representam sensores mais utilizados para a coleta de dados de tráfego. Compostos basicamente por: um detector oscilador, que serve como uma fonte de energia ao detector; um cabo para o controlador; e um ou mais laços de metal enrolados sobre si mesmos instalados dentro do pavimento.



Figura 3.20. Imagem de instalação de um laço indutivo e de um laço instalado
 Fonte: NEA

b. Sensores piezoelétricos

O material piezoelétrico tem propriedade para converter energia cinética em energia elétrica. Assim, quando um veículo passa sobre o sensor piezoelétrico, gera uma tensão

proporcional à força ou ao peso do veículo, de modo que estes sensores podem medir volume, velocidade (com múltiplos sensores), peso e classificar os veículos (a partir da contagem de eixos e espaçamento).

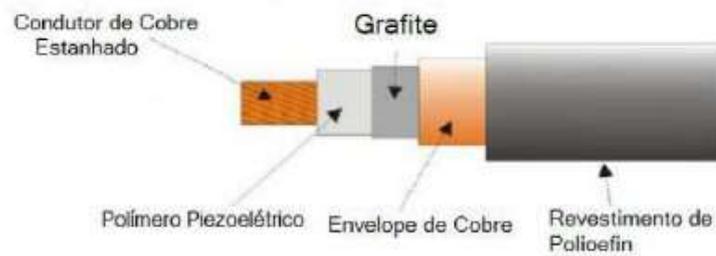


Figura 3.21. Imagem de um cabo Piezoelétrico
Fonte: NEA apud GOLDNER, 2011

c. Radares Micro-ondas

Transmitem radiação de micro-ondas de baixa energia em uma área do pavimento a partir de uma antena e analisa o sinal refletido para o detector.

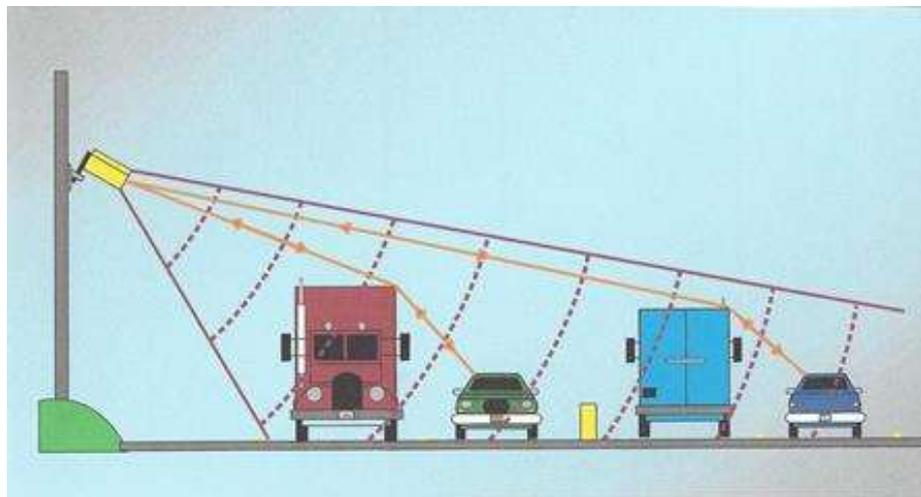


Figura 3.22. Detector de veículos por micro-ondas
Fonte: SINALISA – Segurança Viária

3.2.6.2 Equipamentos para medição de velocidade

a. Radar

Utiliza-se de um sinal de frequência ou fase modulada, o qual calcula o atraso de tempo da onda refletida, obtendo a distância do veículo. Permite a verificação de veículos

parados, pode medir velocidade, além de monitorar filas e ocupação de veículos.

Existem quatro tipos de radares:



Figura 3.23 – Radar Fixo

Fonte: <http://aecarros.blogspot.com.br>



Figura 3.24 – Lombada Eletrônica

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/lombada>



Figura 3.25 – Radar Móvel

Fonte: <http://www.bonde.com.br>



Figura 3.26 – Radar Estático

Fonte: autos.culturamix.com

3.2.6.3 Detectores por imagem

São câmeras de vídeo muito utilizadas para fiscalização e controle de tráfego.



Figura 3.27. Câmeras de vídeo

Fonte: <http://jornalismo.iesb.br/2015/03/13/cameras-e-radares-inteligentes-sao-apostas-para-melhorar-o-transito-em-brasilia>

3.2.6.4 Equipamentos para controle de tráfego

a. Semáforo

Conforme já citado anteriormente, trata-se de equipamento que, por meio de sinais luminosos promove segurança e adequado uso compartilhado, do espaço comum dos fluxos, nas intersecções.

3.2.7 “Traffic Calming”

Trata-se da aplicação, através da engenharia de tráfego, de regulamentação e de medidas físicas desenvolvidas para reduzir velocidades e estimular motoristas a dirigir de modo mais apropriado, visando à segurança de todos (usuários e entorno) e à proteção ao meio ambiente.

Esta solução vem sendo implantada em muitas áreas urbanas na Europa visando à redução do número de acidentes e é considerado um importante elemento nas estratégias de transporte.

Geralmente a adoção do *traffic calming* apresenta bons resultados em áreas mais adequadas à habitação, com ganhos na segurança viária e na qualidade ambiental.

Exemplos de medidas:

Existe uma grande variedade de medidas de *traffic calming* que podem complementar-se em termos de redução da velocidade e de revitalização das características ambientais.

Entre as quais pode-se citar:

- Ambiente viário compartilhado.



Figura 3.28. Ampliação de largura da calçada e estreitamento de via – Ex. Rua Vidal Ramos, Florianópolis, SC

Foto: Roberto Stosick

- Chicanas em áreas urbanas;



Figura 3.29. Chicana dupla, duas mudanças opostas de direção, em via de mão dupla
Fonte: Manual de Medidas Moderadoras do Tráfego. Foto: CSS.

- Lombadas eletrônicas;



Figura 3.30. Lombadas eletrônicas

Fonte: <https://www.portaldotransito.com.br/noticias/fim-das-lombadas-eletronicas-especialistas-analisam-declaracao-do-presidente/>

- Lombadas físicas (Resolução do CONTRAN nº 600, de 24/05/2016);



Figura 3.31. Lombadas físicas

Fonte: <http://www.grupocorreiodosul.com.br>

- Meia pista com ajardinamento;



Figura 3.32. Meia pista com ajardinamento

Fonte: <http://www.itpas.org.uk/ThingwallRoadTrafficCalming.htm>

- Sonorizadores (Resolução do CONTRAN, nº 601, de 24/05/2016);



Figura 3.33. Sonorizadores

Fonte: <https://www.novaandradina.ms.leg.br/institucional/noticias/nenao-recomenda-instalacao-de-sonorizadores-na-rotatoria-do-parque-de-exposicoes>

- Travessia elevada (faixa para pedestre no nível da calçada)



Figura 3.34. Travessia elevada para pedestres

Fonte: foto Ricardo Esteves

3.2.8. Soluções relacionadas ao transporte coletivo

3.2.8.1 Sistemas Convencionais

Caracterizam-se por veículos (ônibus) comuns que operam em linhas convencionais com capacidade entre 2.000 e 8.000 pass./hora/sentido.

3.2.8.2 Conceitos

- a. **Linha** - ligação regular de transporte de passageiros entre duas ou mais localidades, com ponto inicial e final, definidos através de itinerário preestabelecido com ou sem seccionamento.
- b. **Itinerário** - via percorrida na execução do serviço.
- c. **Seção** - trecho do itinerário, compreendido entre localidades determinadas, com fracionamento do preço da passagem.

3.2.8.3 Classificação das linhas de ônibus e alternativas de uso

As linhas convencionais operam com frequências, itinerários e horários pré-estabelecidos. De acordo com o itinerário, podem ser:

❖ Radiais

Ligam os bairros ao centro da cidade em forma radial, indo e vindo pelos mesmos itinerários.

São as mais comuns e, se adotadas sem maiores critérios, podem provocar congestionamentos e a necessidade de transbordo no centro da cidade.

❖ Diametrais

Ligam dois bairros, passando pelo centro em itinerário não circular.

❖ Circulares

São linhas com itinerários em forma circular e com pontos inicial e final coincidentes. Podem ou não passar pelo centro da cidade.

❖ Interbairros

Ligam dois bairros sem passar pelo centro em itinerário não circular.

❖ Em folha

Tem origem no centro, seguem em direção dos bairros por uma radial, atravessam uma área externa por uma circular e retornam ao centro pela mesma ou por outra radial.

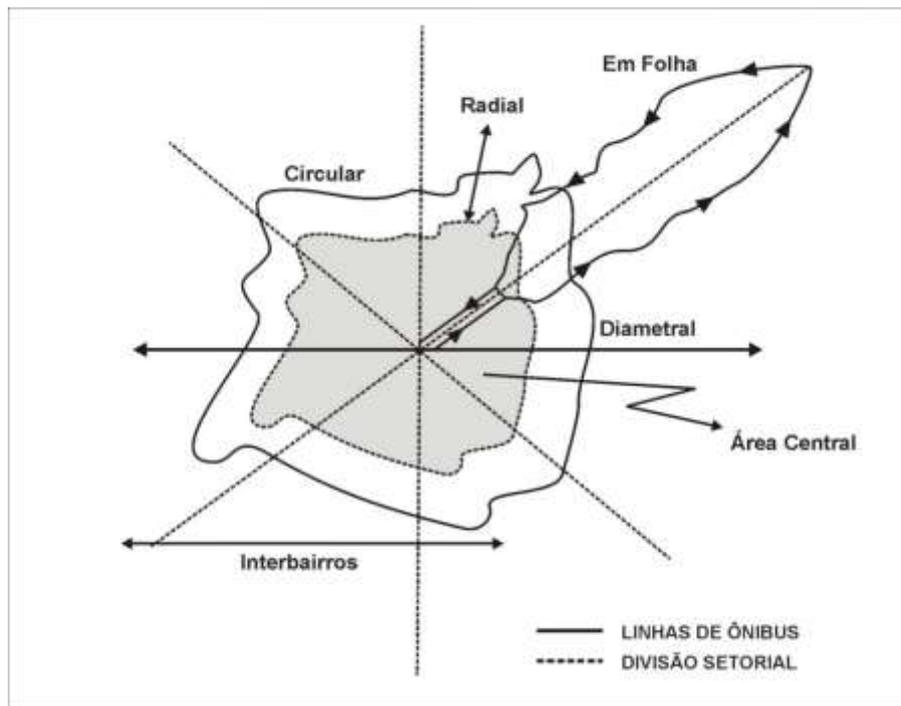


Figura 3.35. Linhas de Ônibus Convencionais

Fonte: Ilustrado por Paôla Tomé

3.2.8.4 - Sistemas de Transporte de Massa

Considera-se aqui sistema de transporte de massa aquele que é capaz de atender demandas superiores a 8.000 passageiros/hora/sentido em uma determinada via de tráfego.

3.2.8.4.1 – Sistemas Integrados Tecnologia Ônibus - SIONs

3.2.8.4.1.1 - Definição

São sistemas de transporte coletivo (aqui chamados de SIONs) capazes de atender corredores com demanda entre 8.000 e 20.000 passageiros/hora/sentido e que operam basicamente com veículos do tipo ônibus.

Os SIONs são planejados e projetados em decorrência da possibilidade de saturação do sistema viário quando corredores, operando no sistema convencional, começam, ou podem vir a apresentar, demandas superiores a 8,000 passageiros/hora/sentido. Tal situação pode fazer com se tenha uma frequência muito elevada de ônibus numa via (dois ônibus por minuto ou mais) provocando significativos congestionamentos.

São bastante recomendados para cidades de médio e de grande porte, assim como para regiões metropolitanas e também podem operar conjuntamente com os sistemas convencionais de transporte coletivo.

3.2.8.4.1.2 – A Importância da Integração

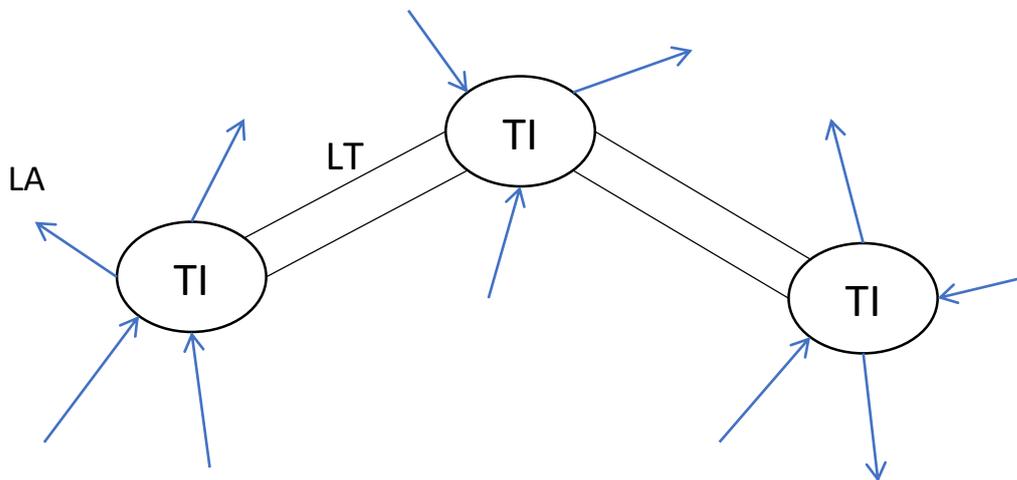
Visando a eficiente operação junto a corredores de transporte de elevada demanda, se faz necessário, para um bom desempenho, que os SIONs apresentem forte integração entre linhas, terminais, sistemas viários e demais sistemas de transporte urbano, sejam eles individuais ou coletivos. Por tal razão, eles são chamados de Sistemas Integrados.

São sistemas de transporte coletivo que apresentam maior capacidade em relação aos Sistemas Convencionais, atendendo corredores com demanda de passageiros superior a 10.000 passageiros/hora/sentido. Normalmente são recomendados para cidades de médio e de grande porte e também para regiões metropolitanas.

Um corredor para transporte de massa é normalmente perceptível em regiões urbanas (cidades e regiões metropolitanas); como exemplo pode-se citar a Avenida Mauro Ramos em Florianópolis. A identificação de corredores de transporte é fundamental para o planejamento do transporte coletivo de uma cidade ou de um aglomerado urbano.

Em função da presença de corredores de transporte de alta demanda (arteriais) se faz necessário, para o seu bom desempenho, que os Sistemas de Transporte de Massa

apresentem eficiente integração entre linha, terminais, sistemas viários e demais sistemas de transporte urbano, sejam eles individuais ou coletivos. Por tal razão, muitas vezes também são chamados de Sistemas Integrados.



LA – Linhas Alimentadoras,
LT – Linhas Troncais
TI – Terminais Integrados

Figura 3.36. Sistema de Transporte Integrado
Adaptado por Vanderlei Cristovão Júnior

3.2.8.4.2.3 – Tipos de Linhas

Os SIONs são constituídos basicamente por linhas conforme apresentadas a seguir.

❖ Troncais

São linhas que prestam serviço de transporte entre os terminais e os principais polos de atração ou produção de viagens ou entre dois ou mais terminais de integração. Geralmente as linhas troncais se utilizam do sistema viário principal e transportam volume relativamente alto de passageiros, prioritariamente em pistas ou faixas exclusivas.

❖ Alimentadoras

Podem ser operadas por ônibus do tipo convencional ou de menor porte. São utilizadas para alimentação de serviços de grande capacidade de transporte como o metrô, trens urbanos, linhas que operam em pistas exclusivas.

3.2.8.4.2.4 – Terminais

Os terminais podem ser do tipo convencional ou integrado.

❖ Terminais Integrados

Atendem linhas troncais e fazem a integração destas com as linhas alimentadoras.

❖ Terminais Convencionais

Atendem basicamente linhas alimentadoras e também linhas convencionais.

3.2.8.4.2.5 - Sistema Viário

Para o bom desempenho dos SIONs as linhas de transporte coletivo, notadamente as troncais, devem operar em sistemas viários de elevada capacidade que se constituem em verdadeiros corredores de transporte.

❖ Os Corredores de Transporte

São eixos constituídos por uma ou mais vias expressas ou arteriais que apresentam grande capacidade de tráfego e atendem ou podem atender a um elevado fluxo de transporte.

Os corredores de transporte coletivo são normalmente perceptíveis e identificáveis nas áreas urbanas das cidades e regiões metropolitanas e tendem a apresentar alta frequência de ônibus em suas vias. Como exemplo pode-se citar a Avenida Mauro Ramos em Florianópolis.

A identificação e o tratamento de corredores existentes bem como o planejamento de novos corredores são fundamentais para o bom desempenho de um sistema de transporte integrado de uma cidade ou de um aglomerado urbano.

❖ As Vias para as Linhas Troncais

São vias que irão atender grandes fluxos de passageiros e devem ser capazes de oferecer grande mobilidade. Elas podem estar presentes em sistemas viários existentes ou também podem ser planejadas, sendo que, para que ofereçam grande mobilidade, podem ser adotadas as alternativas apresentadas a seguir.

3.2.8.4.2.6 – As Vias

Entende-se por tais artérias, vias que recebem ou podem receber grandes fluxos de passageiros e devem ser capazes de oferecer grande mobilidade. Elas podem estar presentes em sistemas viários existentes ou também podem ser planejadas, sendo que, para que possam oferecer grande mobilidade, podem ser adotadas as alternativas apresentadas a seguir.

❖ Pistas Exclusivas para ônibus (*busways*);

Constituem-se em vias segregadas que são utilizadas exclusivamente por ônibus.



Figura 3.37 – Pista exclusiva para ônibus (*busways*)

Fonte: <https://www.otempo.com.br/cidades/liberada-a-circulacao-de-veiculos-na-pista-do-move-nos-fins-de-semana-1.1529408>

❖ Faixas Exclusivas para ônibus (*buslanes*)

São faixas de tráfego presentes nas vias, que são destinadas ao uso exclusivo pelos ônibus.



Figura 3.38. Faixa exclusiva para ônibus

Fonte: <https://www.correiobrasileiro.com.br/>



Figura 3.39 – Faixa exclusiva para ônibus (buslanes)

Fonte: blogs.diariodepernambuco.com.br

❖ **As Vias para as Linhas Coletoras**

As linhas alimentadoras normalmente podem operar em vias arteriais ou coletoras compartilhadas com o tráfego existente; todavia, em casos de elevada demanda, também podem operar em pistas ou faixas exclusivas.

❖ **Algumas vantagens proporcionadas por vias e faixas exclusivas**

As pistas exclusivas, por serem segregadas fisicamente, podem proporcionar elevados ganhos de segurança. Outro fator de segurança, que também vale para as faixas exclusivas, é o fato da semelhança entre os veículos pois quanto mais homogêneos forem os fluxos, maior será a segurança para o trânsito.

Elas também podem proporcionar significativas reduções de tempos de viagem resultando em menor tempo de ciclo por veículo, maior previsibilidade e melhor cumprimento de horários.

As reduções nos tempos de viagem proporcionam também reduções das frotas de ônibus e de tripulação podendo resultar em significativa redução de custos para o sistema e, também redução nas tarifas.

Vale lembrar que o dimensionamento de uma frota considera:

$$\text{Frota} = \text{frequência (partidas por hora)} * \text{tempo de ciclo (em horas)}$$

❖ **As Intersecções**

Pode-se propiciar maiores facilidades e estímulo ao uso do transporte coletivo através de um sistema de sinalização semafórica sincronizada (onda verde), com a passagem dos ônibus em faixas ou pistas exclusivas. É bastante recomendado principalmente para as linhas troncais.

3.2.8.4.2.7 – Os Veículos

Para os Sistemas Integrados recomenda-se o estudo de diferentes alternativas de veículos e tecnologias tais como a mostra a Figura seguinte.

Tipos de ônibus	Capacidade (passageiros)	Passageiros/hora/sentido (em torno de)
Comuns	80	8.000
Articulados	160	15.000
Biarticulados	270	20.000

Tabela 3.3. Capacidade de alguns tipos de ônibus

Fonte: Adaptado de <http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/>



Figura 3.40. Ônibus articulado - Florianópolis

Fonte: <https://essbusbr.wordpress.com/>



Figura 3.41. Ônibus biarticulado - Curitiba

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Transporte_urbano_em_Curitiba

Os melhores resultados para um Sistema Integrado são obtidos com a utilização, para as Linhas Troncais, de ônibus articulados ou biarticulados, em faixas ou pistas exclusivas.

Para as Linhas Alimentadoras, normalmente são utilizados ônibus do tipo convencional, sendo que, em casos de baixa demanda, pode-se utilizar veículos de menor porte.

3.2.8.4.3 - “Bus Rapid Transit” (BRT)

Trata-se de um sistema de ônibus de boa capacidade que provê um serviço rápido, confortável, eficiente e de qualidade. Com a utilização de corredores exclusivos, o BRT simula o desempenho e outras características atrativas dos modernos sistemas de transporte urbano sobre trilhos, com uma fração do seu custo. Apesar de o BRT ter sua origem baseada em ônibus, tem pouco em comum com os sistemas tradicionais de ônibus.

Principais características:

- Corredores exclusivos ou preferência para circulação do transporte coletivo;
- Sistema de pré-embarque e pré-pagamento de tarifa;
- Embarques e desembarques rápidos, através de plataformas elevadas no mesmo nível dos veículos;
- Veículos de alta capacidade, modernos e com tecnologias mais limpas;
- Transferência entre rotas sem incidência de custo;
- Integração modal em estações terminais;
- Programação e controle rigorosos da operação;
- Sinalização e informação ao usuário;
- Capacidade para transportar até 15.000 passageiros/hora/sentido.

BRT é um conceito flexível, que pode ser configurado especialmente para o mercado a que serve e ao ambiente físico onde opera.



Figura 3.43 – BRT de Curitiba – PR

Fonte: <http://www.mobilize.org.br>



Figura 3.44 – BRT de Curitiba – PR

Fonte: <http://www.mobilize.org.br>



Figura 3.45 – BRT de Bogotá – Colômbia

Fonte: <https://www.thecityfixbrasil.org/2012/08/09/brt-um-sucesso-mundial/>

3.2.8.4.4 – Monotrilho

O Sistema Monotrilho opera em uma ferrovia constituída por um único trilho. Os veículos geralmente são movidos por energia elétrica e tem normalmente pneus que rolam por cima e pelos lados do trilho, visando mobilizar e estabilizar o trem.

Principais características:

- Apresenta capacidade de transporte entre 15.000 e 50.000 pass./hora por sentido de tráfego;
- Velocidade média entre 40 e 60 km/h;
- Baixa poluição atmosférica e baixo nível de ruído;
- Tem custo de implantação menor, se comparado a um sistema de metrô;
- Como os trilhos são elevados, tem baixa interferência no trânsito.



Figura 3.46. Monotrilho de Kuala Lumpur, Malásia
Fonte: http://photos.travellerspoint.com/115677/large_IMG0496.jpg



Figura 3.47. Monotrilho de São Paulo



Figura 3.48. Rodas abraçadoras (esquerda) e pneus propulsores (direita)

Fonte: Uarlem José de Faria Oliveira – IFES

3.2.8.4.5 - Veículo Leve sobre Trilhos – VLT

Pequeno trem urbano também chamado de *light rail* e em geral movido à eletricidade. Em função do seu tamanho, permite que sua estrutura de trilhos seja implantada no meio urbano. Considerado como uma espécie de “bonde” moderno. Pode ser uma boa alternativa de transportes em cidades de médio porte.

Principais características:

- Em função de sua leveza, tem um menor consumo energético e desgaste de via;
- Flexibilidade, tanto em via segregada, com maiores velocidades, como em meio ao tráfego urbano, com cruzamentos ao nível das ruas;
- Rapidez, conforto e suavidade nos movimentos;
- Atende demandas urbanas de média capacidade;
- Adapta-se com facilidade às áreas de pedestres, podendo circular nos centros administrativo e histórico;
- Adaptável ao traçado e pode vencer rampas e realizar curvas fechadas;
- Implantação pode ser por etapas;
- Custo de implantação e manutenção bem inferior ao dos sistemas pesados;
- Funciona com tração elétrica, não emitindo poluição. Podem também utilizar o diesel, com a desvantagem de poluir o meio ambiente;

- Tem capacidade relativamente alta, podendo atender demandas superiores a 15.000 passageiros/hora/sentido, dependendo do grau de segregação (principalmente nas intersecções) e do intervalo entre veículos.



Figura 3.49. VLT em Barcelona

Fonte: Foto do Autor, em 17/02/2016

3.2.8.4.6 - Sistema de pré-metrô

Principais características

- Utiliza trens leves;
- Permite espaçamento reduzido entre as estações;
- Assim como o trem, o veículo também pode ter viabilidade para deslocamento na superfície;
- Pode ter alimentação por rede aérea ou terceiro trilho;
- Apresenta capacidade de transporte entre 10.000 e 40.000 pass./hora, por sentido de tráfego;
- Tem custo de implantação menor que o do metrô.



Figura 3.50. Pré-Metrô em Bruxelas

Fonte: <http://www.railway-technology.com/projects/brussels/brussels13.html>

3.2.8.4.7 - Sistema de Metrô

Principais características

- Possui grande capacidade de acelerar e desacelerar, o que permite pequeno espaçamento entre duas estações. Este fato contribui significativamente para viabilizar sua implantação em áreas urbanas de alta densidade ocupacional, dando ao sistema maior flexibilidade de operação;
- A alimentação elétrica é normalmente feita por terceiro trilho, podendo, no entanto, haver alimentação por rede aérea;
- Alta frequência de rotatividade (tempo de espera reduzido);
- Sistema de pré-pagamento da tarifa;
- Via própria para circulação (geralmente subterrâneo);
- Custo de implantação é bastante alto;
- Apresenta grande capacidade de transporte, podendo chegar a 90.000 passageiros/hora por sentido de tráfego;
- Não provoca poluição atmosférica e oferece baixo nível de ruído;



Figura 3.51. Metrô em São Paulo

Fonte: <http://dirsoks.blogspot.com/2010/07/o-metro.html>

3.2.8.4.8 - Implantação de sistema de trem urbano

Principais características

- Apresenta grande capacidade de transporte (normalmente entre 40.000 e 90.000 passageiros/hora por sentido de tráfego);
- Tem custo de implantação relativamente baixo, se comparado ao do metrô;
- Sua operação exige um grande espaçamento entre as estações, daí sua aplicação ser mais viável para os serviços suburbanos;
- Normalmente tem captação de energia por rede aérea.
- Para situações de demanda significativa, porém inferior a 40.000 passageiros/hora, pode-se especificar um veículo de menor porte e menor custo.



DIFERENÇAS ENTRE TREM E METRÔ EM SÃO PAULO		
	Trem	Metrô
Distância entre estações	superior a 2.000m	de 500m a 1.500m
Tempo de espera em horários de pico	mais de 5 minutos	menos de 3 minutos
Abrangência	intermunicipal	até os limites do município
Tamanho	12 vagões, em média (250 metros)	6 vagões, em média (120 metros)

Figura 3.52. Diferenças entre trem e metrô em São Paulo

Fonte: <http://noticias.uol.com.br/>

3.2.8.5 - Sistemas Especiais – Transportes Especializados

3.2.8.5.1 – Linhas Urbanas Especiais

Prestam um serviço não convencional. Em geral apresentam maior conforto, capacidade de transporte e tarifas diferenciadas em relação às linhas convencionais.

Elas podem ser:

❖ *Expressas*

Caracterizam-se por maior velocidade, pois operam com um número reduzido, ou sem paradas. São muito usadas em pontos afastados, como distritos industriais, centros administrativos.

❖ *Opcionais*

Fornecem aos usuários melhores condições de transporte, utilizando veículos com maior padrão de conforto. São muito úteis para atrair os usuários dos automóveis.

❖ *Linhas Park and Ride*

Define-se aqui como linhas, normalmente de pequena extensão (*short line*), que conectam os estacionamentos veiculares a um ou mais pontos de destino. Operam

com alta frequência, de modo a não haver elevado tempo de espera na conexão entre o veículo particular e o coletivo (normalmente micro-ônibus ou van).

Nos centros urbanos podem conectar áreas densamente ocupadas com terminais periféricos, sendo úteis numa política que vise desestimular a circulação de automóveis nas áreas centrais.

São também muito úteis para facilitar o acesso a polos geradores de tráfego, de modo a evitar congestionamentos junto aos mesmos.

A título de ilustração, vale aqui lembrar uma aplicação desse conceito quando do Show do Paul McCartney em Florianópolis, onde as pessoas estacionavam seus veículos em áreas periféricas e embarcavam em micro-ônibus que as levavam até o local do show.



Figura 3.53. Placa indicativa de Park and Ride

Fonte: <https://blogs.canterbury.ac.uk/studentnews/changes-to-canterbury-park-and-ride/>

3.2.8.5.2 - Sistema de trólebus

Principais características

- Apresenta capacidade de transporte entre 2.000 e 12.000 passageiros/hora/sentido de tráfego, dependendo da forma que a linha é operada.
- Não provoca poluição atmosférica e apresenta baixo nível de ruído.
- Dada a sua alimentação por rede aérea, apresenta como principais desvantagens a rigidez das linhas e pouca manobrabilidade dos veículos.
- Tem custo de implantação elevado, se comparado com o custo para um sistema de ônibus convencional a diesel, pois, além do veículo ser mais caro, envolve investimentos em redes de alimentação e subestações,

- Normalmente tem custo de operação menor em relação ao sistema de ônibus convencional, dada a maior vida útil dos veículos, aliada a uma maior capacidade de transporte (maior velocidade e nº de lugares),

Vale aqui citar que pode-se também considerar a possibilidade de operação do Sistema de Trólebus, com veículos articulados e biarticulados, o que permite aumentar a capacidade de transporte para cerca de 20.000 pass./hora por sentido de tráfego.



Figura 3.54 – Trólebus da cidade de São Paulo

Fonte: <https://viatrolebus.com.br/2019/04/trolebus-sao-paulo-completam-70-anos/>



Figura 3.55 – Trólebus articulado

Fonte: <http://www.lexicarbrasil.com.br/eletra/>

3.2.8.5.3 - Ônibus Anfíbio ou “Anfibus”

Funciona de modo geral como atração turística, com roteiros pré-definidos. Utilizados em diversas cidades, como Rotterdam, Belfast, Londres e Budapeste.

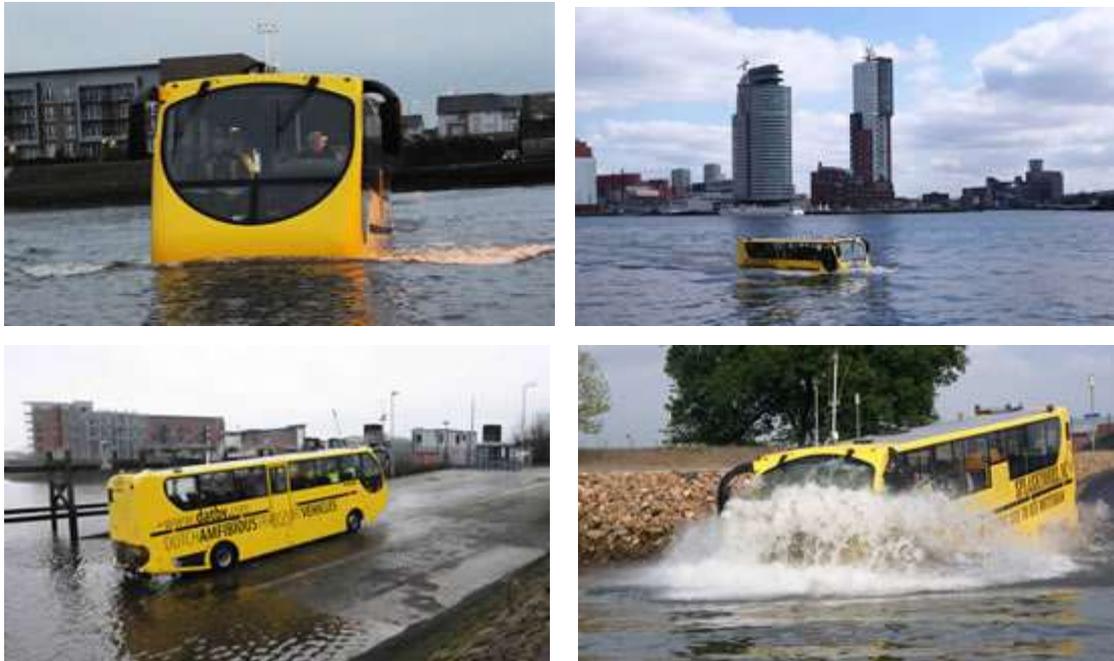


Figura 3.56. Anfibus em Rotterdam Holanda

Fonte: <http://www.splashtours.nl/>

3.2.8.5.4 – Barcas

Podem operar no transporte hidroviário de passageiros, inclusive urbano, em canais, baías ou ao longo da costa.



Figura 3.57. Barcas

Fonte: <http://www.grupoccr.com.br>

3.2.8.5.5 - “Ferry-boats”

São embarcações de baixo calado, geralmente com o fundo catamarã (dois cascos), utilizados normalmente em travessias de rios, canais e baías, muitas vezes em áreas urbanas.

Tem velocidade relativamente baixa e oferecem custos relativamente baixos de implantação e operação. O uso do fundo catamarã visa aumentar a estabilidade e a segurança, facilitando o embarque e desembarque dos veículos transportados.



Figura 3.58. Ferry-boat

Fonte: <https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2018/12/04/ferry-boat>

3.2.8.5.6 - Teleféricos

São cabines suspensas por cabos, usadas no transporte de passageiros ou cargas. Sua utilização se dá em locais íngremes, áreas de preservação, florestas, vales e montanhas (suportando inclinações maiores que 45 graus).

Também podem ser utilizados em locais densamente povoados e para traslados em terminais ou entre fábricas.



Figura 3.59. Teleférico em Madri, Espanha

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Telef%C3%A9rico_de_Madrid

3.2.8.5.7 – Funicular

Denomina-se funicular a um tipo especial de sistema que utiliza uma via férrea para vencer grandes inclinações, normalmente visando atender o transporte de passageiros em áreas urbanas íngremes.

O funicular desloca-se sobre trilhos e dispõe de duas cabinas enlaçadas por um cabo de aço sobre uma via de ferro, tal como um elevador inclinado, de tal forma que enquanto um veículo sobe o outro desce, o que permite aproveitar a energia potencial do que fica na parte superior para subir o inferior à medida que se trava o que está baixando.



Figura 3.60. Funicular

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Plano_Inclinado_Gon%C3%A7alves

3.2.8.5.8 - “Personal rapid transit” (PRT)

Caracterizam-se como pequenos veículos elétricos, totalmente automatizados e isolados uns dos outros, que transportam de 3 a 6 passageiros. Operam sobre uma via própria, chamada via guia. Também são chamados de Podcars.



Figura 3.61. Podcar

Fonte: <http://inhabitat.com/transportation-tuesday-the-personal-podcar/ultra-prt-heathrow-transport-future-electric-vehicle-podcar-personal-transportation-mass-transit-2/>

O sistema implanta o conceito de Park & Ride onde o usuário pode estacionar o veículo particular em vagas vinculadas a estações e utilizar o serviço.

O Podcar pode ser um incentivador para que o motorista substitua o veículo particular pelo transporte público.

Como referência da aplicação, o podcar está em uso desde 2011 no aeroporto de Heathrow, em Londres com o nome de Pod-Sit (Sistema Inteligente de Trânsito) desenvolvido pela Ultra Global PRT.

Algumas características:

- Viagens individuais ou de pequenos grupos;
- As vias formam uma rede;
- Serviço semelhante ao táxi;
- Baixo custo de operação;
- Os terminais usam pouco espaço;
- Eficiência energética;
- Atingem velocidades de até 60 km/h



Figura 3.62. Pod-Sit - Londres

Fonte: <http://www.tivinet.com.br/site/?pg=noticias¬icia=16181>

3.2.8.5.9 - Aeromóvel – Aerodynamic Movement Elevated

Sistema com tecnologia desenvolvida pelo professor brasileiro Oskar H.W. Coester.

Consiste em propulsão de um veículo por ar comprimido, gerado por motores elétricos que injetam esse ar dentro de um duto localizado sobre a base dos veículos.



Figura 3.63. Aeromóvel do Aeroporto Salgado Filho – Porto Alegre

Fonte: <https://mobilidadeportoalegre.com.br/aeromovel-de-porto-alegre-completa-7-anos-da-inauguracao/>

Algumas características:

- Baixo custo de operação e manutenção;
- Tráfego em via exclusiva e alta frequência de serviço;
- Sua operação é totalmente automatizada;
- Pode ser desenhado para uma demanda de até 25.000 passageiros/hora/sentido;
- Possui forte apelo turístico.



Figura 3.64. Aeromóvel do Aeroporto Salgado Filho – Porto Alegre

Fonte: <http://www.copa2014.gov.br/pt-br/galeria/aeromovel>



Figura 3.65. Princípio de funcionamento do Aeromóvel

Fonte: <http://interessantiblog.blogspot.com/2011/05/como-funciona-o-aeromovel.html>

3.2.9 - Sistema Ciclovário

Trata-se de sistema de transporte urbano não motorizado, não coletivo, com terminais especializados conectados por vias projetadas para o uso de bicicletas.

Pode ser utilizado para deslocamento a trabalho, escola, lazer ou competições.

3.2.9.1 – As Vias

Normalmente são segregadas e exclusivas para o uso de bicicletas. De acordo com suas características, são denominadas conforme descrito a seguir.

3.2.9.1.1 – Ciclovias

São vias segregadas, fisicamente e exclusivas para bicicletas.



Figura 3.66. Ciclovía (via segregada)

Fonte: Foto de Roberto Stosick

3.2.9.1.2. – Ciclofaixas

São vias não segregadas fisicamente, implantadas à margem de uma pista de tráfego, podendo ser unidirecionais ou bidirecionais.



Figura 3.67. Ciclofaixa

Fonte: <http://www.jacarei.sp.gov.br/prefeitura-inaugura-ciclofaixa-neste-sabado-23/>

3.2.9.1.3 - Ciclo-rotas

São vias de uso compartilhado com os demais veículos, normalmente implantadas em vias de tráfego lento e onde há restrição de espaço físico para a adoção de outra alternativa.



Figura 3.68. Ciclo-rota (via de uso compartilhado)

Fonte: Foto de Roberto Stosick

3.2.9.2 – Os veículos

3.2.9.2.1 - Bicicletas convencionais

São movidas exclusivamente através da força do ciclista através do pedal.



Figura 3.69 – Bicicleta convencional

Fonte: <https://www.shopbikemulticoisas.com.br/bicicleta-adulto/bicicleta-aro-26-wendy-masc-smarcha>

3.2.9.2.2 - Bicicletas motorizadas

São dotadas de pneus largos, permitem boa velocidade e são recomendadas para deslocamentos mais longos e para regiões que apresentam aclives mais acentuados.



Figura 3.70 – Bicicleta Eco Zone

Fonte: <https://www.nsctotal.com.br/noticias/bikes-eletricas-de-pneus-largos-conquistam-clientes-e-viram-tendencia>

3.2.9.3 – Os terminais

São chamados de bicicletários e constituem-se em áreas em locais públicos ou privados reservados exclusivamente para o estacionamento de bicicletas.



Figura 3.71 – Bicicletário

Fonte: <https://www.observatoriodorecife.org.br/tag/bicicletario/>

3.2.9.4 – Integração

Como regra geral, é muito importante que o sistema ciclovitário esteja plenamente integrado aos demais sistemas de transporte urbano de sua região de atuação.

Em várias cidades do mundo, o transporte público permite aos cidadãos comuns que transportem suas bicicletas dentro do ônibus.



Figura 3.72 – Integração com o transporte público

Fonte: <https://www.lobi.com.br/bicicletas-poderao-ser-transportadas-nos-onibus-em-curitiba/>

3.3 DESENHO URBANO: ALGUMAS IDEIAS PIONEIRAS

Com o aumento das populações das cidades, novas ideias foram surgindo para evitar o descontrole e o crescimento desordenado. Desta forma, foram surgindo diversos desenhos de cidades com o objetivo de dirigir e ordenar esse crescimento.

A seguir mencionamos alguns destes desenhos:

3.3.1. Cidades novas

3.3.1.1. Objetivos de sua construção

- ❖ Dirigir o crescimento de grandes cidades;
- ❖ Acompanhar o processo de industrialização de áreas pouco desenvolvidas;
- ❖ Revitalizar áreas estagnadas ou deprimidas (Ex.: Puerto Madero – Buenos Aires e Porto Maravilha – Rio de Janeiro);
- ❖ Induzir o desenvolvimento regional;
- ❖ Cumprir destinos políticos (Brasília).



Figura 3.73. Porto Maravilha – Área Portuária do Rio de Janeiro

Fonte: www.portomaravilha.com.br

3.3.1.2. Princípios quanto à estrutura física e aos movimentos

- ❖ Separação das vias de pedestres e de veículos;
- ❖ Hierarquização das vias de acordo com suas funções;
- ❖ Procura de um equilíbrio satisfatório entre o transporte público e o privado.

3.3.2. Unidade de vizinhança

Segundo Clarence A. Perry, apresenta as seguintes características:

- ❖ A unidade pode ser considerada tanto uma peça de um conjunto maior (outras unidades) quanto uma entidade distinta em si mesma;
- ❖ Escola primária, pequenos parques, comércio pertinente e ambiente residencial são facilidades estritamente locais, ou seja, voltados apenas à referida unidade;
- ❖ A unidade teria uma população em torno de 5.000 hab. (necessária para o funcionamento de uma escola primária);
- ❖ Os limites da vizinhança seriam demarcados por vias suficientemente largas, para servir ao tráfego de passagem.

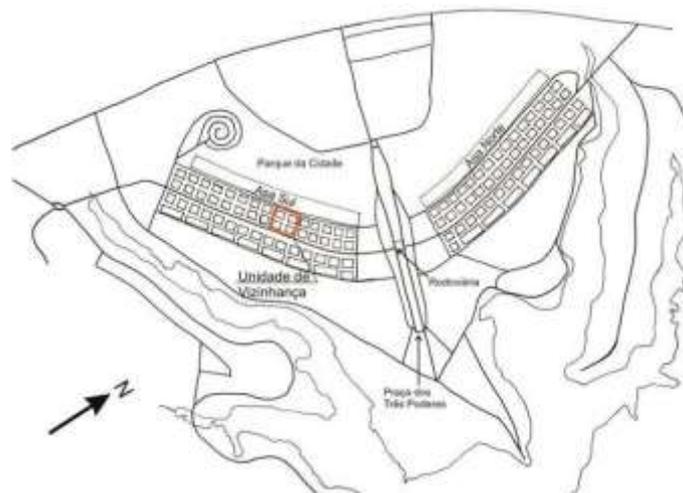


Figura 3.74. Unidade de Vizinhança adaptada em Brasília

Fonte: Site Portal Arquitetônico



Figura 3.75. Unidade de Vizinhança adaptada em Brasília

Fonte: Site Portal Arquitetônico



Figura 3.76. Unidades de Vizinhança criada por Clarence A. Perry
Fonte: Site Portal Arquitetônico

Exemplo de aplicação:

<https://www.institutoplanetsmartcity.com.br/smartcity/>

3.3.3. Utopia

Definida por Thomas More da seguinte forma:

- ❖ Um conjunto de 54 cidades distanciadas entre si nunca menos de 38 km;
- ❖ As ruas são bem traçadas e todas as casas têm uma porta para a rua e outra para o jardim;
- ❖ Cada cidade é dividida em quatro setores; no meio de cada um há uma praça, com lojas e armazéns ao redor;
- ❖ A população de Utopia é limitada em pouco mais de 100.000 pessoas.

3.3.4. Cidade linear

Idealizada por Arturo Soria Y Mata, apresenta as seguintes características:

- ❖ Constituída por uma via de 500m de largura e de comprimento variável, seria formada por uma rodovia principal e por uma linha de trens ou bondes;
- ❖ Ao longo dela passariam os dutos de água, gás e eletricidade;
- ❖ Os edifícios para serviços municipais como: bombeiros, polícia, estariam localizados a determinados intervalos;
- ❖ De cada lado se estenderia a zona residencial, servida por vias transversais e limitada por uma via secundária.
- ❖ A título de exemplo vale citar os eixos monumental e rodoviário de Brasília, considera os conceitos de cidade linear.

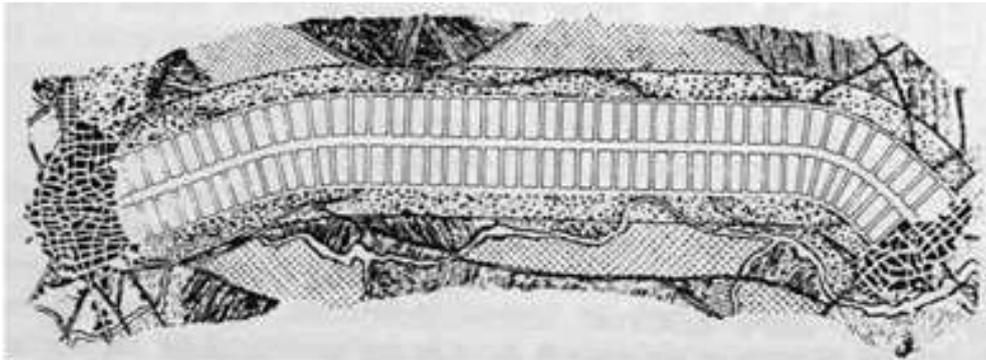


Figura 3.77. Cidade Linear de Arturo Soria Y Mata

Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1275031&page=5>

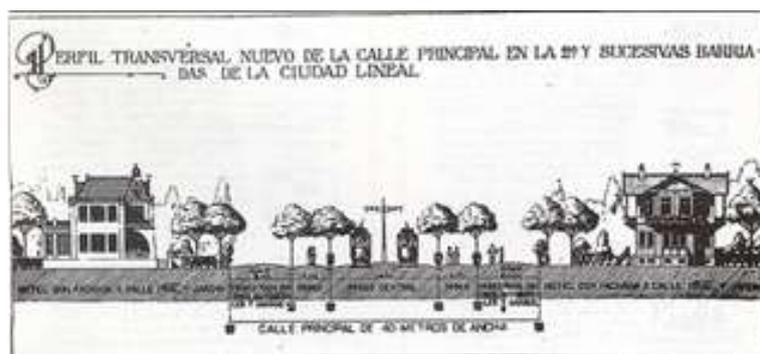


Figura 3.78. Extracto do projecto de 1882, de Arturo Soria Y Mata, para Ciudad Lineal

Fonte: <http://comboio-azul.blogspot.com.br/2007/02/czar-rio.html>

3.3.5. Cidade industrial

Apresentada por Tony Garnier, teria 35.000 habitantes:

- ❖ Na área plana mais elevada ficaria a zona residencial;
- ❖ No centro ficariam as instalações cívicas, edifícios para escolas secundárias e campos de esporte;
- ❖ No vale ao longo do rio ficariam indústrias, separadas da cidade propriamente dita por uma zona rural que serviria de cinturão;
- ❖ A cidade se estenderia longitudinalmente numa estrutura de planta em tabuleiro, com quadras de 30m X 150m.

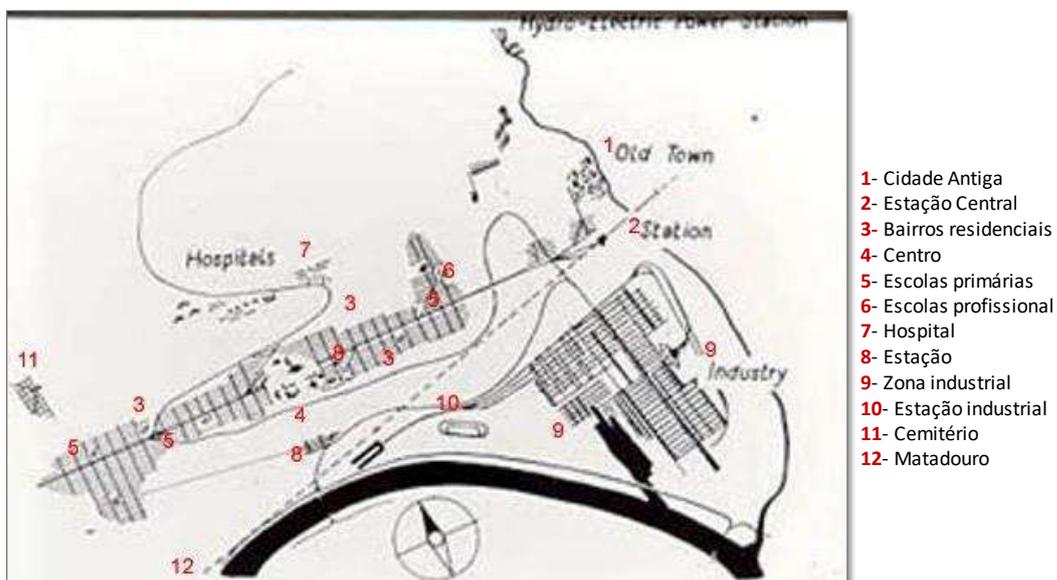


Figura 3.79. Cidade Industrial definida por Tony Garnier, 1901
 Fonte: Site Portal Arquitetônico

3.3.6. Cidade jardim

Proposta apresentada por Ebenezer Howard:

- Área circular cercada por um cinturão verde e limitada por uma linha férrea;
- Do parque central saem rodovias radiais, dividindo a cidade em seis setores;
- Junto ao parque localizam-se as escolas e as igrejas;
- O sistema rodoviário se irradia a partir do centro, interceptando vias circulares para os movimentos transversais;
- A integração do conjunto de cidades seria feita por um sistema intermunicipal de linhas férreas para "trânsito rápido".

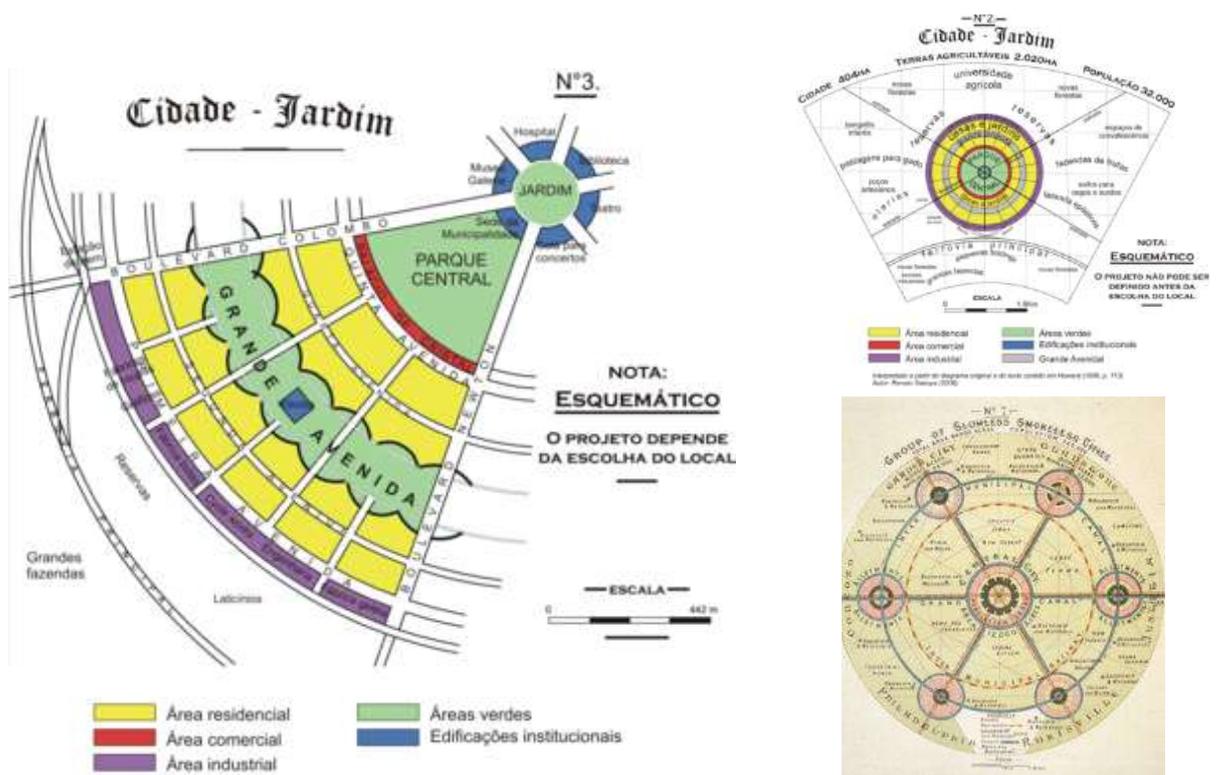


Figura 3.80. Cidade Jardim idealizada por Ebenezer Howard
Fonte: <http://urbanidades.arq.br>

Ex.1 Cidade de Moscou onde o Kremlin é o ponto central – Rússia



Figura 3.81. Vista aérea da cidade de Moscou - Rússia
Fonte: <http://jacionceld.blogspot.com.br/2013/05/el-plano-urbano-radiocentrico.html>

Ex.2 Cidade de Paris - França



Figura 3.82. Cidade de Paris - França

Fonte: <https://www.thelocal.fr/20160929/and-the-most-polluted-town-in-france-is>

3.3.7. Cidade parque

3.3.7.1. Dimensionamento

Considera um plano para uma cidade com 3 milhões de habitantes.

3.3.7.2. Objetivos fundamentais

- ❖ Descongestionar o centro, para facilitar a circulação;
- ❖ Aumentar a densidade de algumas áreas, facilitando os negócios (construir em altura);
- ❖ Separar os fluxos de pedestres, automóveis, caminhões, tráfego local, de passagem;
- ❖ Aumentar as superfícies plantadas (sol, árvores).

3.3.7.3. Descrição

- ❖ Habitar: células residenciais em edificações com 12 a 15 andares;
- ❖ Trabalhar: condensação das atividades em altos edifícios (220m), a cada 400m, ligados por autoestradas implantadas a 5m de altura;

A área destinada às indústrias, localizam-se no outro extremo da cidade, servida por rodovias e estradas de ferro;

- ❖ **Recreação:** no meio dos parques, próximos das habitações, tem-se amplos gramados arborizados onde se implantariam as escolas, piscinas e quadras de esporte. No centro urbano, localizar-se-iam bibliotecas, teatros;
- ❖ **Circulação:** o pedestre não cruzaria com o veículo. Os movimentos seriam classificados e separados, de acordo com cinco princípios básicos:
 - i. **Velocidades** - nunca devem ser misturadas, isto é, o pedestre (4 km/h) e o veículo (80 km/h) nunca podem se encontrar.
 - ii. **Sentido do tráfego** - a mão única deve ser priorizada. Nenhuma velocidade rápida deve ser perturbada por qualquer cruzamento; as intersecções em nível devem ser evitadas.
 - iii. **Veículos rápidos** - devem conduzir de porta a porta. Os veículos não estacionam nas autoestradas, interditas também para os pedestres.
 - iv. **Veículos pesados** - os caminhões circulam sobre as autoestradas, em vias próprias devidamente cercadas.

O transporte coletivo funciona em linhas paralelas às autoestradas, com paradas a cada 400m.
 - v. **Pedestres** - os parques, onde se localizam as escolas e os esportes, são atravessados por uma rede de vias para pedestres.

A malha dispõe de passagens subterrâneas, para cruzar com as vias destinadas aos bondes e aos caminhões, e de uma marquise contínua, para proteção contra a chuva.

3.3.8. Brasília

3.3.8.1. Concepção

Apresentada em 1957, pelo arquiteto e urbanista Lúcio Costa.



Figura 3.83. Brasília – Plano Piloto
Brasília, DF, Plano Piloto – Fonte: Governo do Distrito Federal

3.3.8.2. Plano piloto

Dois eixos (Rodoviário e Monumental) que se cruzam de forma transversal em formato de um avião. O projeto desenvolveu-se em torno desses eixos;

Pode-se dizer que eles lembram duas cidades lineares;

❖ **Eixo rodoviário ou residencial:**

Sequências de grandes quadras dentro das quais os blocos residenciais podem ser dispostos, obedecendo a dois princípios: gabarito máximo de seis pavimentos (e pilotis) e separação entre trânsito de veículos e de pedestres.

Vale citar que as Super Quadras trazem o conceito das unidades de vizinhança;

Ao fundo das quadras estende-se a via de serviços para caminhões;

❖ **Eixo Monumental:**

Abriga os centros Cívico, Administrativo, Cultural e a zona destinada às pequenas indústrias;

❖ **Cruzamento dos dois eixos:**

Contempla uma plataforma de três níveis onde está localizado o centro urbano de Brasília, com edificações destinadas a escritórios, representações comerciais;

- ❖ Lateralmente à intersecção do Eixo Monumental com o Eixo Rodoviário, localizam-se os setores Bancário, Hoteleiro e Comercial (Norte e Sul);

- ❖ A cidade (Plano Piloto) foi planejada para ter uma população de 500.000 a 700.000 hab.

3.3.8.3. Cidades-satélites

- ❖ Para preservar esse planejamento limite, projetou-se a expansão de Brasília através de cidades-satélites;
- ❖ Pode-se dizer que as cidades-satélites, apesar de uma acentuada interação com o plano piloto, lembram o conceito de unidades de vizinhança;
- ❖ Cabe lembrar que Brasília, hoje, é bem maior do que o inicialmente planejado.

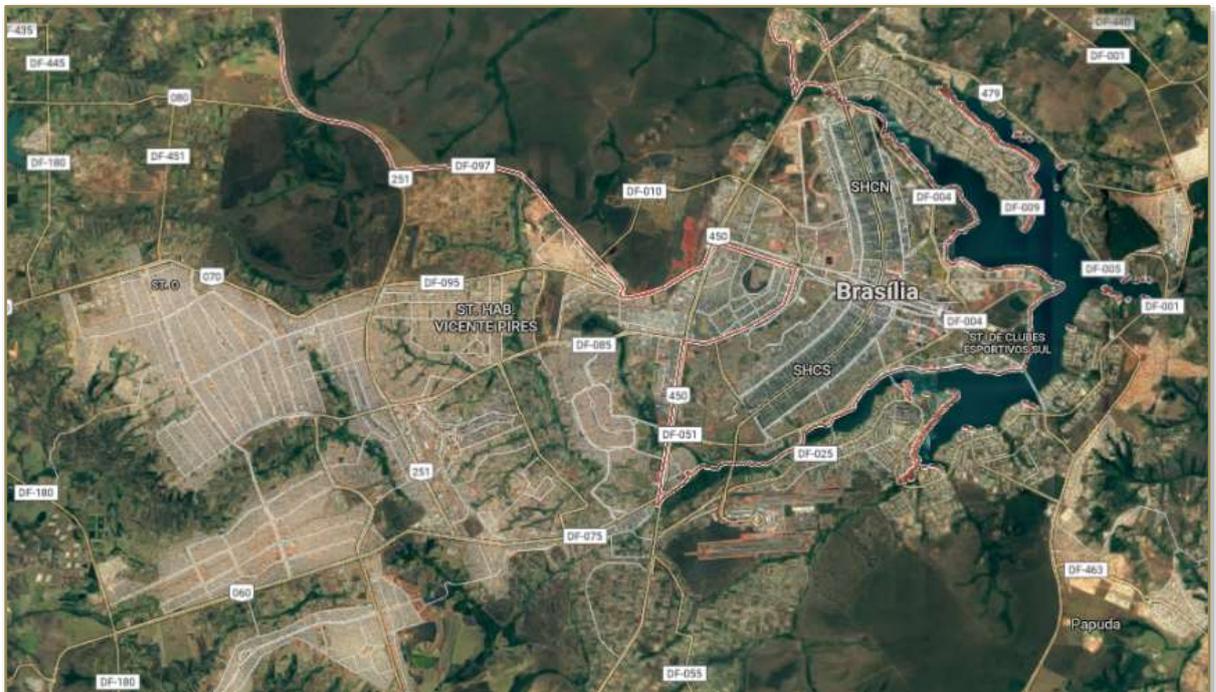


Figura 3.84. Brasília

Fonte: Google Maps

CAPÍTULO 4. NOÇÕES DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES – PLANOS GLOBAIS E SETORIAIS DE TRANSPORTES

4.1. INTRODUÇÃO

Planejamento de Transportes

Consiste em um processo dinâmico onde os objetivos de curto, médio e longo prazos são estabelecidos e equacionados, segundo critérios de otimização econômica e social.

Principais objetivos:

- ❖ Promover a integração e o desenvolvimento;
- ❖ Melhorar a infraestrutura e a operação do sistema;
- ❖ Otimizar a alocação dos investimentos no setor;
- ❖ Melhorar o atendimento da demanda por transportes, considerando-se as potencialidades das diversas modalidades;
- ❖ Minimizar custos de transporte.

4.2. CONTEXTO

O planejamento dos transportes deve estar inserido no planejamento de uma economia que, por sua vez, envolve três níveis de atuação inter-relacionados.

a) Planejamento Global

Deve coordenar os planos regionais e setoriais, de forma a não haver problemas de superposição ou falta de integração entre os mesmos.

Exemplo: Planejamento global visando incrementar o *superávit* na balança comercial do país.

b) Planejamento Regional

É elaborado para cada região e deve levar em conta não somente os interesses da região, mas também do país.

Exemplo: Planejamento regional visando estimular as exportações.

c) Planejamento Setorial

É aplicado para os diversos setores do sistema econômico como, por exemplo, transportes, educação, agricultura. É parte integrante do planejamento regional e do global.

Exemplo: Planejamento no setor de transportes visando dar condições para o escoamento de cargas dos centros produtores aos portos (exportação).

4.3. METODOLOGIA DE UM PLANO DE TRANSPORTE

4.3.1. Introdução

Existem diversas metodologias para planejamento de sistemas de transportes. Normalmente as mais conhecidas estão inseridas em softwares, tais como:

TRANSCAD – <http://www.caliper.com/tcovu.htm>

PTV VISUM - <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-visum/>

AIMSUN - <https://www.aimsun.com/>

SISLOG - Simulador Logístico - <https://www.labtrans.ufsc.br/sislog/>

SIGSEP - Sistema de Informações Geográficas da SEP – <https://www.labtrans.ufsc.br/sigsep/>

4.3.2. Alguns Estudos de Planejamento

Indica-se a seguir alguns estudos que utilizam tais metodologias:

PELT – RS

<https://transportes.rs.gov.br/pelt-rs>

PELT – ES

<https://planometropolitano.es.gov.br/Media/comdevit/Refer%C3%A2ncias/PELTS%20Vol%201%20-%20Sumario.pdf>

4.3.3. Etapas de Planejamento



4.3.3.1. Identificação Prévia de Necessidades e de Problemas de Transportes

Corresponde à identificação prévia de problemas e necessidades da sociedade, ou de uma comunidade, em matéria de transporte em geral.

Quais são os problemas e as necessidades?



Figura 4.1. Congestionamento BR-282 – Va Expressa Florianópolis
Fonte: <http://www.olhar direto.com.br/>

4.3.3.2. Formulação dos Objetivos e Metas

Esta etapa direciona todo o processo de planejamento.

- ❖ Os objetivos podem ser:
- ✓ **Econômicos** ⇒ Ex.: Reduzir custos de transporte, aumentar as safras agrícolas.
- ✓ **Não Econômicos** ⇒ Ex.: Reforçar a defesa do país, aumentar o conforto dos usuários.
- ❖ As metas representam a quantificação dos objetivos.

Exemplo: Pavimentar 500 km de rodovias em quatro anos.

Quanto ao horizonte de planejamento, os objetivos e metas podem ser:

- ❖ Curto prazo ⇒ menos de quatro anos
- ❖ Médio prazo ⇒ de quatro a 10 anos
- ❖ Longo prazo ⇒ mais de 10 anos

4.3.3.3. Modelagem do Sistema

4.3.3.3.1. Considerações Iniciais

Um modelo deve representar uma realidade, de forma simplificada. A escolha deve satisfazer os critérios de:

- ❖ Relevância
- ❖ Disponibilidade
- ❖ Confiabilidade

Exemplo: Variáveis socioeconômicas escolhidas para previsão de demanda por transportes: número de domicílios, população residente, número de empregos, número de estudantes, renda média domiciliar, número de veículos, densidade demográfica.

Na Figura 4.2, pode-se ver os efeitos que o aumento do número de variáveis causa no processo de tomada de decisão.

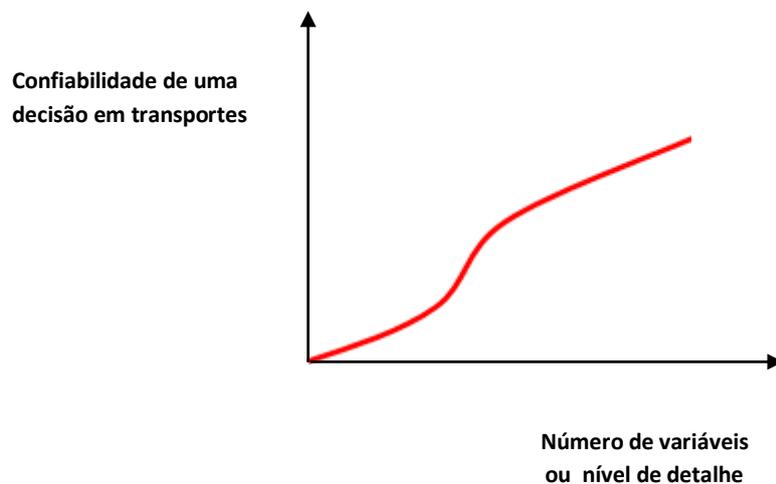


Figura 4.2.a. Relação hipotética entre a confiabilidade de decisão e o número de variáveis na avaliação



Figura 4.2.b. Relação hipotética entre o custo de decisão e o número de variáveis na avaliação

4.3.3.3.2. Modelagem Espacial

Para tal modelagem deve-se considerar os conceitos apresentados a seguir.

a) Área de influência

É o espaço geoeconômico, onde, direta ou indiretamente, são percebidos os benefícios gerados pelo projeto ou plano em estudo.

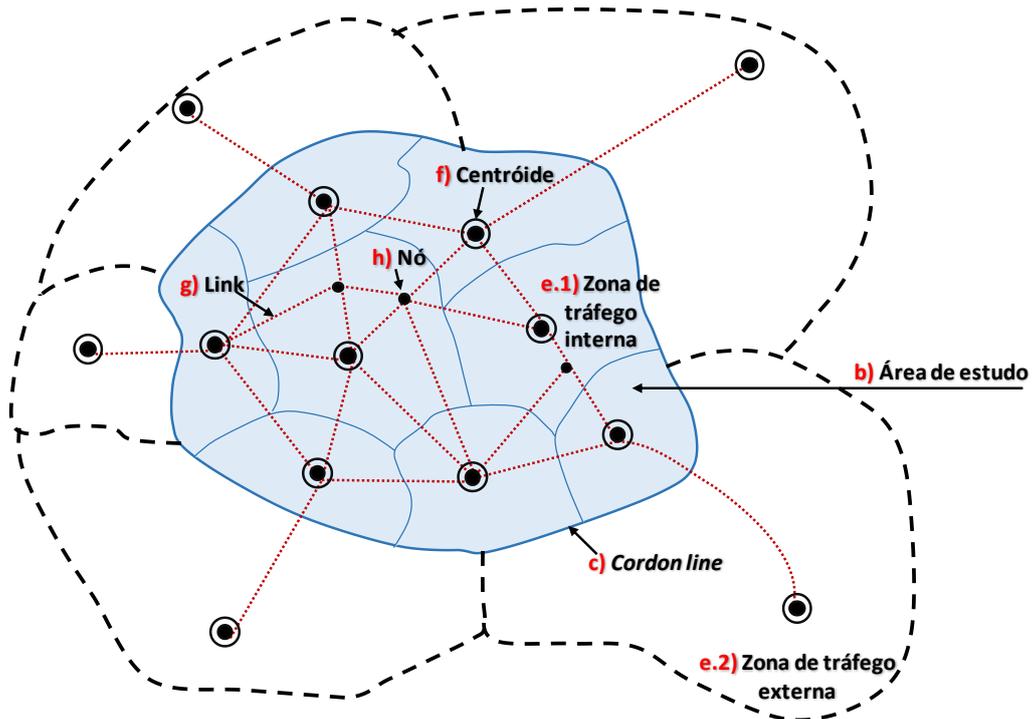
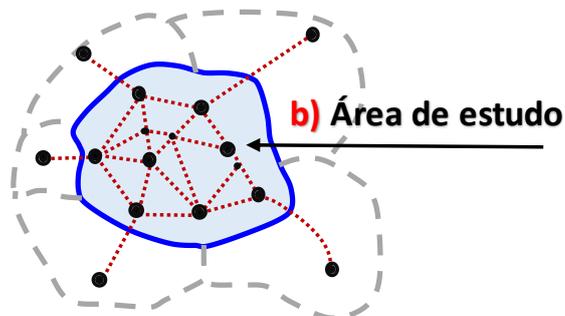


Figura 4.3. Área de Influência
 Fonte: Ilustrado por Paôla Tomé

b) Área de estudo

É a área que contém os principais fluxos (atuais e futuros) de tráfego relacionados ao projeto ou plano em estudo.



c) Cordon line

É a linha de contorno que define os limites da Área de Estudo.

d) Screen line

São linhas que cortam a área de estudo, com poucos pontos de interseção com ruas ou rodovias. Pode ser, por exemplo, uma via expressa, uma ferrovia, um rio ou outro obstáculo natural.

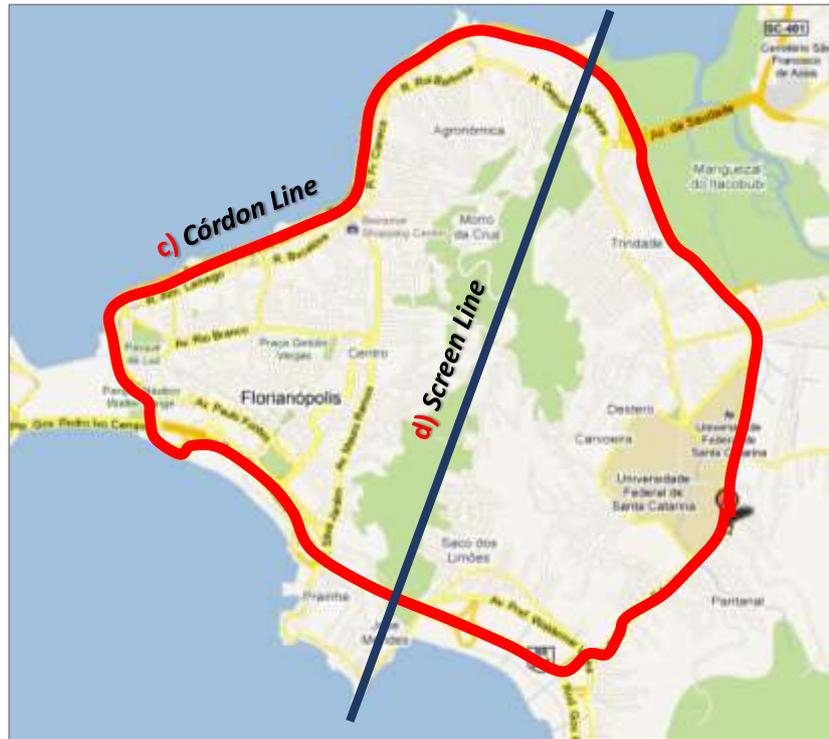


Figura 4.4. Screen Line e Cordon Line

Fonte: Adaptado do Google Maps por Roberto Stosick

e) Zona de tráfego

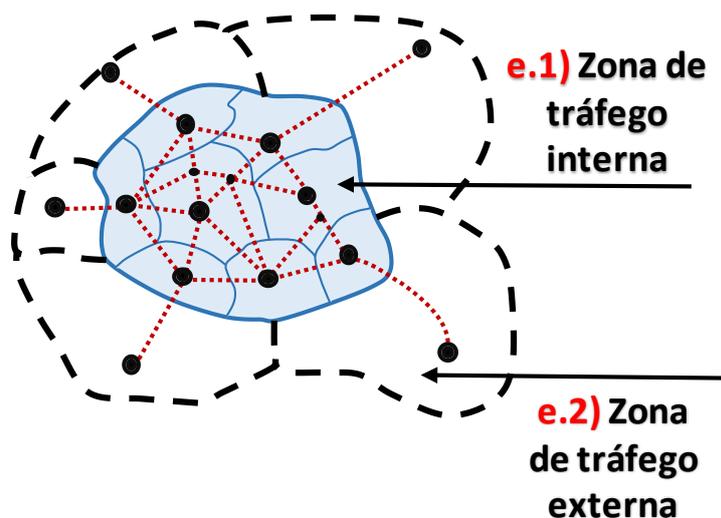
A zona de tráfego é a unidade base de análise. As características de cada setor dentro da área de estudo são pesquisadas e analisadas ao nível de zona de tráfego. Cada zona deve ter, na medida do possível, forte característica de homogeneidade.

- ❖ **Tamanho da zona de tráfego:** é função da precisão a ser obtida. Pode ser um bairro (estudo urbano) ou um município (estudo regional).
- ❖ **Delimitação das zonas de tráfego:** procura-se seguir inicialmente os limites políticos, administrativos e censitários. Quando necessário ou conveniente, pode-se, a partir daí, fazer subdivisões em zonas menores.

As zonas de tráfego podem ser internas, dentro da área de estudo e externas, fora da área de estudo e dentro da área de influência.

e.1) Zoneamento Interno (Z.I.)

Para possibilitar a análise dos movimentos internos à área de estudo, faz-se uma subdivisão da mesma em zonas de tráfego internas (Z. I.).



e.2) Zoneamento Externo (Z.E.)

Para permitir a análise de movimentos que envolvem regiões vizinhas à área de estudo, definem-se as zonas de tráfego externas (Z. E.).

- ❖ Dimensão das (Z. E.): tende a aumentar com a distância entre estas e a área de estudo. Por exemplo, o estado do Rio de Janeiro pode se constituir em uma (Z. E.) de um estudo na Região Sul.

f) Centroide

É o ponto que representa a zona de tráfego. É como se todos os dados pesquisados e analisados para a zona estivessem concentrados nesse ponto. Pode ser o centro geográfico da zona ou o ponto onde se concentram a maioria das atividades da mesma. Exemplo: Num setor predominantemente residencial, esse ponto pode situar-se no lugar de maior densidade demográfica; num setor comercial, nas proximidades do centro comercial.

g) Arco (Link)

Segmento viário homogêneo (tráfego, tipo e condição da superfície de rolamento) que compõe a rede.

h) Nó

Ponto inicial ou final de um arco. Normalmente representa uma intersecção viária.

i) Rede Viária

Representa o conjunto de vias que permitem a circulação de pessoas e bens dentro da área de estudo. Em uma rede codificada, cada elemento tem sua própria representação.

Para cada arco da rede deve-se determinar: capacidade; extensão; tipo e condição da superfície de rolamento; velocidade; custo operacional dos veículos.

4.3.3.3.3. Modelagem dos fluxos de tráfego

a. Fluxo de Tráfego

Trata-se da quantidade de veículos, cargas ou passageiros, que se deslocam de um ponto de origem A para um ponto de destino B num dado intervalo de tempo. Os fluxos podem ser expressos em períodos, horários, diários, semanais, mensais e anuais.

a. Classificação dos fluxos de tráfego em relação Área de Estudo (AE)

Os fluxos podem ser classificados do seguinte modo:

- ❖ **FEE = Fluxo Externo – Externo** – Tem origem e destino fora da AE, porém passam por ela.
- ❖ **FEI = Fluxo Externo – Interno** – Tem origem fora e o destino dentro da AE.
- ❖ **FIE = Fluxo Interno – Externo** – Tem origem dentro e destino fora da AE.
- ❖ **FI_{Interzonal} = Fluxo Interno – Interno Interzonal** – Tem origem dentro de uma zona interna de tráfego e destino dentro de outra zona de tráfego interna, inseridas na AE.
- ❖ **FI_{Intrazonal} = Fluxo Interno – Interno Intrazonal** - tem origem e destino dentro de uma zona de tráfego, inserida na AE.

Vale citar que fluxos do tipo externo-externo intrazonal ou externo-externo que não passam na AE, normalmente são desconsiderados.

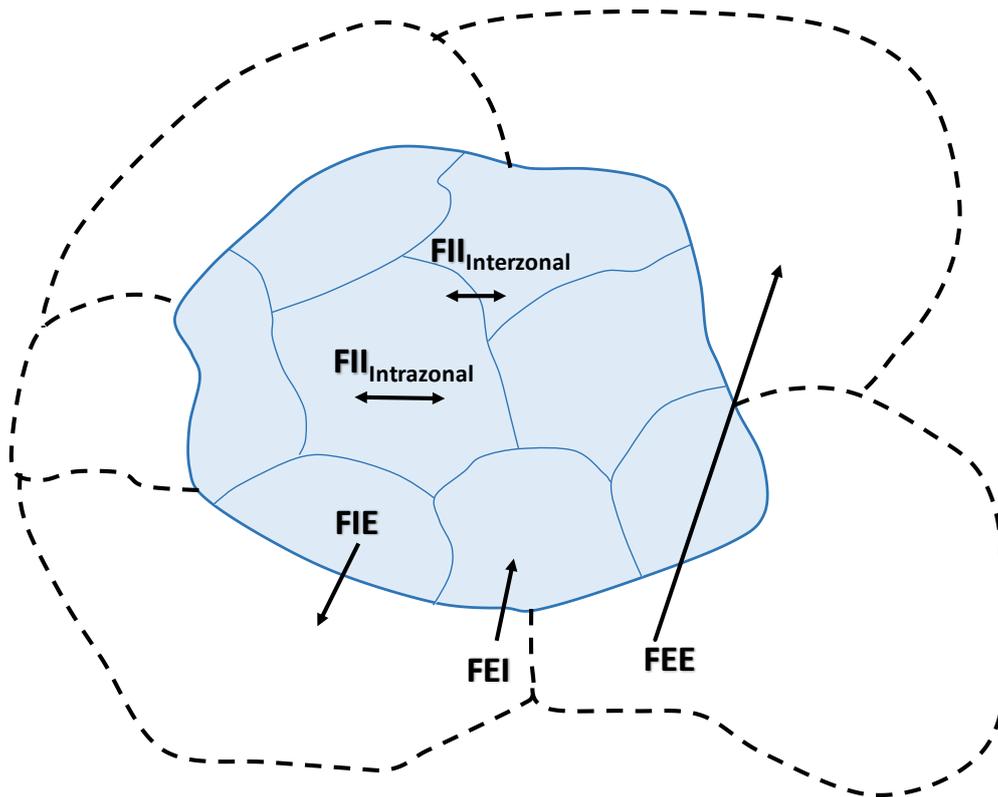


Figura 4.5. Tipos de Fluxos de Tráfego
 Fonte: Ilustrado por Paôla Tomé

4.3.3.3.4. Modelagem quatro etapas

Normalmente tal modelagem ocorre em forma sequencial, conforme apresentado a seguir. (ANEXO G)



a. Etapa 1 – Geração De Viagens

a.1) Objetivo

Estimar o número de viagens geradas (produzidas e atraídas) por uma zona de tráfego, num determinado intervalo de tempo.

a.2) Determinação do Número de Viagens Geradas por Zona de Tráfego

a.2.1) Dados Reais

Normalmente podem ser obtidos através de pesquisas de origem/destino (O/Ds). Os dados de geração por zona de tráfego correspondem às margens da matriz O/D.

a.2.2) Dados Calculados

Os cálculos dos valores de geração de viagens por zona de tráfego podem ser feitos através de conhecidos métodos e modelos matemáticos, tais como os de fatores de Expansão, Análises de Categorias, Fatores de Uso do Solo, bem como, através de Modelos de Regressão Linear ou Não Linear.

b. Etapa 2 – Distribuição de Viagens

b.1) Objetivo

Estimar o número de viagens entre as diversas zonas de tráfego, num determinado intervalo de tempo.

b.2) Determinação do Número de Viagens entre as Zonas de Tráfego

b.2.1) Dados Reais

Normalmente são obtidos através de pesquisas O/D (pesquisas domiciliares, nas vias, ou junto a empresas).

b.2.2) Dados Calculados

Os cálculos dos valores de distribuição de viagens por zona de tráfego podem ser feitos através de conhecidos métodos e modelos matemáticos. Como exemplo, entre os métodos de fatores de crescimento pode-se citar o de Fratar, e entre os modelos matemáticos, os Gravitacionais.

b.2.2.1 - Fratar

O Método Fratar é utilizado para calcular a distribuição das viagens dentro de uma área de estudo de planejamento de transportes, por meio de aproximações sucessivas, permitindo a obtenção de matrizes O/D para cada tipo de viagem em análise.

b.2.2.2 - O Modelo Gravitacional

Tem como princípio básico a física newtoniana, que estabelece a existência de uma atração entre as massas diretamente proporcional ao seu tamanho e inversamente proporcional à distância entre elas.

A forma geral seria:

$$T_{ij} = \frac{f(M_i, M_j)}{f(d_{ij})}$$

Onde: T_{ij} = *força de interação existente entre as massas*

M_i, M_j = *massas representativas de dois pontos i e j*

d_{ij} = *distância entre i e j*

Significado de cada termo:

Massa (M_i, M_j) = sendo *i e j* duas localidades, a massa será uma grandeza que as represente, podendo assumir uma gama bastante diversa de valores como, por exemplo, a população das localidades, o número de veículos registrados, principal produto, entre outros.

A escolha dessas grandezas dependerá da finalidade do estudo e da correlação entre as variáveis disponíveis.

Distância (d_{ij}) = pode-se conceituar de forma mais abrangente e não necessariamente como uma simples distância em quilômetros entre as localidades. Representa uma força opositora aos deslocamentos.

Ex.: Custo de transporte, tempo de viagem, distância ou uma combinação delas.

b.2.2.3) Outros Modelos

Existem ainda modelos de distribuição que procuram retratar (através de equações) uma distribuição real, tais como de oportunidades, eletrostático, de maximização de entropia.

c. Etapa 3 - Repartição Modal

c.1) Objetivos

Procura estimar como será a divisão dos deslocamentos entre i e j nas diversas modalidades (rodoviário, ferroviário) ou meios de transporte (automóveis, ônibus).

c.2) Determinação da Repartição Modal

c.2.1) Dados Reais

Normalmente são coletados em pesquisas de campo, através de entrevistas ou outros procedimentos.

c.2.2) Dados Calculados

A repartição pode ser calculada antes ou após a distribuição, conforme visto a seguir.

c.2.2.1) Modelos de Geração Direta

Encontram-se incorporados à etapa de geração de viagens. Ex.: Modelo de regressão.

$$O_j(\hat{O}n) = a + bP_j + CNE_j$$

onde:

O_j = número de viagens de ônibus com origem em j

P_j = população de j

NE_j = número de estudantes em j

a, b, C = constantes determinadas através do método dos mínimos quadrados

c.2.2.2) Métodos Anteriores à Distribuição

Neste caso, a divisão das viagens é feita logo após os estudos de geração, podendo-se utilizar relações percentuais para realizar a repartição.

c.2.2.3 – Modelos Posteriores a Distribuição

Recebem como entrada a matriz obtida na distribuição de viagem.

d. Etapa 4 – Alocação de Viagens

d.1) Objetivo

Consiste em alocar os fluxos de uma matriz O/D numa rede viária, determinando-se o volume de tráfego em cada arco da mesma.

d.2) Procedimentos Básicos para Alocação de Viagens

d.2.1) Definição de Critérios do Motorista para a Seleção de Rota

Exemplo: Rota que propicie o menor tempo de viagem.

d.2.2) Construção das Árvores da Rede Viária

Consiste em:

- ❖ Definir os possíveis caminhos entre cada par O/D e os respectivos arcos que os compõem.
- ❖ Calcular a impedância de cada caminho.
- ❖ Ordenar os caminhos de acordo com a impedância e selecionar os de interesse.

d.3) Métodos e Modelos de Alocação de Viagens

d.3.1) Tudo ou Nada

Admite que todas as viagens entre duas zonas sejam feitas através do caminho de menor impedância (tempo, custo), desprezando outros caminhos, desde que a capacidade das vias não seja ultrapassada.

d.3.2) Tudo ou Nada com Restrição de Capacidade

Também admite que todas as viagens entre duas zonas sejam feitas através do caminho de menor impedância. No entanto, o carregamento vai somente até o limite da capacidade da via. Depois, pode passar a carregar o segundo melhor caminho.

d.3.3) Modelos de Equilíbrio em Redes

Considera que as impedâncias variam em função da relação *Volume de Tráfego/Capacidade da Via*.

É, portanto, um processo iterativo, onde todas as impedâncias são recalculadas sistematicamente após cada carregamento, até que não se tenha oscilações significativas nos volumes dos arcos.

d.3.4) Alocação em Caminhos Múltiplos

Considera que parte das viagens entre duas zonas é feita pelo caminho mínimo e parte é feita por outro(s) caminho(s). Ex.: Método de Abraham. Por este método, o tráfego é repartido entre dois caminhos alternativos, da seguinte forma:

$$P_1 = \frac{C_1^{-8}}{C_1^{-8} + C_2^{-8}}$$

Onde:

P_1 = Percentual de viagens realizadas pelo caminho 1.

C_1 = Custo de viagem pelo caminho 1.

C_2 = Custo de viagem pelo caminho 2.

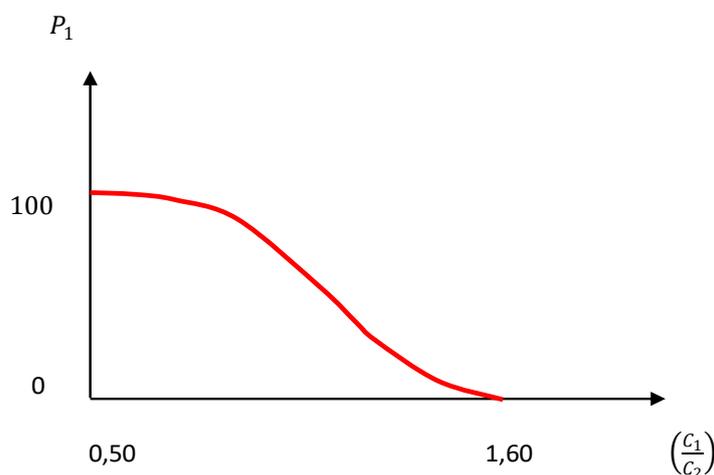


Figura 4.6. Exemplo de distribuição de viagens pelo Método de Abraham

4.3.3.4. Pesquisas Necessárias

a) Levantamentos Gerais

Propiciam o conhecimento geral do sistema e envolvem, por exemplo, pesquisas sobre planos existentes, legislação, uso do solo, sistema viário, terminais, transporte público, aspectos socioeconômicos referentes às zonas de tráfego, operação de tráfego.

b) Pesquisa Origem/Destino (OD)

Trata-se de pesquisa sobre o padrão de viagens/deslocamentos feitas em uma região. Visa obter informações de origens e destinos de pessoas e/ou cargas, além dos modos

de transportes utilizados, objetivando a elaboração de um correto planejamento de transportes para uma determinada região ou outra finalidade específica.

Existem diversos modos de se realizar tal pesquisa: entrevista domiciliar, por telefone, pelo correio, junto à via, internet.

b.1) Pesquisa domiciliar (planejamento urbano)

Procura determinar as origens e os destinos de todas as viagens diárias daqueles que residem, temporária ou permanentemente, na área de estudo. É realizada por entrevistadores junto aos domicílios. Para reduzir tempo e custos, define-se uma amostra a ser pesquisada. Ex.: No estudo para o metrô de São Paulo, utilizou-se da lista de consumidores de energia elétrica e sorteou-se 25 mil residências.

b.2) Pesquisa O/D nas vias

Este tipo de pesquisa é mais utilizado para estudos regionais. Torna-se também necessário para o planejamento do transporte urbano, em casos como a determinação das viagens externas (junto ao "Cordon Line") e estudos de tráfego específicos.

b.3) Pesquisas complementares

Exemplos:

- ❖ Junto às indústrias: O/D das matérias-primas e produtos compondo os fluxos industriais;
- ❖ Junto a entidades que controlam determinados setores: fluxo de ônibus - DETER (linhas intermunicipais em Santa Catarina), Prefeituras (linhas municipais), ANTT (linhas interestaduais).

b.4) Resultados que podem ser extraídos das pesquisas

- ❖ Composição do tráfego por tipo de veículo;
- ❖ Variações horárias;
- ❖ Razões das viagens;
- ❖ Média de passageiros ou carga por veículo;
- ❖ Veículos de carga carregados e vazios (%);

- ❖ Estudos de sobrecarga em caminhões;
- ❖ Origem e destino das viagens;
- ❖ Volume de tráfego.

Exemplos:

- Matrizes de origem/destino, por produto, em toneladas/ano ou ton./dia

O/D	1	2	...	N	$\sum_{i=1}^N O_i$
1	t11			t1n	O1
2					
.					.
.					.
.					.
N	tn1			Tnn	ON
$\sum_{j=1}^n D_j$	D1		...	Dn	$\sum_{i=1}^n nO_i = \sum_{j=1}^n nD_j$

1,2,...,N - municípios ou polos econômicos na área de influência.

- Matrizes O/D para pessoas $\left\{ \begin{array}{l} \text{Ônibus} \\ \text{Automóveis} \end{array} \right.$

c) Contagens de Tráfego

c.1) Tipos de Contagens

Podem ser $\left\{ \begin{array}{l} \text{Classificatórias} \\ \text{Não Classificatórias} \\ \text{Manuais} \\ \text{Mecanizadas (contadores automáticos)} \end{array} \right.$

Estudo de Tráfego - Contagem Volumétrica Classificatória																					
Local:		Município:										Data:		Q. S.:							
Trecho:												Dia da semana:									
Posto:		Sentido:										Condição climática:									
PERÍODO (HORARIO)	VEÍCULOS LIVRES				Ônibus		Carrocerias			Semi-robôs					Robôs				Outros	TOTAL	
	A	B	M	B	SC	SC	20	30	40	201	202	203	301	302	303	202	203	302			303
0600																					
0615																					
0630																					
0645																					
0700																					
0715																					
0730																					
0745																					
0800																					
0815																					
0830																					
0845																					
0900																					
0915																					
0930																					
0945																					
1000																					
1015																					
1030																					
1045																					
1100																					
1115																					
1130																					
1145																					
1200																					

Tabela 4.1. Exemplo de Formulário de Contagem Volumétrica Classificatória Manual
 Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgOcyAB/pesquisas-traffic-contagens?part=2>

c.2) Resultados a serem obtidos

- Tráfego Médio Diário (TMD) nos diversos trechos. Ex.: 300 veículos/dia
- Variações de tráfego ao longo do dia, da semana e do ano
- Composição do tráfego nos trechos

4.3.3.5. Calibração e Validação

a) Calibração

Trata-se de um conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores levantados na fase de coletas de dados e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões, podendo-se descrever as etapas apresentadas a seguir.

- ❖ Aplicação dos dados levantados, relativos ao ano-base, junto aos métodos e modelos matemáticos adotados.
- ❖ Comparação dos resultados fornecidos pelos modelos com os observados no sistema real. Para verificar a precisão dos resultados das alocações, os volumes

de tráfego calculados para os arcos da rede podem ser comparados com valores de suas contagens em campo.

- ❖ Observar se as diferenças estão dentro de padrões aceitáveis; se estiverem, o sistema está calibrado.
- ❖ Caso não estejam, há que se fazer análises, ajustes, correções e, se for o caso, novos levantamentos até que os valores oferecidos pelos modelos estejam dentro de padrões aceitáveis.

b) Validação do modelo

A partir da análise da calibração, torna-se possível validar ou não, de acordo com os resultados obtidos, o método que está sendo utilizado.

4.3.3.6. Métodos de Previsão

a) Introdução

Após a validação, pode-se fazer as previsões da demanda, conforme o horizonte de planejamento, a partir da alimentação dos modelos com valores projetados de suas variáveis (população, renda).

Dentre os diversos softwares utilizados para métodos de previsão, pode-se citar:

https://www.sas.com/pt_pt/software/analytics/stat.html

<http://statgraf.com/>

<http://statistica.io/>

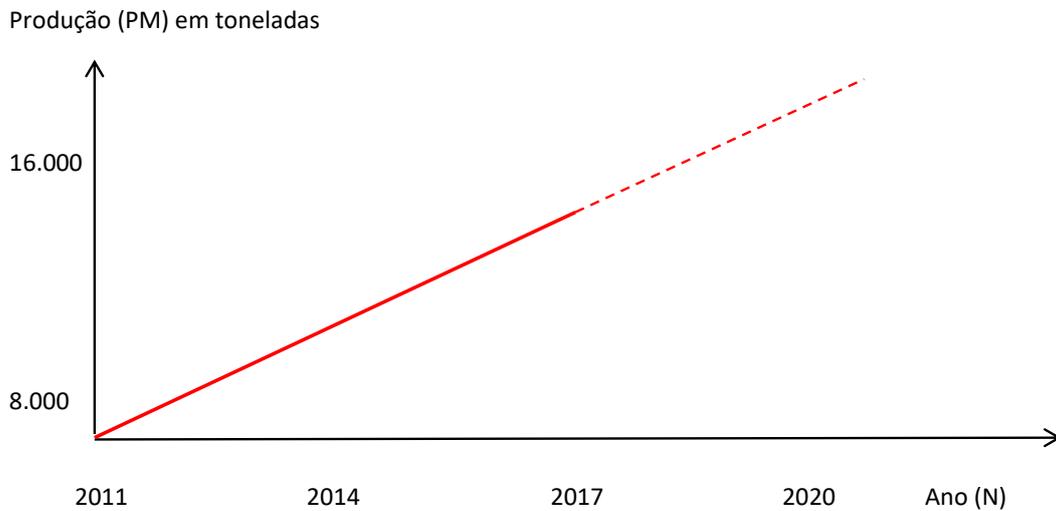
Podem ser baseados em modelos do tipo: séries temporais, *cross-sections* e planos setoriais.

b) Séries Temporais

O comportamento histórico é o indicador da tendência futura.

Exemplo:

Produção anual de milho no município M



Um aumento na produção provoca incremento no fluxo.

$$PM_N = A + B * N$$

Onde: PM = Produção anual de Milho

N = Ano de cálculo

c) Cross-Sections

Procuram relacionar os fatos com determinadas variáveis explicativas. Ex.: Produção de viagens (BR) por motivo de trabalho, na zona de tráfego $i \rightarrow f$ (número de pessoas ocupadas que residem em i).

Sua construção pode ser feita através de análises de regressão (estudo das relações entre variáveis).

Exemplo:

- Produção diária de viagens de automóvel no município M ou região R

$$P_{mi} = a + b V_{mi} + c R_{mi}$$

onde:

P_{mi} = Produção diária de viagens de automóvel em M, no ano i

V_{mi} = n° de automóveis em M, no ano i

R_{mi} = Renda média da população de M, no ano i

a, b, c = parâmetros da equação

c) Planos Setoriais

Neste caso, as previsões são baseadas em taxas contidas em planos de expansão das indústrias, da agricultura.

4.3.3.7. Formulação de Alternativas

São estudadas as possíveis formas de se atingir os objetivos propostos. Normalmente, isto implica em alterações na rede viária e/ou nos serviços de transporte oferecidos.

4.3.3.8. Avaliação das Alternativas

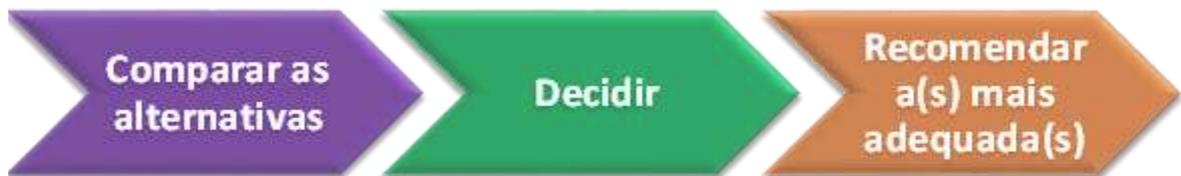
Consiste em:

- Inserir junto ao modelo as alternativas formuladas, e
- Avaliar os impactos das mesmas junto ao sistema.

Normalmente são utilizados critérios de rentabilidade para avaliação econômica, como *benefício/custo* (B/C), *benefício-custo* (B-C) e *taxa de retorno* (TIR).

4.3.3.9. Seleção de Alternativas

Consiste em:



4.3.3.10. Acompanhamento na Implantação do Plano

Trata-se do monitoramento e supervisão das atividades relacionadas à implantação do plano, de modo que ele ocorra conforme o planejamento.

4.3.3.11. Reavaliação

Consiste na avaliação periódica do plano com o intuito de adaptá-lo, caso necessário, a alterações de ordem econômica e social não previstas pelo mesmo.

Tal situação tem maior evidência nos planos de longo prazo.

Ex.: Uma mudança significativa no preço do petróleo pode justificar a alteração de um plano.

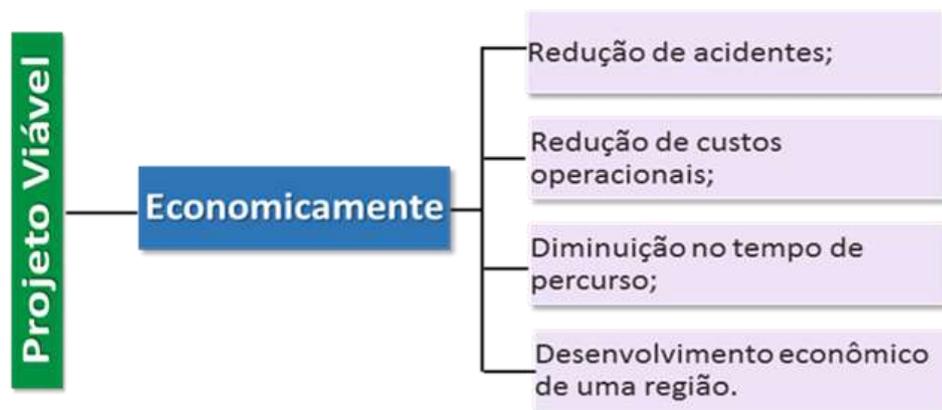
CAPÍTULO 5. AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE TRANSPORTES E VIABILIDADE DE PROJETOS RODOVIÁRIOS

5.1. FINALIDADE

Medir custos e benefícios dos projetos compará-los entre si e concluir pela "viabilidade ou inviabilidade" dos mesmos.

5.2. AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Tem como foco definir se o projeto gera benefícios líquidos para a sociedade, tais como, redução de acidentes, diminuição no tempo de percurso, desenvolvimento econômico de uma região, entre outros. Pode-se também levar em conta os efeitos das externalidades.



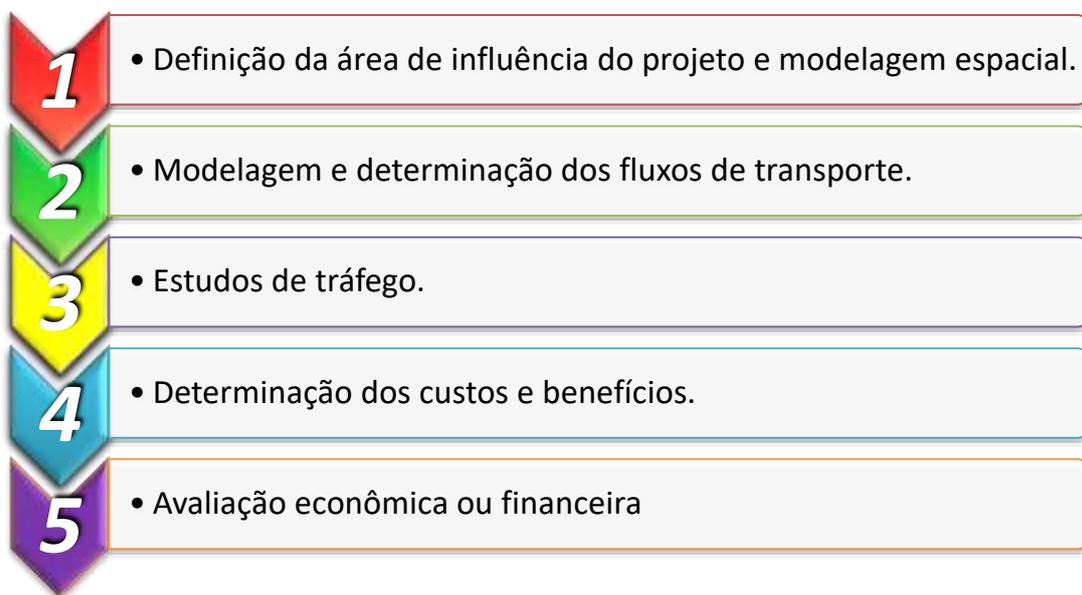
Para tais avaliações são normalmente realizados EVTEAs, que consistem em Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental.

5.3. AVALIAÇÃO FINANCEIRA

Procura identificar se o projeto é autossustentável financeiramente, ou seja, que comprove que as receitas esperadas serão maiores que os custos de investimento e operação.



5.4. FASES



5.4.1. Definição da Área de Influência do Projeto e Modelagem Espacial

5.4.1.1. Definição da área de influência do projeto

É o espaço geoeconômico em que direta ou indiretamente se fazem sentir os benefícios gerados pela estrada. (área de estudo e zonas externas)

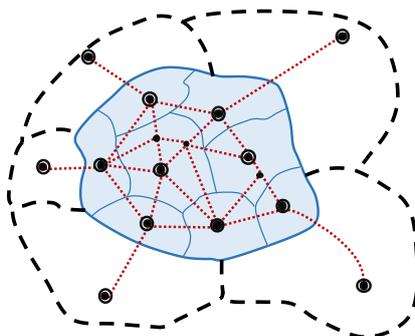


Figura 5.1. Área de Influência
Fonte: Ilustrado por Paôla Tomé

5.4.1.2. Delimitação

O estudo abrange a área de influência do projeto, que é composta por:

a. Área diretamente afetada

Inclui as zonas de tráfego (internas) cujos fluxos de transporte constantemente se utilizam da via (área de estudos).

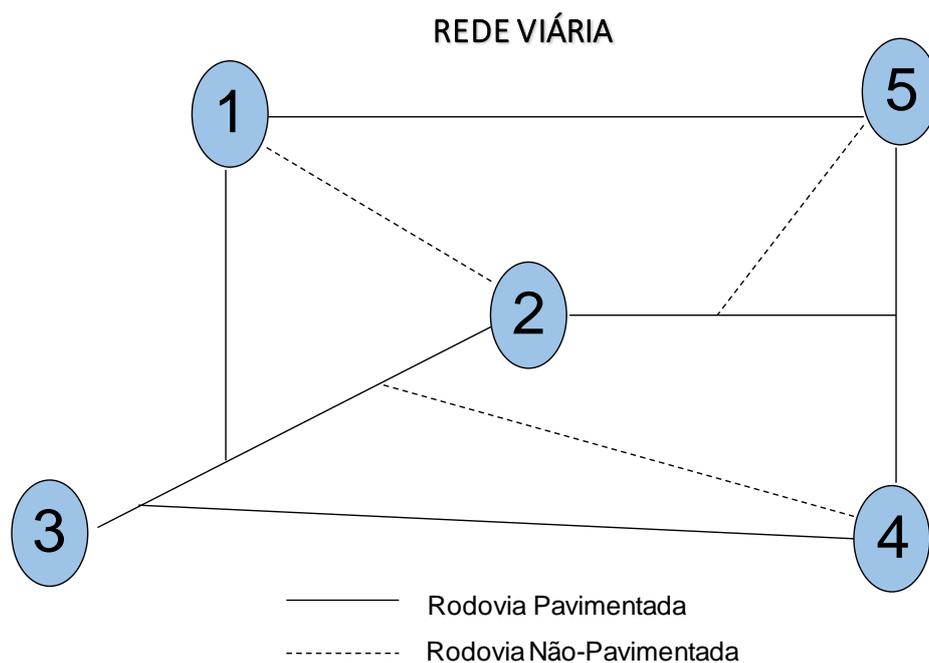
b. Área indiretamente afetada

Demais zonas de tráfego (externas) que sofrem a influência da estrada.

5.4.1.3. Estudo da rede viária

Esta etapa envolve ainda o estudo da rede rodoviária, que contém:

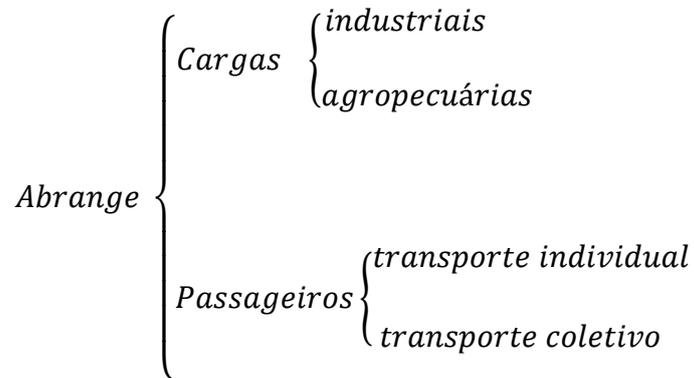
- Inventário da rede (federal, estadual e municipal) existente. Exemplo: extensão dos trechos, tipo de superfície de rolamento.
- Previsão das modificações que ocorrerão nessa rede, até a data de abertura da nova estrada.
- Determinação dos caminhos mínimos entre os diversos municípios da rede.



Se houver competição modal deve-se incorporar à rede outras modalidades de transporte.

5.4.2. Modelagem e determinação dos Fluxos de Transportes

5.4.2.1. Abrangência



5.4.2.2. Situações

É necessário o conhecimento dos fluxos nas situações $\left\{ \begin{array}{l} \text{Atual} \\ \text{Futura} \end{array} \right.$

5.4.2.2.1. Situação atual

Realizar pesquisas do tipo origem/destino (O/D) e contagens de tráfego junto às rodovias.

Para sua realização, deve-se considerar:

- Localização adequada dos postos de pesquisa.
- Sazonalidades: provocadas por safras, períodos escolares.
- Variações do tráfego ao longo das horas do dia, do dia da semana e do mês do ano.

5.4.2.2.2. Situação futura

Previsão dos fluxos de pessoas e produtos $\left\{ \begin{array}{l} \text{Séries temporais} \\ \text{Cross – sections} \\ \text{Planos setoriais} \end{array} \right.$

No caso de Planos Setoriais, as previsões são baseadas em taxas contidas em planos de expansão das indústrias, da agricultura.

5.4.3. Estudos de Tráfego

5.4.3.1. Introdução

A realização do estudo de tráfego para um projeto rodoviário tem por finalidade básica estimar a quantidade e os tipos de veículos que serão usuários do mesmo, ao longo de sua vida útil. Tais informações representam a demanda pelo projeto e são fundamentais para a adequação e dimensionamento do mesmo, bem como, para a análise de sua viabilidade técnica, econômica, financeira e social.

5.4.3.2. Elementos adotados no estudo

Com essa finalidade, são adotados os seguintes elementos:

- Ano-base: ano de referência dos dados;
- Ano atual: ano de realização do estudo;
- Ano de abertura: ano de inauguração do empreendimento;
- Horizonte de projeto: período ou número de anos considerados no estudo, contados a partir do ano de abertura.

5.4.3.3. Determinação do tráfego atual

Definição

Constitui-se do tráfego existente no trecho rodoviário. É representado por unidade de fluxo e pode ser obtido a partir de contagens junto às rodovias. **(ANEXO H)**

5.4.3.4. Tráfego Futuro

5.4.3.4.1. Tráfego normal

É aquele que se espera, mesmo que não haja qualquer investimento (é quantificado com base nos estudos citados no item anterior).

5.4.3.4.2. Tráfego desviado

É constituído por usuários da rede que se deslocavam, até então, entre os extremos A e B do percurso, através de outras vias, e que a realização do empreendimento faz com que adotem a estrada nova, ou melhorada em seus percursos. É quantificado com base nos fluxos de tráfego e no estudo da rede (caminhos mínimos).

5.4.3.4.3. Tráfego gerado

É o resultante de qualquer nova atividade que apareça em consequência da redução dos custos de transportes. Para sua estimativa, pode-se tentar uma correlação com um espaço socioeconômico semelhante, onde um investimento idêntico tenha sido feito.

Esta abordagem pode ser feita através da utilização de um modelo do tipo gravitacional.

$$T_{ij} = \frac{K (P_i * P_j)^\alpha}{C_{ij}^\beta}$$

T_{ij} = Tráfego entre os centros i e j

α, β, K = Constantes de ajustamento

P_i = População ou nº de viagens produzidas em i

P_j = População ou nº de viagens atraídas em j

C_{ij} = Custo de viagens entre i e j

A derivada da função T_{ij} em relação a C_{ij} é:

$$\frac{dT_{ij}}{dC_{ij}} = -\beta * \frac{T_{ij}}{C_{ij}}$$

Demonstração:

$$T_{ij} = K(P_i * P_j)^\alpha * C_{ij}^{-\beta}$$

Fazendo a derivada do tráfego entre os centros i e j em relação ao custo de viagens entre i e j :

$$\frac{dT_{ij}}{dC_{ij}} = K(P_i * P_j)^\alpha * [C_{ij}^{(-\beta-1)} * (-\beta)]$$

$$\frac{dT_{ij}}{dC_{ij}} = -\beta K(P_i * P_j)^\alpha * C_{ij}^{-\beta} * C_{ij}^{-1}$$

Substituindo o valor do tráfego entre os centros i e j na equação temos por fim:

$$\frac{dT_{ij}}{dC_{ij}} = -\beta * T_{ij} * C_{ij}^{-1}$$

Como queríamos demonstrar.

A elasticidade (ε) da demanda (T_{ij}) em relação ao custo (C_{ij}) é:

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta T_{ij}}{T_{ij}}}{\frac{\Delta C_{ij}}{C_{ij}}} = \frac{C_{ij}}{T_{ij}} * \frac{\Delta T_{ij}}{\Delta C_{ij}}$$

para lim, tem-se:

$$\Delta C_{ij} \rightarrow 0$$

$$\varepsilon = \frac{C_{ij}}{T_{ij}} * \frac{dT_{ij}}{dC_{ij}} = \frac{C_{ij}}{T_{ij}} * -\beta * \frac{T_{ij}}{C_{ij}}$$

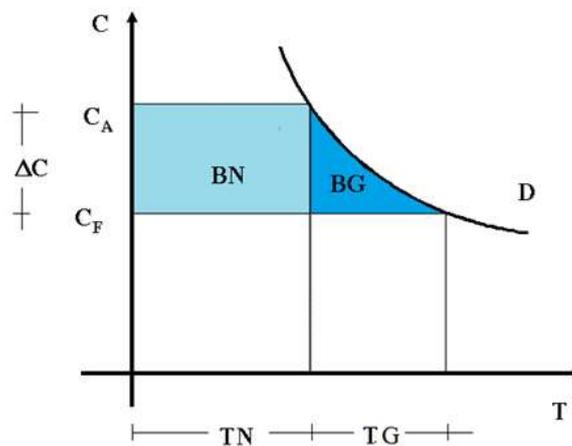
$$\varepsilon = -\beta$$

logo:

$$\Delta T_{ij} = -\beta * T_{ij} * \frac{\Delta C_{ij}}{C_{ij}}$$

Quanto maior for a variação de (C), maior será a imprecisão do método.

O Gráfico a seguir ilustra o acima exposto:



Onde:

C = Custo T = Tráfego

C_A = Custo Atual TN = Tráfego Normal

C_F = Custo Futuro TG = Tráfego Gerado

BG = Benefício Gerado BN = Benefício Normal

D = Demanda

Outra abordagem consiste no ajuste do modelo para a própria região em estudo. É um método mais trabalhoso, porém, mais preciso.

5.4.4. Determinação dos Custos e dos Benefícios

5.4.4.1. Custos

5.4.4.1.1. Relacionados à via

a. Estudos e projetos

Faz referência a todo custo para o estudo de implantação da via, que vai desde o estudo de viabilidade até o projeto executivo. Por característica, é nesta etapa em que é feita a tomada de decisão a favor ou contra a construção da via.

b. De construção

Refere-se ao custo para a construção da via, que vai do início da obra até a sua conclusão conforme projeto.

A título de referência, pode-se utilizar como metodologia para elaboração de orçamentos de obra, o Manual de Custos Rodoviários (DNIT) e o Sistema de Custos Rodoviários – SICRO 2, do DNIT (<http://www.dnit.gov.br/servicos/sicro>).

c. De manutenção

O custo de manutenção faz referência a todo custo advindo da manutenção da via após estar construída. Para os cálculos dos Custos de Manutenção pode-se utilizar o Manual de Custos Rodoviários (DNIT) e o Sistema de Custos Rodoviários – SICRO 2, do DNIT (<http://www.dnit.gov.br/servicos/sicro>).

d. De operação da via

Refere-se a custos de operação, tais como:

- Operação de praças de pedágio;
- Monitoramento;
- Atendimento aos usuários:
 - Atendimento de acidentes;
 - Emergências médicas;
 - Socorro a veículos.

5.4.4.1.2. Relacionados aos veículos

São os custos operacionais dos veículos, ou seja, aqueles que ocorrem desde a aquisição até o fim da vida útil dos veículos, em decorrência da propriedade e do uso do mesmo. Pode-se também dizer que é todo o gasto que se tem com o veículo durante sua vida útil. **(ANEXO I)**

a. Variáveis – Itens de consumo

São despesas que dependem da utilização do veículo, ou seja, só ocorrem com o uso dos veículos.

Dentre os itens de consumo (custos variáveis), pode-se citar:

- Consumo de combustível
- Consumo de óleo lubrificante $\left\{ \begin{array}{l} \text{cárter} \\ \text{diferencial} \end{array} \right.$
- Lubrificação e lavagem;
- Manutenção;
- Desgaste dos pneus;
- Despesas acessórias (pedágios, multas).
- Acidentes

b. Fixos – Itens estruturais

São despesas que independem da utilização do veículo.

Entre os itens estruturais (custos fixos), temos:

- Salário do motorista e ajudante;
- Depreciação do veículo;
- Juros do capital empregado na compra do veículo;
- Licenciamento e taxa de seguro obrigatório;
- Administração (custos indiretos) e eventuais.

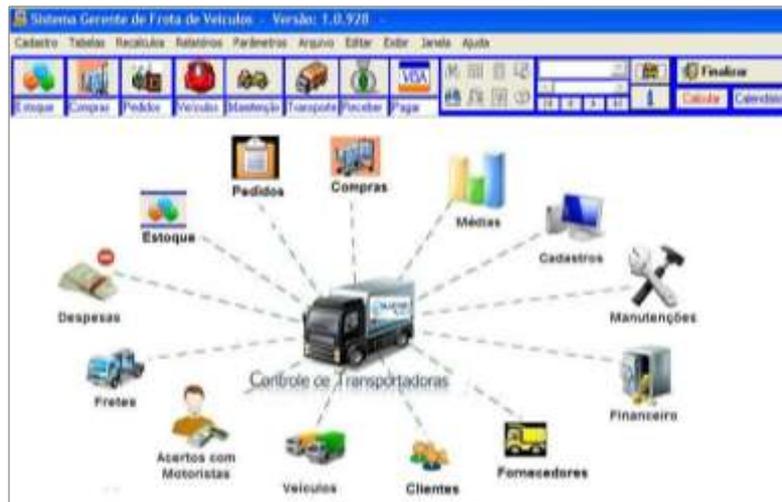


Figura 5.2. Exemplo de Sistema de Gestão de Frotas

Fonte: <http://www.hprogramas.com.br/sistema.php?cod=106>

5.4.4.1.3. Relacionados aos Usuários

a. Tempo de viagem

Refere-se aos custos, dos usuários, normalmente referentes a viagens produtivas associadas aos passageiros e aos condutores de veículos próprios.

5.4.4.2. Benefícios

5.4.4.2.1. Classificação dos Benefícios

a. Diretos

São aqueles experimentados diretamente pelos usuários da rodovia.

Exemplo:

- Redução nos custos operacionais dos veículos.
- Redução do número de acidentes.
- Redução nas perdas de mercadorias.

b. Indiretos

São aqueles experimentados pelos não usuários da rodovia. Apresentam a mesma importância que os benefícios diretos, podendo mesmo superá-los, notadamente em regiões subdesenvolvidas.

Exemplo:

- Expansão do mercado
- Aumento do valor da terra

- Geração de empregos

5.4.4.2.2. Economias Unitárias

São advindas da redução dos custos operacionais dos veículos. São calculadas para cada espécie de tráfego.

a. Para o tráfego normal

A economia unitária é a diferença entre os custos operacionais de uma unidade de tráfego, na estrada em estudo nas condições, sem e com o investimento programado.

b. Para o tráfego desviado

A economia unitária é a diferença entre os custos operacionais de uma unidade de tráfego, na rota utilizada sem o investimento e na nova rota.

c. Para o tráfego gerado

A economia unitária é a metade da observada para o tráfego normal.

5.4.4.2.3. Economias Anuais

São resultantes do produto das economias unitárias, pelos fluxos anuais dos veículos.

5.4.4.2.4. Benefícios Totais

São resultantes do somatório de todos os benefícios anuais, considerado o período de vida útil do investimento.

5.4.4.3. Externalidades

As externalidades inerentes a um projeto refletem os efeitos dele sobre o exterior.

São atividades que envolvem a imposição involuntária de custos ou de benefícios, isto é, que têm efeitos positivos ou negativos sobre terceiros, sem que estes tenham oportunidade de impedi-los e sem que tenham a obrigação de pagá-los ou o direito de ser indenizados.

Quando os efeitos provocados pelas atividades são positivos, estas são designadas por externalidades positivas, ou benefícios, como, por exemplo, bens públicos como as infraestruturas viárias, a educação, a defesa e a segurança.

Quando os efeitos são negativos, designam-se por externalidades negativas, por exemplo, a poluição ambiental provocada pelas atividades económicas, os congestionamentos no trânsito, os acidentes, entre outros.

Custos	❖ Via	Estudos e Projetos	
		Construção	
		Manutenção	
		Operação	
❖ Veículos	Custos variáveis	<i>Ex: Combustível; Manutenção; Acidentes, etc.</i>	
	Custos fixos	<i>Ex: Salário do motorista; Depreciação do veículo; Licenciamento e taxa de seguro obrigatório; etc.)</i>	
❖ Usuário	Tempo de viagem		
Benefícios	❖ Classificação	Diretos	<i>Ex: Redução nos custos operacionais dos veículos; Redução do número de acidentes; Redução nas perdas de mercadorias.</i>
		Indiretos	<i>Ex: Expansão do mercado. Aumento no valor da terra. Geração de empregos.</i>
	❖ Economias Unitárias	Para o tráfego normal	
		Para o tráfego desviado	
		Para o tráfego gerado	
	❖ Economias Anuais		
❖ Benefícios Totais			
Externalidades	❖ Positivas	<i>Ex: bens públicos, a educação, a defesa e a segurança.</i>	
	❖ Negativas	<i>Ex: Poluição ambiental, Congestionamentos, acidentes, etc.</i>	

Tabela 5.1. Custos, Benefícios e Externalidades

5.4.5. Avaliação Econômica ou Financeira

5.4.5.1 Indicadores de Viabilidade

a. Critério do Valor Atual (VA), também chamado de Valor Presente Líquido (VPL)

$$VPL \text{ ou } VA = B - C$$

Onde:

Benefícios totais (B) = resultantes do somatório de todos os benefícios anuais, considerando-se o período de vida útil do investimento;

Custos totais (C) = resultantes do somatório de todos os custos anuais, considerando-se o período de vida útil do investimento.

Se **VPL** for positivo, o projeto será viável;

Se **VPL** for negativo, o projeto será inviável.

b. Critério da Relação (R) entre Benefícios e Custos

$$R = \frac{\text{Benefício}}{\text{Custo}} \left(\frac{B}{C} \right)$$

Se **R** for > 1, o projeto será viável;

Se **R** for <1, o projeto será inviável.

c. Taxa Interna de Retorno (TIR)

Trata-se de uma taxa percentual, que expressa a rentabilidade do empreendimento por período considerado no fluxo de caixa.

Para a análise da TIR é necessário compará-la com a taxa de juros (i) considerada para o projeto

- Se a TIR for maior ou igual a (i), o projeto é viável;
- E se a TIR for menor que (i), o projeto é inviável.

Outras considerações referentes aos Indicadores de Viabilidade são apresentadas no ANEXO J.

5.4.5.2. O uso da matemática financeira

Para a avaliação de projetos de transporte, é comum que se tenha que resolver fluxos de caixa onde os valores de custos e benefícios devam ser descontados (calculados) para uma mesma data.

Utiliza-se então conceitos da matemática financeira (**ANEXO K**), dentre os quais têm-se os apresentados a seguir.

Tabela de Transformação de Valores

Transformação		Fórmulas	
Dado	Achar		
P	F	$F = P * FAC(VU)$	$FAC(VU) = (1 + i)^n$
R		$F = R * FAC(SU)$	$FAC(SU) = \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right]$
F	P	$P = F * FVA(VU)$	$FVA(VU) = \frac{1}{(1 + i)^n}$
R		$P = R * FVA(SU)$	$FVA(SU) = \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{(1 + i)^n * i} \right]$
P	R	$R = P * FRC(SU)$	$FRC(SU) = \left[\frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right]$
F		$R = F * FFC(SU)$	$FFC(SU) = \left[\frac{i}{(1 + i)^n - 1} \right]$

Onde:

$P = \text{valor presente}$	$FAC(VU) = \text{Fator de Acumulação de Capital (Valor Único)}$
$F = \text{valor futuro}$	$FAC(SU) = \text{Fator de Acumulação de Capital (Série Uniforme)}$
$R = \text{série uniforme (valores iguais)}$	$FVA(VU) = \text{Fator de Valor Atual (Valor Único)}$
$i = \text{taxa de juros por período}$	$FVA(SU) = \text{Fator de Valor Atual (Série Uniforme)}$
$n = \text{número de períodos}$	$FRC(SU) = \text{Fator de Recuperação de Capital (Série Uniforme)}$
	$FFC(SU) = \text{Fator de Formação de Capital (Série Uniforme)}$

Fonte: Adaptado do Livro Engenharia Econômica, Hess; Marques; Paes; Puccini, por Amir Mattar Valente.

5.4.5.2.1. Fator de acumulação de capital para um valor único – FAC (VU)

Transforma um valor presente (P) num valor futuro (F).

$$FAC (VU) = (1 + i)^{(b-a)}$$

$$F = P * FAC (VU)$$

a = período corrente

b = Período para o qual os valores devem ser calculados (descontados)

Exemplo: Dado P achar F

Transformar R\$ 200.000,00 do ano atual (0) para ano futuro (1), a uma taxa de $i=10\%$ a.a

Período	Valor	
	P	F
0	200.000,00	----
1	----	?

Dados:

a = ano corrente = 0;

b = ano para o qual o valor deve ser calculado = 1

$i = 10\% a. a.$

$P(\text{valor presente}) = 200.000,00$

$F(\text{valor futuro a ser calculado}) = ?$

Cálculo:

$$F = P * FAC (VU)$$

$$F = 200.000,00 * (1 + 0,10)^{1-0}$$

$$F = 200.000,00 * 1,1$$

$$F = \mathbf{R\$ 220.000,00}$$

5.4.5.2.2. Fator de acumulação de capital para série uniforme – FAC (SU)

Transforma uma série de valores passados (R) iguais, num valor futuro (F).

$$F = R * \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right]$$

$$F = R * FAC (SU)$$

Exemplo: Dado R achar F

Considerando-se a previsão de receita de um empreendimento rodoviário igual a R\$ 300.000,00 para os próximos 10 anos (período de 1 a 10), qual será o montante no ano 10, considerando uma taxa $i = 5\%$ a.a.

Período	Valor	
	R	F
0	----	----
1	300.000,00	----
2	300.000,00	----
3	300.000,00	----
4	300.000,00	----
5	300.000,00	----
6	300.000,00	----
7	300.000,00	----
8	300.000,00	----
9	300.000,00	----
10	300.000,00	?

Dados:

$R = R\$ 300.000,00$

$n = 10$ períodos

$i = 5\%$ a. a.

$F = ?$

Cálculo:

$$F = R * FAC (SU)$$

$$F = 300.000,00 \left[\frac{(1 + 0,05)^{10} - 1}{0,05} \right]$$

$$F = 300.000,00 * 12,577$$

$$F = \mathbf{R\$ 3.773.100,00}$$

5.4.5.2.3. Fator de valor atual para um valor único – FVA (VU)

Transforma um valor futuro (F) num valor presente (P).

$$FVA (VU) = \frac{1}{(1 + i)^{(a-b)}}$$

$$P = F * FVA (VU)$$

a = período corrente

b = período para o qual o valor deve ser calculado (descontado)

Exemplo: Dado F achar P

Transformar R\$ 100.000,00 do ano futuro (1) para o ano atual (0), a uma taxa de $i=10\%$ ao ano.

	Valor	
Período	F	P
0	----	?
1	100.000,00	----

Dados:

a = ano corrente = 1;

b = ano para o qual o valor deve ser calculado = 0

$i = 10\% a. a.$

F (valor corrente) = 100.000,00

P (valor presente a ser calculado) = ?

Cálculo:

$$P = F * FVA (VU)$$

$$P = 100.000,00 * \frac{1}{(1 + 0,1)^{1-0}}$$

$$P = \frac{100.000,00}{1,1}$$

$$P = R\$ 90.909,09$$

5.4.5.2.4. Fator de valor atual para série uniforme – FVA (SU)

Transforma uma série (R) de valores futuros iguais, num valor presente (P).

$$FVA(SU) = \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{(1 + i)^n * i} \right]$$

$$P = R * FVA (SU)$$

Exemplo: Dado R achar P

Qual o valor presente (período 0) equivalente a 10 valores anuais (período 1 a 10) de R\$ 200.000,00, sabendo-se que a taxa de juros é de 5% a.a.?

Período	Valor	
	R	P
0	----	?
1	200.000,00	----
2	200.000,00	----
3	200.000,00	----
4	200.000,00	----
5	200.000,00	----
6	200.000,00	----
7	200.000,00	----
8	200.000,00	----
9	200.000,00	----
10	200.000,00	----

Dados:

$$R = R\$ 200.000,00$$

$n = 10$ períodos (anos de 1 a 10)

$$i = 5\% \text{ a. a.}$$

$$P = ?$$

Cálculo:

$$P = R * FVA (SU)$$

$$P = 200.000,00 * \left[\frac{(1 + 0,05)^{10} - 1}{0,05(1 + 0,05)^{10}} \right]$$

$$P = 200.000,00 * 7,7217$$

$$P = \mathbf{R\$ 1.544.340,00}$$

5.4.5.2.5. Fator de Recuperação de Capital para Série Uniforme – FRC (SU)

Transforma um valor presente (P) numa série uniforme (R).

$$FRC(SU) = \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$R = P * FRC (SU)$$

Exemplo: Dado P achar R

Determinar a série uniforme (R) (período 1 a 10), equivalente ao valor presente (P) igual a R\$ 500.000,00, sabendo-se que a taxa $i=5\%$ a.a.

Período	Valor	
	P	R
0	500.000,00	----
1	----	?
2	----	?
3	----	?
4	----	?
5	----	?
6	----	?
7	----	?

8	----	?
9	----	?
10	----	?

Dados:

$$P = R\$ 500.000,00$$

$n = 10$ períodos (anos de 1 a 10)

$$i = 5\% \text{ a. a.}$$

$$R = ?$$

Cálculo:

$$R = P * FRC (SU)$$

$$R = 500.000,00 * \left[\frac{0,05 * (1 + 0,05)^{10}}{(1 + 0,05)^{10} - 1} \right]$$

$$R = 500.000,00 * 0,1295$$

$$R = R\$ 64.750,00$$

5.4.5.2.6. Fator de Formação de Capital para Série Uniforme – FFC (SU)

Transforma um valor futuro (F) numa série uniforme (R).

$$FFC (SU) = \left[\frac{i}{(1 + i)^n - 1} \right]$$

$$R = F * FFC (SU)$$

Exemplo: Dado F achar R

Determinar a série uniforme (R) capaz de formar o montante (F) igual a R\$ 800.000,00, no décimo ano (n = 10), a uma taxa de 5% a.a.

Período	Valor	
	F	R
0	----	----
1	----	?
2	----	?
3	----	?
4	----	?
5	----	?
6	----	?
7	----	?
8	----	?
9	----	?
10	800.000,00	?

Dados:

$$F = R\$ 800.000,00$$

$$n = 10 \text{ períodos (anos de 1 a 10)}$$

$$i = 5\% \text{ a. a.}$$

$$R = ?$$

Cálculo:

$$R = F * FFC (SU)$$

$$R = 800.000,00 * \left[\frac{0,05}{(1 + 0,05)^{10} - 1} \right]$$

$$R = 800.000,00 * 0,0795$$

$$R = R\$ 63.600,00$$

5.5. EXEMPLOS DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE UM PROJETO RODOVIÁRIO

5.5.1. Exemplo 1

Estudar, mediante aplicação de critérios de rentabilidade econômica Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício/Custo (B/C), Taxa Interna de Retorno (TIR), a viabilidade de se executar obras de melhoramentos, retificação e pavimentação de um trecho rodoviário existente. Calcular (descontar) os indicadores para o ano de construção (ano 1).

Levantamentos efetuados informam o seguinte:

- a) A obra deverá ser iniciada em princípio do “Ano 1” e concluída no final deste mesmo ano. Seu custo é de 7.500.000,00 UM (Unidades Monetárias);
- b) A vida útil do empreendimento é de 10 anos;
- c) Estima-se que, com a realização da obra, ter-se-á um acréscimo de 100.000,00 UM nos custos anuais de conservação;
- d) Quanto ao custo de oportunidade do capital (i), considerar duas situações:
 - a) $i = 10\%$
 - b) $i = 15\%$;
- e) Contagem realizada informa que o tráfego médio diário anual no “Ano 0” foi de 450 veículos;
- f) Admite-se que a CTv (Composição do Tráfego por tipo de veículo) permaneça sendo a seguinte, em termos percentuais:

Veículo	CTv (%)
Automóveis	50
Ônibus	5
Caminhões Médios	20
Caminhões Pesados	15
Semirreboques	10

- g) Nos últimos anos, o tráfego no trecho vem crescendo a uma taxa de 4% a.a. e estima-se que, durante a vida útil do empreendimento, tal taxa seja mantida;
- h) Uma análise da evolução do tráfego registrada em regiões similares, onde investimentos rodoviários semelhantes foram realizados, permite prever que o

tráfego gerado no primeiro ano da rodovia será equivalente a 20% do tráfego normal, previsto para o respectivo ano.

Este tráfego gerado também passará a crescer normalmente, a taxa de 4% a.a.;

- i) Estima-se que a realização da obra não provocará o surgimento de tráfego desviado;
- j) Segundo a análise do cadastro da situação atual e do projeto da obra, a RCO (Redução do Custo Operacional) (UM) será a seguinte:

Veículo	RCO (UM)
Automóveis	3,20
Ônibus	5,10
Caminhões Médios	7,20
Caminhões Pesados	8,80
Semirreboques	15,50

- k) Considerar como benefícios diretos somente os resultados da redução de custo operacional dos veículos.

Resolução

5.5.1.1. Tráfego médio diário anual (TMDA) futuro

$$TMDA_a = TMDA_{Ano 0} * 1,04^{(a-Ano 0)}$$

TMDA_a = Tráfego médio diário anual, no ano a.

Ano	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
TMDA Normal	450	468	487	506	526	547
TMDA Gerado			97	101	105	109
TMDA Total	450	468	584	607	631	656

Ano 1 = Ano de construção

Ano	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11
TMDA Normal	569	592	616	640	666	693
TMDA Gerado	113	118	123	128	133	138
TMDA Total	682	710	739	768	799	831

5.5.1.2. Benefício proveniente da redução do custo operacional (BOP) para o veículo v, no ano a

$$BOP_{V,a} = 365 * TMDA_{V,a} * CT_V * RCO_V + 365 * TMDA_{Gerado} * CT_V * RCO_V / 2$$

$$BOP_{automóvel, Ano2} = 365 * 487 * 50/100 * 3,20 + 365 * 97 * 50/100 * 3,20/2 = 312.732,00 \text{ UM}$$

$$BOP_{ônibus, Ano2} = 365 * 487 * 5/100 * 5,10 + 365 * 97 * 5/100 * 5,10/2 = 49.842,00 \text{ UM}$$

$$BOP_{c. médio, Ano2} = 365 * 487 * 20/100 * 7,20 + 365 * 97 * 20/100 * 7,20/2 = 281.459,00 \text{ UM}$$

$$BOP_{c. pesado, Ano2} = 365 * 487 * 15/100 * 8,80 + 365 * 97 * 15/100 * 8,80/2 = 258.004,00 \text{ UM}$$

$$BOP_{s. reboque, Ano2} = 365 * 487 * 10/100 * 15,50 + 365 * 97 * 10/100 * 15,50/2 = 302.959,00 \text{ UM}$$

$$BOP_{total, Ano2} = 312.732,00 + 49.842,00 + 281.459,00 + 258.004,00 + 302.959,00 = 1.204.996,00$$

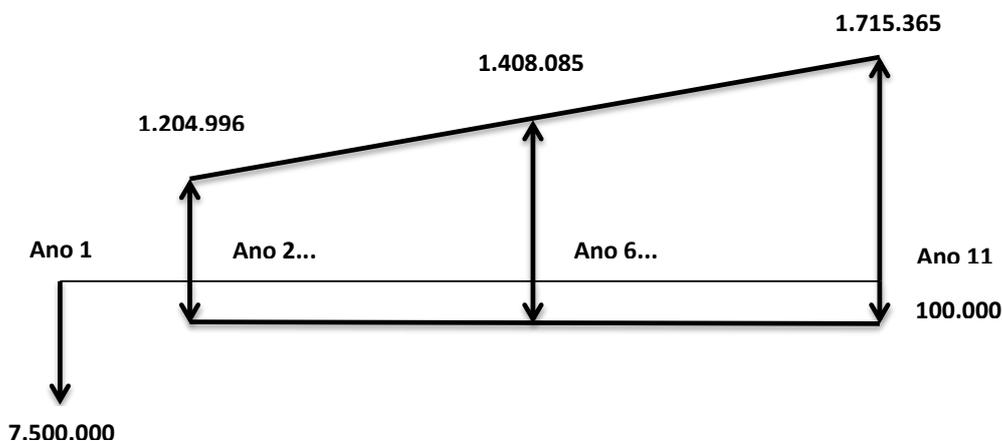
O mesmo procedimento é adotado para o cálculo dos outros anos.

Ano	Benefícios					
	Automóvel	Ônibus	C. Médio	C. Pesado	Semir-reboque	Total
Ano 2	312.732	49.842	281.459	258.004	302.959	1.204.996
Ano 3	324.996	51.796	293.002	268.122	314.840	1.252.756
Ano 4	337.844	53.844	304.586	278.721	327.286	1.302.281
Ano 5	351.276	55.985	316.695	289.303	340.299	1.353.558
Ano 6	365.292	58.218	329.332	301.366	353.877	1.408.085
Ano 7	380.184	60.592	342.758	313.652	368.303	1.465.489
Ano 8	395.660	63.058	356.710	326.420	383.296	1.525.144
Ano 9	411.136	65.525	370.662	339.187	398.288	1.584.798
Ano 10	427.780	68.177	385.668	352.919	414.412	1.648.956
Ano 11	445.008	70.923	401.200	367.132	431.102	1.715.365
Total	3.751.908	597.960	3.382.072	3.094.826	3.634.662	14.461.428

5.5.1.3. Fluxo de caixa do empreendimento

De acordo com os cálculos realizados, tem-se o seguinte quadro de custos e benefícios:

Ano	Custos		Benefícios
	Construção	Conservação	
Ano 1	7.500.000		
Ano 2		100.000	1.204.996
Ano 3		100.000	1.252.756
Ano 4		100.000	1.302.281
Ano 5		100.000	1.353.558
Ano 6		100.000	1.408.085
Ano 7		100.000	1.465.489
Ano 8		100.000	1.525.144
Ano 9		100.000	1.584.798
Ano 10		100.000	1.648.956
Ano 11		100.000	1.715.365
Σ	7.500.000	1.000.000	14.461.428



Dado que eles ocorrem em anos diferentes, torna-se necessário reduzi-los a uma base de tempo comum, segundo o custo de oportunidade do capital (i).

Utiliza-se então os conceitos de Fator de Acumulação de Capital (FAC) e de Fator de Valor Atual (FVA), conforme vistos anteriormente.

Aplicando-se tais procedimentos ao exemplo de avaliação econômica em estudo, tem-se:

- **FVA (de valor futuro para valor atual)**

a) $i = 10\%$ b) $i = 15\%$

$$\frac{100.000}{1,1^1} = 90.909,09 \quad \frac{100.000}{1,15^1} = 86.957,00$$

O mesmo procedimento é adotado para os cálculos dos outros anos.

Ano	Custos		Benefícios	a) $i = 10\%$		b) $i = 15\%$	
	Construção	Conservação		Custos	Benefícios	Custos	Benefícios
Ano 1	7.500.000			7.500.000		7.500.000	
Ano 2		100.000	1.204.996	90.909	1.095.451	86.957	1.047.823
Ano 3		100.000	1.252.756	82.645	1.035.336	75.614	947.264
Ano 4		100.000	1.302.281	75.131	978.423	65.752	856.271
Ano 5		100.000	1.353.558	68.301	924.498	57.175	773.901
Ano 6		100.000	1.408.085	62.092	874.310	49.718	700.067
Ano 7		100.000	1.465.489	56.447	827.230	43.233	633.571
Ano 8		100.000	1.525.144	51.316	782.640	37.594	573.358
Ano 9		100.000	1.584.798	46.651	739.320	32.690	518.073
Ano 10		100.000	1.648.956	42.410	699.318	28.426	468.736
Ano 11		100.000	1.715.365	38.554	661.347	24.718	424.012
Σ	7.500.000	1.000.000	14.461.428	8.114.457	8.617.873	8.001.877	6.943.076

5.5.1.4. Avaliação

A título de ilustração, calculando-se o Custo de Conservação para o ano 1 ($CCS_{(1)}$) como uma série uniforme (SU), tem-se:

a) **Para $i = 10\%$; $n = 10$; $R = R\$ 100.000,00$, o custo total de conservação é de:**

$$P = R * FVA(SU)$$

$$FVA(SU) = \left[\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^{n*i}} \right]$$

$$P = 100.000,00 * 6,144567106$$

$$FVA(SU) = \left[\frac{(1+0,10)^{10} - 1}{(1+0,10)^{10*0,10}} \right]$$

$$P = 614.456,71$$

$$FVA(SU) = \left[\frac{1,59374246}{0,259374246} \right]$$

$$FVA(SU) = 6,144567106$$

b) Para $i = 15\%$; $n = 10$; $R = R\$ 100.000,00$, o custo total de conservação é de:

$$P = R * FVA(SU) \qquad FVA(SU) = \left[\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n * i} \right]$$

$$P = 100.000,00 * 5,018768629 \qquad FVA(SU) = \left[\frac{(1+0,15)^{10} - 1}{(1+0,15)^{10} * 0,15} \right]$$

$$P = 501.876,86 \qquad FVA(SU) = \left[\frac{3,045557736}{0,60683366} \right]$$

$$FVA(SU) = 5,078768629$$

a. Critério do valor atual (VA)

a.1. Considerando $i=10\%$ a.a.

$$VA = 8.617.873 - 8.114.457$$

$$VA = 503.416 \text{ UM} > 0 \rightarrow \text{viável}$$

a.2. Considerando $i=15\%$ a.a.

$$VA = 6.943.076 - 8.001.877$$

$$VA = - 1.058.801 \text{ UM} < 0 \rightarrow \text{inviável}$$

b. Critério da relação benefício/custo (R)

$$\text{b.1. } R = \frac{8.617.873}{8.114.457} = 1,06$$

$$R > 1 \rightarrow \text{viável}$$

$$\text{b.2. } R = \frac{6.943.076}{8.001.877} = 0,87$$

$$R < 1 \rightarrow \text{inviável}$$

c. Critério da taxa interna de retorno (TIR)

A TIR deve ser comparada ao custo de oportunidade do capital para os casos a) e b).

TIR = ?

$i = 10\% \rightarrow VA = 503.416 \text{ UM}$

$i = 15\% \rightarrow VA = -1.058.801 \text{ UM}$

$i = \text{TIR} \rightarrow VA = 0$

$$\begin{cases} 15 - 10 \rightarrow -1.058.801 - 503.416 \\ \text{TIR} - 10 \rightarrow 0 - 503.416 \end{cases}$$

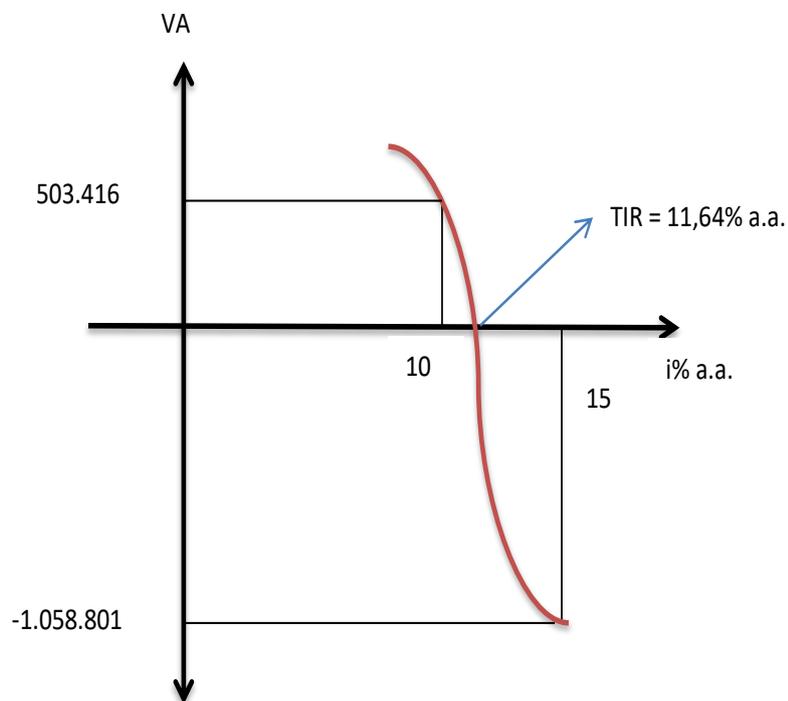
$$\begin{cases} 5 \rightarrow -1.562.217 \\ (\text{TIR} - 10) \rightarrow -503.416 \end{cases}$$

TIR = 11,64%

a) $i = 10\%$ b) $i = 15\%$

TIR > $i \rightarrow$ viável

IR < $i \rightarrow$ inviável



5.5.2. Exemplo 2

Uma empresa de engenharia estuda a possibilidade de apresentar proposta para assumir concessão de uma rodovia, cuja previsão de receitas e custos é a seguinte:

ANO	CUSTOS (x 1.000)	RECEITAS (x 1.000)
0	35.000	?
1	---	5.000
2	---	5.000
3	---	5.000
4	---	5.000
5	---	5.000
6	---	5.000
7	---	5.000
8	---	5.000
9	---	5.000
10	---	5.000
11	---	5.000
12	---	5.000
13	---	5.000
14	---	5.000
15	---	5.000
16	---	5.000
17	---	5.000
18	---	5.000
19	---	5.000
20	---	5.000

Verificar a rentabilidade do empreendimento segundo o VA (Valor Atual), considerando-se ainda uma taxa de juros (i) = 12% a.a. Os valores devem ser descontados (calculados) para o ano 0.

Dados:

$n = 20$ períodos

$\text{Custo}_{(\text{ano } 0)} = \text{R\$ } 35.000.000,00$

$\text{Receita por ano}_{(1 \text{ a } 20 \text{ anos})} = \text{R\$ } 5.000.000,00$

$i = 12\% \text{ a. a.}$

Resolução

5.5.2.1. Cálculo da Receita (ano 0)

$$Receita_{(ano\ 0)} = Receita\ anual_{(ano\ 1\ a\ ano\ 20)} * FVA(SU)$$

$$FVA(SU) = \frac{(1 + i)^n - 1}{(1 + i)^n * i}$$

$$FVA(SU) = \left[\frac{(1 + 0,12)^{20} - 1}{0,12(1 + 0,12)^{20}} \right]$$

$$FVA(SU) = 7,4694$$

$$Receita_{(ano\ 0)} = 5.000.000,00 * 7,4694$$

$$Receita_{(ano\ 0)} = R\$ 37.347.000,00$$

5.5.2.2 – Cálculo da Rentabilidade (ano 0)

$$VA_{(ano\ 0)} = Receita_{(ano\ 0)} - Custo\ total_{(ano\ 0)}$$

$$VA_{(ano\ 0)} = 37.347.000,00 - 35.000.000,00$$

$$VA_{(ano\ 0)} = R\$ 2.347.000,00$$

Para VA positivo, considera-se que o projeto é viável.

5.6. EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Apresenta-se dois exercícios, cujas resoluções estão descritas no **ANEXO L** desta Apostila.

5.6.1. Exercício 1

Estudar, mediante aplicação de critérios de rentabilidade econômica (VA, B/C, TIR), a viabilidade de se executar obras de restauração de um trecho rodoviário existente. Calcular os indicadores de rentabilidade para o último ano do fluxo de caixa.

Levantamentos efetuados informam o seguinte:

- a) A obra deverá ser iniciada em princípio do “Ano 1” e concluída no final deste mesmo ano. Seu custo é de 20.000.000,00 UM;
- b) A vida útil do empreendimento é de dez anos;
- c) Estima-se que, com a realização da obra, não haverá alteração nos custos anuais de conservação;
- d) Quanto ao custo de oportunidade do capital (i), considerar duas situações:
 - a) $i = 9\%$
 - b) $i = 12\%$
- e) Admite-se que a composição do tráfego por tipo de veículo (CTv) permaneça sendo a seguinte, em termos percentuais:

Veículo	CTv (%)
Automóveis	60
Ônibus	3
Caminhões Médios	12
Caminhões Pesados	15
Semirreboques	10

- f) Contagem realizada informa que o tráfego médio diário anual no “Ano atual” (ano que antecede o custo de construção (1)) foi de 2.000 veículos;
- g) Nos últimos anos, o tráfego no trecho vem crescendo a uma taxa de 2,5% a.a. e estima-se que, durante a vida útil do empreendimento, tal taxa seja mantida;
- h) Segundo as previsões, não haverá tráfego gerado e nem desviado.
- i) Segundo a análise do cadastro da situação atual e do projeto da obra, a redução do custo operacional (UM) será a seguinte:

Veículo	RCO (UM)
Automóveis	2,0
Ônibus	3,0
Caminhões Médios	5,0
Caminhões Pesados	7,0
Semirreboques	10,0

- j) Considerar, como benefícios diretos, somente os resultados da redução de custo operacional dos veículos.

5.6.2. Exercício 2

Em um estudo de concessão de um determinado trecho de rodovia está prevista a seguinte cobrança de tarifa (pedágio) por veículo:

Automóvel (dois eixos) = 3,00 UM (Unidades Monetárias)

Caminhão (três eixos) = 9,00 UM (Unidades Monetárias)

Motos = 1,00 UM (Unidades Monetárias)

Levantamentos efetuados informam o seguinte:

- k) Sabe-se através de contagem realizada que o volume de tráfego (TMDA) para o “Ano 0” é de 8.200 automóveis por dia, de 2.500 caminhões por dia e 330 motos por dia;
- l) O início da concessão está previsto para o “Ano 2”;
- m) O prazo da concessão é de dez anos;
- n) As taxas geométricas de crescimento anual desses volumes de tráfego são de 4,8% ao ano para automóveis (dois eixos), 3,9% ao ano para caminhões (três eixos) e 4,0% ao ano para motos;
- o) Custo de oportunidade de capital igual a $i=13%$ ao ano.

Calcular qual será a receita total da concessionária relativa ao empreendimento, no prazo citado, oriunda do fluxo de automóveis (dois eixos), caminhões (três eixos) e motos, em valores descontados (calculados) para o “Ano 8”.

CAPÍTULO 6. COORDENAÇÃO DAS MODALIDADES DE TRANSPORTES

Introdução

Cada meio de transporte possui características próprias que o tornam mais adequado que os outros, sob determinadas circunstâncias.

A coordenação dos transportes é um procedimento através do qual se procura aproveitar melhor as qualidades das diversas modalidades, de forma a aperfeiçoar técnica e economicamente os deslocamentos de pessoas e bens.



6.1. RELACIONAMENTO ENTRE AS MODALIDADES DE TRANSPORTE

Quanto ao relacionamento, elas podem ser:

- Complementares

Quando os serviços não podem ser realizados por apenas um meio (transporte intermodal).

Exemplo: Para a exportação de grãos para a Europa, são necessárias pelo menos duas modalidades de transporte.

- Substitutivas

O uso de uma modalidade dispensa o uso de outra.

Exemplo: Viajar de avião em vez de usar o ônibus rodoviário.

Jornada da soja que sai do município de Sorriso (MT) até o Porto de Xangai (China):

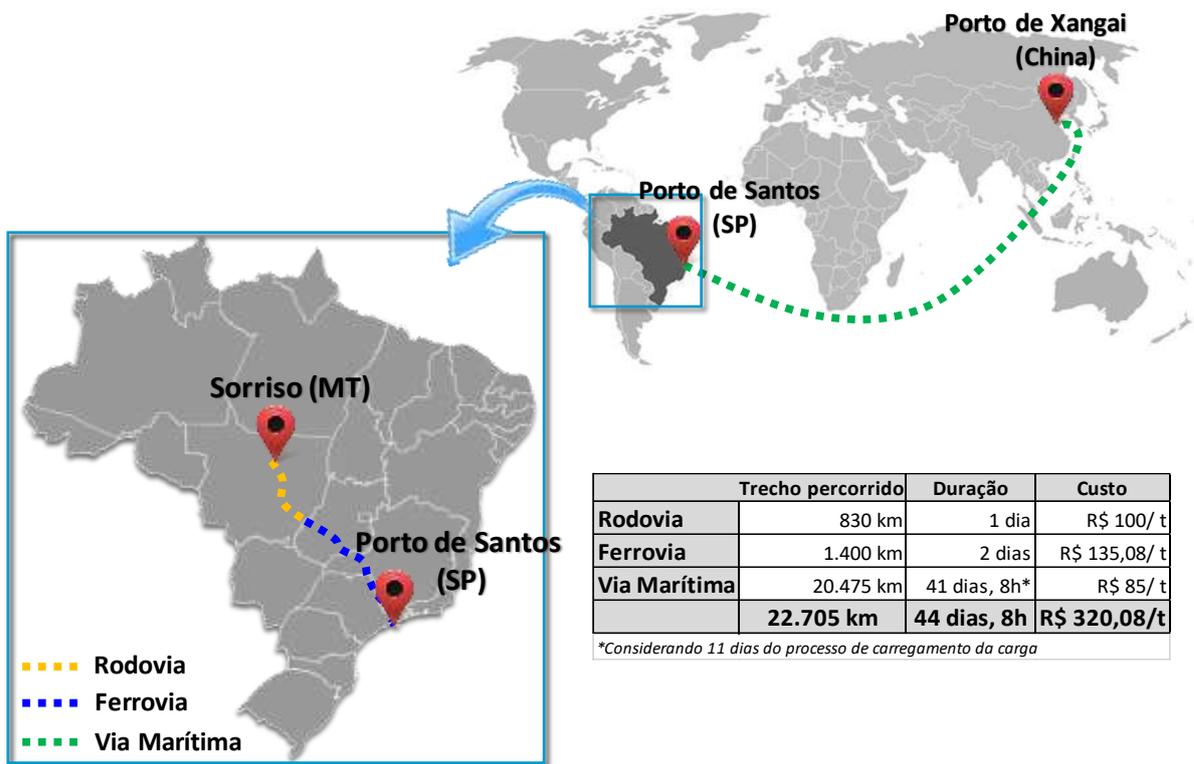


Figura 6.1. Utilização de Modais de Transportes no caminho da soja

Fonte: Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (Imea)

6.2. PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUENCIAM O USUÁRIO NA ESCOLHA DO MEIO DE TRANSPORTE

a. Flexibilidade

Refere-se à aptidão do meio de transporte em oferecer alternativas que podem ser relativas a rotas, tipo, tonelagem e volume da carga, frequência de viagens.

Exemplo: dada a alta densidade da malha viária e a pequena dimensão dos veículos, o transporte rodoviário é mais flexível que o ferroviário em relação às rotas, mas perde para este no que se refere ao peso das cargas.

b. Tempo de Viagem

Deve ser considerado desde a origem até o destino da viagem, incluindo-se tempo de deslocamento, tempo de espera em pontos de transbordo.

b. Custo

Engloba não somente o custo da viagem, mas também aqueles relativos ao uso do terminal, seguros.

c. Confiabilidade

Está relacionada com o cumprimento de horários, ocorrência de perdas, avarias, roubos.

d. Conforto

Depende de fatores tais como: ambiente físico (veículo, via, terminal), lotação, serviço oferecido pela empresa transportadora.

e. Segurança

Está relacionada com a possibilidade de ocorrência de acidentes.

6.3. QUALIDADE DE UM SISTEMA DE TRANSPORTE

Pode-se definir **Qualidade** como um atributo que caracteriza a conformidade do serviço prestado em relação a exigência do usuário, ou seja, retrata a percepção do usuário em relação ao serviço por ele recebido; não está relacionado a custo e preço, mas ao atendimento das expectativas e necessidades do cliente.

6.4. TERMINAIS

6.4.1. Conceituação

São pontos extremos ou intermediários (de transbordo) de um determinado deslocamento, onde se realizam operações de embarque, desembarque ou transferência de cargas ou pessoas, dentro de uma mesma modalidade de transporte ou de uma modalidade para outra.

6.4.2. Importância

São elementos de destacada importância na coordenação dos transportes. O desempenho de um sistema multimodal depende do desempenho dos terminais. Para uma boa *performance*, é necessário que os terminais sejam projetados e equipados adequadamente.

6.4.3. Tipos de serviços

- ❖ **Passageiros:** urbano, intermunicipal, interestadual, internacional.
- ❖ **Cargas:** carga geral, granéis, encomendas.



Figura 6.2. Terminal de Integração de Passageiros (Florianópolis/SC)

Fonte: <http://www.mobfloriapa.com.br/>



Figura 6.3. Terminal Dutoviário (Barueri/SP)

Fonte: <http://www.petrobras.com.br/>

6.4.4. Capacidade

- ❖ **Estática** - corresponde ao número máximo de elementos que o terminal pode atender simultaneamente. Tais elementos podem ser veículos, cargas, passageiros.
- ❖ **Dinâmica** - corresponde à quantidade máxima de elementos que um terminal pode atender num determinado intervalo de tempo. Utiliza medidas de fluxo.

Ex.: passageiros/dia, toneladas/ano.



Figura 6.4. Novo aeroporto (Florianópolis, SC)

Fonte: <https://floripa-airport.com/novo-terminal.html>

- Dois andares, um para embarque e outro para desembarque.
- 10 *fingers* para conectar passageiros e aeronaves.
- O estacionamento contempla 2.580 vagas.
- Área comercial: aproximadamente 4.000 metros quadrados (+ 50 estabelecimentos comerciais)
 - Check-in: número de guichês - 45 posições
 - Esteiras de restituição de bagagem: 8, sendo 2 internacionais, 5 domésticas e 1 reversível
 - Portões de embarque: 13 portões de embarque, sendo 2 internacionais e 11 domésticos.

6.4.5. Tipos de Terminais de Cargas

- a) Centro de Serviços:** centro rodoviário com serviços de apoio a transportadoras, motoristas e veículos, com áreas de serviços especializados e capacidade para funcionar como “central de frete”; Podem ser muito úteis para adequar as operações de transportes à Lei que dispõe sobre o exercício da profissão de motorista (Lei nº 13.103, de 02 de março de 2015);
- b) Centro Logístico:** funções adicionais a Centro de Serviços (intermodal ou não), armazenagem e distribuição, agregação de valor a produtos específicos e centro rodoviário para distribuição de carga urbana;
- c) Plataforma Logística:** Centro Logístico Multimodal devendo incluir um porto ou aeroporto, possuir potencial para agregação de valor para produtos específicos, prover serviços aduaneiros e outros serviços; com possibilidades de prover uma infraestrutura tecnológica para integração de informações logísticas.



Figura 6.5. Terminal Portuário São Francisco do Sul – Integração entre modais
 Fonte: Departamento de Transportes dos Estados Unidos /
 Adaptado por: Eng. Civil Flávia Roberta Beppler

- d) Recinto Especial para Despacho Aduaneiro de Exportação (REDEX):** Trata-se de uma área destinada a mercadorias que aguardam o seu Desembaraço Aduaneiro de Exportação, este Recinto proporciona agilidade ao trâmite burocrático da fiscalização e menores custos ao exportador.

FLUXO OPERACIONAL DO REDEX

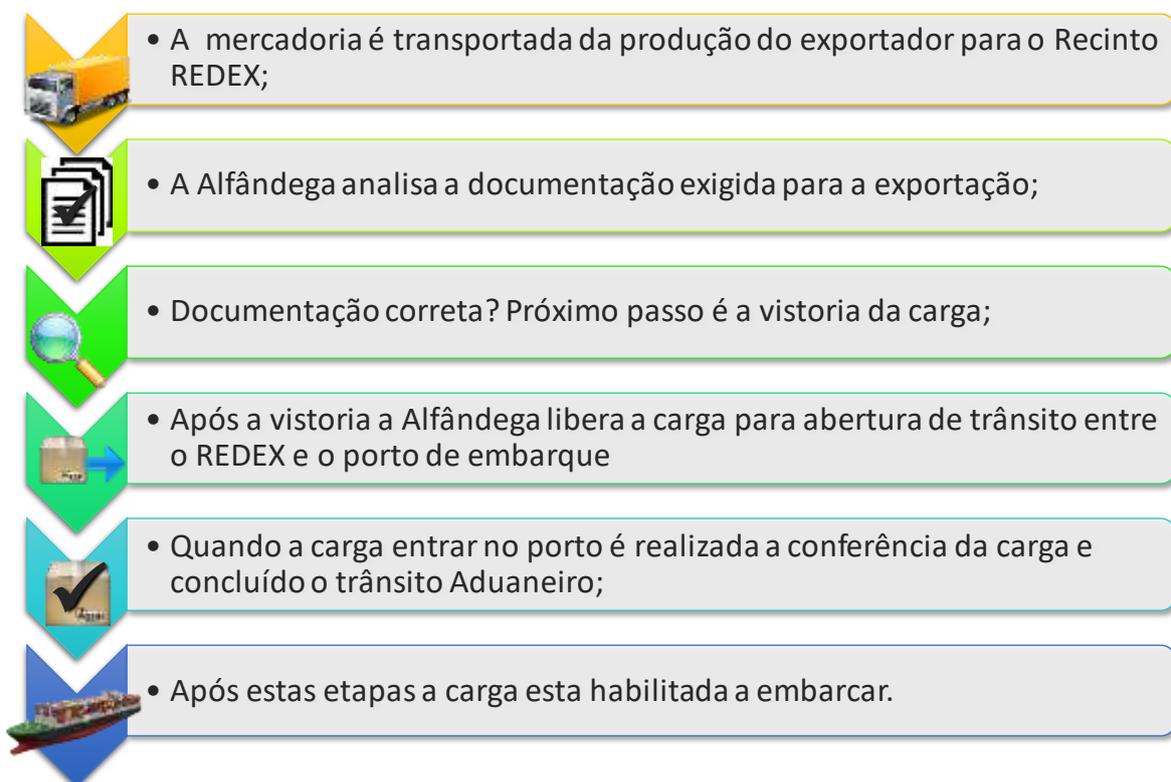


Figura 6.6. Fluxo Operacional REDEX
 Fonte: http://www.centronorte.com.br/imagens/REDEX_conceitos.pdf

e) Estação Aduaneira Interior – EADI ou Porto Seco ou Dry Port

Recinto alfandegado secundário, de uso público, implantado em regiões estratégicas do País (geralmente no interior), com o intuito de descongestionar as zonas primárias (Portos, Aeroportos e Fronteiras), utilizado para armazenagem de carga em regime de importação e/ou exportação, até seu efetivo desembarço pelos órgãos anuentes. Pode também ser chamado de Porto Seco ou ainda Dry Port.

f) Centros Logísticos e Industriais Aduaneiros - CLIAS

Trata-se de armazéns alfandegados onde se realizam os procedimentos de desembarço aduaneiro na importação e exportação de mercadorias, não estando localizados nas zonas de portos e aeroportos (zonas primárias).

Proporciona aos importadores, exportadores e empresas industriais atuantes no comércio exterior, uma infraestrutura logística e operacional, além do desenvolvimento de atividades industriais franqueadas pela Legislação Aduaneira, as quais são alcançáveis através dos Regimes Aduaneiros Especiais.



Figura 6.7. Estação Aduaneira de Uruguiana

Fonte: <http://www.noma.com.br/VisualizarNoticia.aspx?Id=906>

6.4.6. Classificação dos Terminais de Cargas quanto ao Uso

Conforme o uso dos terminais, eles podem ser classificados por:

a) Serviços Logísticos

- ❖ **Movimentação e arranjo das cargas:** descarregamento, ruptura de carga (*picking*), reagrupamento (*packing*), armazenagem, carregamento, despacho de mercadorias;
- ❖ **Acabamento de produção:** Além da movimentação e arranjo, também faz acabamento de produção, como por exemplo, etiquetagem, embalagem empacotamento.

b) Modalidade de Transporte

- ❖ **Unimodal:** Refere-se a um modo de transporte
- ❖ **Intermodal:** atendimento a fluxos de dois ou mais modos, com conhecimento de carga para cada modalidade;
- ❖ **Multimodal:** atendimento a fluxos de dois ou mais modos, com um único conhecimento de carga.

c) Tipo de Carga

- ❖ **Especializado:** opera com um tipo específico de carga;
- ❖ **Não Especializado:** opera com diversos tipos de cargas.

d) Finalidade

- ❖ **Concentrador de Produção:** concentra cargas nas regiões produtoras ou geradoras de carga;
- ❖ **Beneficiador:** com atividades de beneficiamento da mercadoria, agregando-lhe valor;
- ❖ **Regulador:** armazena cargas para homogeneizar ou regular fluxos de transporte;

6.5. EQUIPAMENTOS ÚTEIS NA COORDENAÇÃO DE TRANSPORTES

6.5.1 – Para Cargas Unitizadas

São constituídas de materiais diversos, sejam eles embalados ou não, arranjados e acondicionados, de modo a possibilitar a movimentação e a estocagem, por meios mecanizados, como uma única unidade de carga, em um meio de transporte, entre uma origem e um destino. Dentre os vários equipamentos existentes para unitização de cargas, destacamos os principais:

6.5.1.1. Cofres de Carga (Contêineres)

São recipientes destinados a transportar mercadorias utilizando determinado meio de transporte.

6.5.1.2 - Vantagens em relação à carga geral

- ❖ Melhor utilização do espaço destinado à carga.
- ❖ Simplificação nas operações de carga e descarga, reduzindo a mão-de-obra.
- ❖ Aumento da produtividade dos transportes.
- ❖ Redução do tempo de carga e descarga.
- ❖ Redução dos custos de transporte.
- ❖ Redução da ocorrência de perdas e roubo.
- ❖ Facilidade no uso integrado dos diversos meios de transporte.

6.5.1.3 Elementos necessários a uma boa operação com contêineres

- ❖ Existência de alto volume de carga nos dois sentidos.
- ❖ Terminais e/ou embarcações com equipamentos adequados (operações “*lift-on*”, “*lift-off*”).
- ❖ Veículos especialmente projetados ou adaptados para este tipo de transporte.

6.5.1.4 Tipos de contêineres

Podem ser classificados por tamanhos e tipos de utilização.

O tamanho padrão de contêiner intermodal de 20 pés é chamado por **TEU (*Twenty Foot Equivalent Unit*)**. Normalmente o contêiner tem dimensão de (em pés): 20x8x8 ou 40x8x8.

6.5.1.5 Quanto ao tamanho

- ❖ **20 pés** – 8x8x20 ft. – Utilizado para qualquer carga seca normal, como bolsas, paletes, caixas, tambores. Capacidade: 33 m³ (aproximadamente 24 toneladas).
- ❖ **40 pés** – 8x8x40ft. – Para as mesmas cargas que o de 20 pés, porém é o tamanho mais utilizado, por caber em uma carreta. Capacidade: 67 m³ (aproximadamente 30 toneladas).



Figura 6.8. Contêiner de 40 e 20 pés

Fonte: www.aquaairerprises.com/dry-van-container

6.5.1.6 Quanto à utilização

- ❖ **Dry-Box** - O primeiro a ser criado. Usado para cargas secas gerais como alimentos, roupas, móveis. Capacidade: 22 toneladas.



Figura 6.9. Contêiner Dry-box

Fonte: <http://seabox.com/products/category/40-foot-dry-freight-containers>

- ❖ **Ventilado** – Equipado com portas ventiladas e muito utilizadas para cargas que requerem proteção contra avaria de condensação, como cacau, cebola, alho, fumo, café, entre outros. Seus ventiladores aspiram o ar fresco e expõem o ar saturado. Capacidade: aproximadamente 26 toneladas.



Figura 6.10. Contêiner Ventilado

Fonte: <http://jmlogistic.net.com.br>

- ❖ **Bulk (Graneleiro)** – Fechado em quase sua totalidade, com aberturas apenas no topo. Usado para transporte de cargas como produtos agrícolas. Capacidade: 37,5 m³.



Figura 6.11. Bulk (Graneleiro)

Fonte: <http://jmlogistic.net.com.br>

- ❖ **Open Top** – Sem teto ou com uma tampa de abertura no teto. Utilizado para transportar cargas com dificuldades de entrar pela porta dos fundos, por conta de sua altura. Neles são transportadas máquinas para construção, barcos, vidro, tora de madeira. Capacidade: aproximadamente 22 toneladas.



Figura 6.12. Open Top

Fonte: <https://blog.conexos.com.br/quais-sao-os-tipos-de-containers/>

- ❖ **Open Side** – Sem uma parede lateral, ou com abertura para as mesmas, adequado para aquelas cargas que excedam a sua largura. Transportam peças grandes como máquinas, granito, madeira. Capacidade: 33,28 m³.



Figura 6.13. Open Side

Fonte: <https://www.portablespace.co.uk/product/20ft-open-sided-container-for-hire>

- ❖ **Refrigerado ou Reefer** – Possui encaixe para gerador de energia, chão de alumínio, portas de aço reforçadas, além de ser revestido em aço inoxidável.

Ele dá vida longa às cargas perecíveis, podendo chegar a 20° Celsius negativos dentro do contêiner, mesmo que fora esteja 40° Celsius positivos.

Este contêiner torna-se ideal para transportar cargas como carne, leite, sucos, frutas, peixes. Capacidade: 25 toneladas.



Figura 6.14. Refrigerado

Fonte: <https://blog.conexos.com.br/quais-sao-os-tipos-de-containers/>

- ❖ **Tanque** – É o tipo de contêiner que é utilizado para o transporte de carga líquida, podendo ou não ser perigosa, como, por exemplo, produtos inflamáveis, químicos, sucos. Capacidade: 19 toneladas.



Figura 6.15. Tanque

Fonte: <https://blog.conexos.com.br/quais-sao-os-tipos-de-containers/>

- ❖ **Flat Rack (cargas especiais)** – Sem paredes laterais e sem teto. São ideais para transportar cargas de tamanhos irregulares e formas diversas como máquinas,

aparelhos de ar condicionado, barcos, geradores, tanques, caminhões, veículos. Capacidade: aproximadamente 25 toneladas.



Figura 6.16. Flat Rack (cargas especiais)

Fonte: <https://blog.conexos.com.br/quais-sao-os-tipos-de-containers/>

- ❖ **Plataforma** – Possui as mesmas características e materiais transportados do contêiner, só que esta possui apenas o piso (sem as laterais).



Figura 6.17. Plataforma

Fonte: <https://blog.conexos.com.br/quais-sao-os-tipos-de-containers/>

6.5.1.7 Materiais utilizados na fabricação de contêineres



Aço: Pesado, porém, resistente e durável. É o material mais usado;



Alumínio: Sua principal vantagem é o peso reduzido.



Madeira: Bastante utilizada.



Plástico: leve e barato. É usado para determinados produtos. Ex: cargas líquidas;



Borracha: Adequada para o transporte de líquidos em contêineres infláveis que propiciam o retorno vazio.

6.5.1.8 Alguns equipamentos utilizados nas operações com contêineres

❖ Portêiner ou Pórtico de Cais

Equipamento utilizado na movimentação principalmente de contêineres, do navio para o costado e vice-versa. Em formato de pórtico, possui uma lança que se prolonga até o mar, deslocando as cargas por sobre um trilho.



Figura 6.18. Portêiner

Fonte: <http://www.terex.com/port-solutions/pt/products/ship-to-shore-cranes/index.htm>

❖ Guindaste de Pórtico

Equipamento de apoio à movimentação de contêineres, tanto no pátio, como entre o renavio e o caminhão.



Figura 6.19. Guindaste de Pórtico

Fonte: <http://www.terex.com/port-solutions/pt/products/stacking-cranes/rubber-tyred-gantry-cranes/index.htm>
<http://container-mag.com/2015/05/15/terex-port-solutions-obtain-order-21-cranes/>

❖ Transtêiner ou Pórtico de Pátio

Guindaste de estrutura de pórtico com finalidade de movimentar contêineres em pátios. Apresenta um sistema de travessão para movimentar cargas e efetua translação sob pneus ou trilhos. Equipamento utilizado no parque de estocagem para empilhar os contêineres até uma altura máxima de quatro unidades.



Figura 6.20. Transtêiner

Fonte: <http://www.terex.com/port-solutions/pt/products/stacking-cranes/index.htm>

❖ **Empilhadeira**

Equipamento específico para carregar contêineres de todos os tipos e elevá-los a uma altura de até 15 m com até 45 toneladas. Permite movimentação com velocidade, manobrabilidade e precisão.



Figura 6.21. Empilhadeira

Fonte: <https://opetroleo.com.br/tag/operador-de-empilhadeira/>

❖ **Reach Stackers**

Equipamentos que transportam contêineres numa distância curta de forma ágil. Suas características são a rapidez, a manobrabilidade, a precisão e a eficiência na movimentação. Podem empilhar até cinco contêineres.



Figura 6.22. Reach Stackers

Fonte: http://www.cvsferrari.com/news_archive.aspx, em 29/07/2015

- ❖ **Caminhão Munck** – Trata-se de um equipamento hidráulico utilizado para carregamento, descarregamento, transporte e movimentação de máquinas e peças pesadas.

Possui uma lança auxiliar mecânica que serve para aumentar o comprimento, altura e raio do equipamento.



Figura 6.23. Caminhão Munck

Fonte: <http://jzmunck.com.br/utilizacoes-do-caminhao-munck/>

6.5.1.9. Paletes

São estrados de madeira, plástico ou metal utilizados para movimentação de cargas. Tem como função a otimização do transporte de cargas, com a utilização de paleteiras e empilhadeiras.

a. Materiais

Podem ser fabricados em madeira, plástico, metal ou outro material resistente.



Figura 6.24. Paleta de madeira, plástico e metal

Fontes: <http://nomesparaempresas.com.br>
<http://www.solucoesindustriais.com.br/>
<http://www.mevisametal.com.br/paleta.html>

- **Vantagens do uso em relação à carga geral**

- ❖ Redução do custo homem/hora;
- ❖ Rapidez na estocagem e movimentação de cargas;
- ❖ Racionalização do espaço de armazenagem, com melhor aproveitamento vertical da área de estocagem;
- ❖ Redução de acidentes pessoais;
- ❖ Diminuição de danos aos produtos;
- ❖ Diminuição das operações de movimentação;
- ❖ Melhor aproveitamento dos equipamentos de movimentação.

Suas características o fazem bastante útil na integração da modalidade aeroviária com os demais meios de transporte.



Figura 6.25. Paleteira

Fontes: <http://www.hangchabrazil.com.br/>



Figura 6.26. Empilhadeira

<http://webempilhadeiras.blogspot.com>

6.5.1.10. "Piggybacks"

São constituídos por cofres de cargas com pneus na traseira, possuindo um equipamento na dianteira que permite o engate em um cavalo mecânico. São utilizados na integração do sistema rodoviário com sistemas ferroviário e/ou hidroviário.

Para o caso do hidroviário, a integração se completa com o uso de navios tipo “*Roll-on Roll-off*”. Tais embarcações são construídas para acomodar cargas sobre rodas, incluindo-se, além do *piggyback*, automóveis, tratores, caminhões.

Esta característica facilita o embarque e desembarque de cargas, dispensando o uso de equipamentos mais sofisticados.

Na literatura, *piggyback* é uma operação onde o transporte de um veículo é feito por outro veículo.



Figura 6.27. PiggyBack (Contêineres Chassis)
Fonte: <http://www.trucksetrailers.com.br/carreta-container>



Figura 6.28. PiggyBack Acoplado
Fonte: <http://www.limahobbies.com.br>

6.5.1.11. "Roadrailleurs"

Trata-se de um equipamento recente. É semelhante ao *piggyback*, porém possui na traseira, rodas de trem que permitem seu uso em ferrovias, substituindo o vagão convencional, além das rodas com pneus para uso em rodovias. Tais características o tornam bastante útil na integração das modalidades rodoviária, ferroviária e hidroviária.

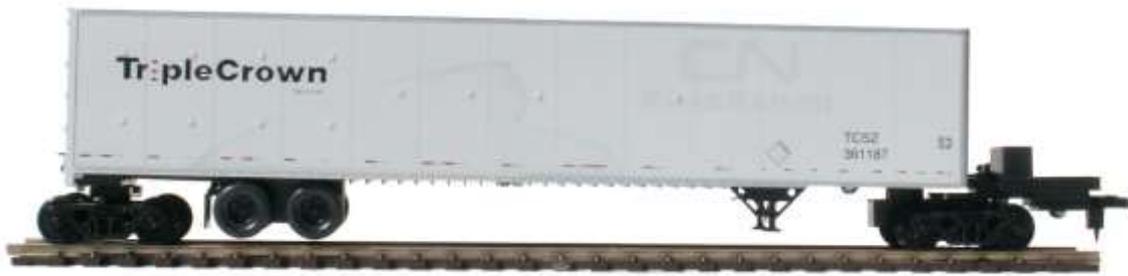


Figura 6.29. Roadrailler
 Fonte: <http://www.trainweb.org/roadrailer/>

6.5.2 Para Granéis Sólidos

6.5.2.1 Introdução

Pode-se apresentar alguns equipamentos úteis para operações com granéis sólidos, através das figuras seguintes onde eles estão inseridos em processos junto a unidades armazenadoras de grãos.

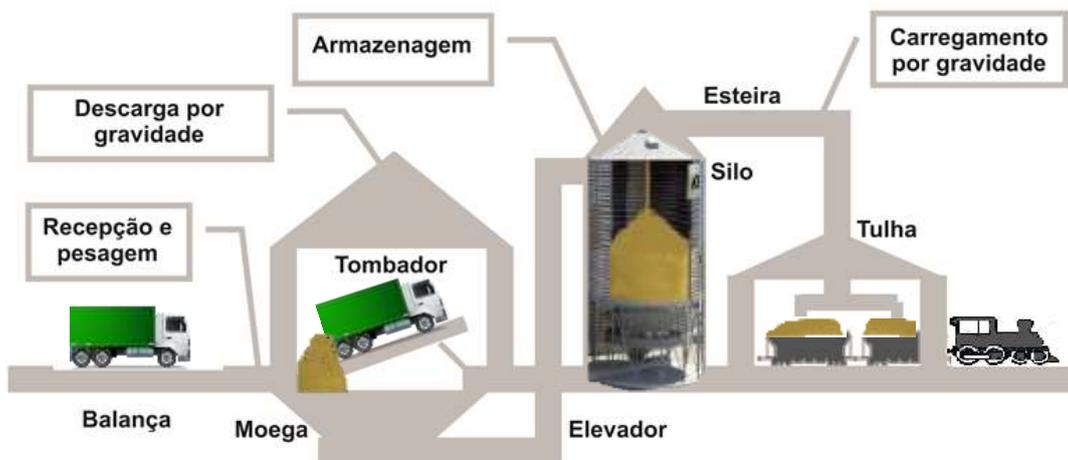
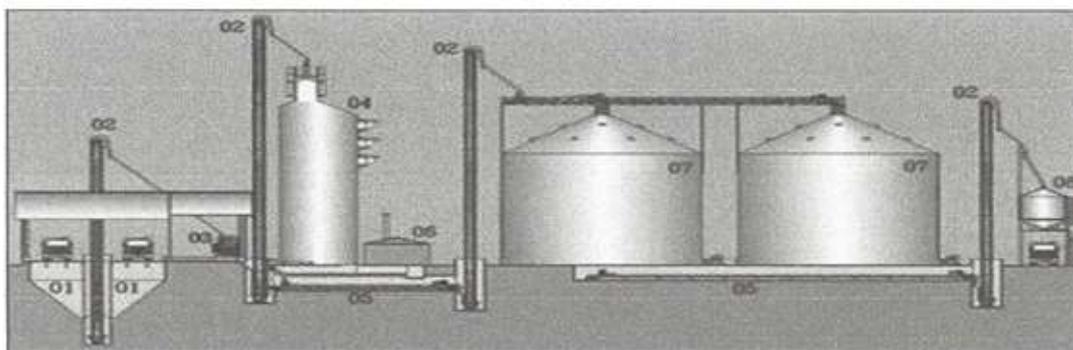


Figura 6.30. Esquema das operações e equipamentos de um terminal de granéis agrícolas
 Fonte: adaptado de Calabrezi (2005)



- 01 – Moega;
- 02 – Elevador transportador vertical dos grãos;
- 03 – Máquina pré-limpeza;
- 04 – Secador;
- 05 – Transportador horizontal dos grãos;
- 06 – Fornalha queimador de lenhas;
- 07 – Silo armazenador de grãos;
- 08 – Silo expedição de grãos.

Figura 6.31. Esquema de equipamentos de um terminal de granéis

Fonte: “Aplicação das normas para gerenciar os riscos na operação de silos metálicos”, VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Niterói – RJ, junho de 2012, ISSN 1984-9354

As unidades armazenadoras de grãos podem ter seu desempenho otimizado (notadamente em sistemas mais complexos) através da análise de processos utilizando-se de ferramentas de simulação, tais como:

- ❖ FlexSim – <https://www.flexsim.com/pt/>
- ❖ Simio - <http://www.simio.com/index.php>
- ❖ Arena - <http://www.paragon.com.br/software/arena/>

6.5.2.2 Equipamentos

- ❖ **Balanças** – pesam as cargas na entrada e na saída do terminal.



Figura 6.32. Balança

Fonte: <http://www.salbreux-pesage.com/nos-realizations/pont-bascule/>

- ❖ **Tombadores** – As cargas são descarregadas nas moegas, através de tombadores, que nada mais são, do que plataformas elevatórias, dotados de um pistão hidráulico, permitindo que os caminhões se mantenham inclinados até serem totalmente descarregados.



Figura 6.33. Tombador (plataforma de descarga)

Fonte: <https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/instrumentacao/metal-guincho/produtos/transportadores-elevacao-e-manipulacao/preco-do-tombador-de-container-grande>

- ❖ **Moegas** – São estruturas instaladas em unidades armazenadoras para recebimento de granéis sólidos. Ex.: soja, arroz, milho, entre outros.



Figura 6.34. Base da Moega

Fontes: rs.olx.com.br, em 04/08/2015 e <http://www.hmongproperty.com/N2RoU3JKY0lxN3M5>



Figura 6.35. Grelha da Moega

- ❖ **Elevadores** – utilizados para transporte das cargas entre a moega e os silos



Figura 6.36. Elevadores de grãos

Fonte: Site Metalúrgica Aromaç

- ❖ **Silos** - Tipo de depósito impermeável para armazenamento de granéis sólidos, normalmente com aparelhamento adequado para carregamento na parte superior e descarregamento pela parte inferior.



Figura 6.37. Silos

Fonte: <https://www.oximag.com/blog/voce-sabe-o-que-sao-silos>

- ❖ **Correias Transportadoras** – normalmente são empregadas para o transporte de materiais a granel sólidos, a distâncias bastante reduzidas.



Figura 6.38. Transportador horizontal de grãos

Fonte: <http://www.clubeamigosdocampo.com.br/artigo/silagem-em-graos-umidos-1142>

- ❖ **Tulhas** – Estruturas instaladas em unidades armazenadoras para carregamento de caminhões ou trens, com graneis processados.

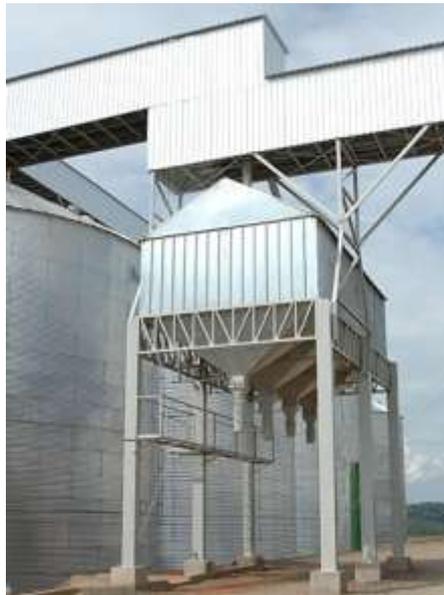


Figura 6.39. Tulha

Fonte: <http://www.silofertil.com.br/tulhas>

- ❖ **Shiploaders** - Carregador de navios de grande capacidade que permite o carregamento sem movimentação do navio, atingindo todos os pontos dos porões. Utilizado em portos marítimos ou fluviais para carregamento contínuo de graneis sólidos em geral.

É utilizado para integração dos modais terrestres com os aquaviários.



Fig. 6.40 – Shiploader

Fonte: <http://cnhlcm.en.made-in-china.com>



Fig. 6.41 – Carregamento de Soja

Fonte: Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina

6.5.3. Para Granéis Líquidos e Gasosos

6.5.3.1. Dutos

Normalmente são empregados para o transporte de materiais a granel líquidos ou gasosos.

Ex.1: Líquidos não embalados tais como, álcool, gasolina e suco de laranja, armazenados em tanques, podem ser transportados para navios através de dutos.

Ex.2: Gasosos (produtos químicos) como amônia, nafta, GLP e Cloro.

6.5.3.2. Tanques

São reservatórios para líquidos ou gases, fabricados em diversos tamanhos e materiais, tais como aço, plástico. Podem ser verticais, horizontais, aéreos ou reservatórios subterrâneos. Podem ser cilíndricos ou em forma de esfera.



Figura 6.42. Dutos e tanques para granéis líquidos
Fonte: http://cabodesines.blogspot.com/2010_01_01_archive.html



Figura 6.43. Esferas de armazenamento de gás em alta pressão
Fonte: http://www.sel.eesc.usp.br/lasi/lasi_joomla/index.php/8-lasi/pesquisa/42-robo-movel-para-inspecao-de-esferas-de-armazenamento-de-gas

6.5.4. Para Carga Rodante

Rampas dos Navios

As rampas podem ser de vários tipos, sendo mais comuns as rampas traseiras (paralelas ao navio ou formando um ângulo de 45° com a popa do mesmo), dianteiras e laterais.



Figura 6.44. Esquema de um navio Roll-on Roll-off com rampa traseira e lateral

Fonte: <http://cargoclaims.blogspot.com/2011/12/consigli-per-le-operazioni-di-carico.html>

Veículos novos, que saem da linha de produção e tem como destinos mercados de consumo, na maioria das vezes, são transportados por tais navios.

Primeiramente eles são estocados em pátios ou áreas nos portos para posterior embarque nos navios, através das referidas rampas.



Figura 6.45. Pátios com veículos em Portos

Fonte: http://mundosobrerodas.com.br/index.php/site/ver_noticia/8059

6.6. OPERAÇÕES NOS TERMINAIS

- a) **Conexão** – termo utilizado para operação de transporte de passageiros onde há troca de veículo no terminal.

- b) **Escala** – termo utilizado para operação de transporte de passageiros, onde há uma parada intermediária na viagem, sem acontecer a troca de veículo.

- c) **Consolidação de cargas** – consiste em criar grandes carregamentos a partir de vários outros pequenos. Resulta em economias de escala. É preciso um bom gerenciamento para utilizar este método, pois é necessário analisar quais cargas podem esperar um pouco mais e serem consolidadas. Se mal executado, compromete a qualidade do serviço de transportes, pois gerará atrasos.

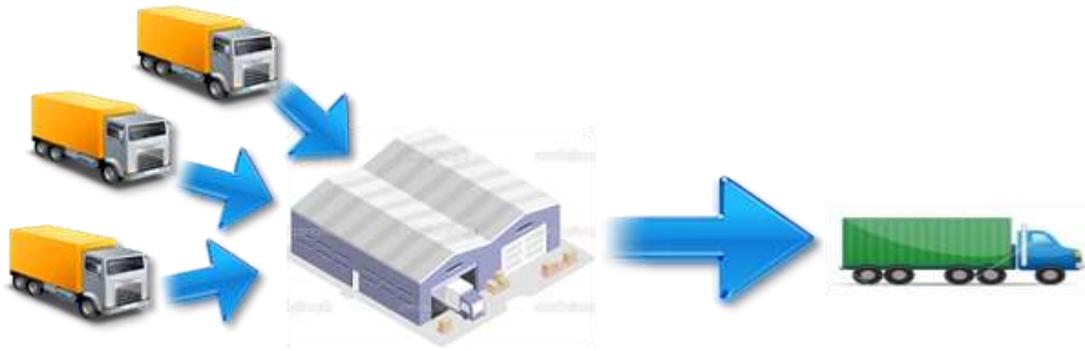


Figura 6.46. Consolidação de cargas para Distribuição

Fonte: Adaptado pela Eng. Civil Flávia Roberta Beppler

- d) **Crossdocking** – representa uma operação onde produtos, muitas vezes com elevados índices de perecibilidade, praticamente cruzam o armazém, e logo já são transportados para os pontos de venda. Ou seja, há um transbordo direto ou quase isso, minimizando o processo de armazenagem.
- e) **Transbordo** – operação onde a carga é retirada de um veículo A e colocada em um veículo B, no mesmo terminal. Pode ser direto (sem armazenagem) ou indireto (com armazenagem). Também pode ser unimodal, intermodal (envolvendo mais de um conhecimento de frete) ou multimodal (envolvendo um único conhecimento de frete).
- f) **Picking** – operação de ruptura de carga fracionada quando de sua chegada no terminal.
- g) **Packing** – operação de reagrupamento de carga fracionada visando consolidação e despacho para um mesmo destino.
- h) **Pick Pack** – Área do terminal onde são feitas operações *picking / packing*.

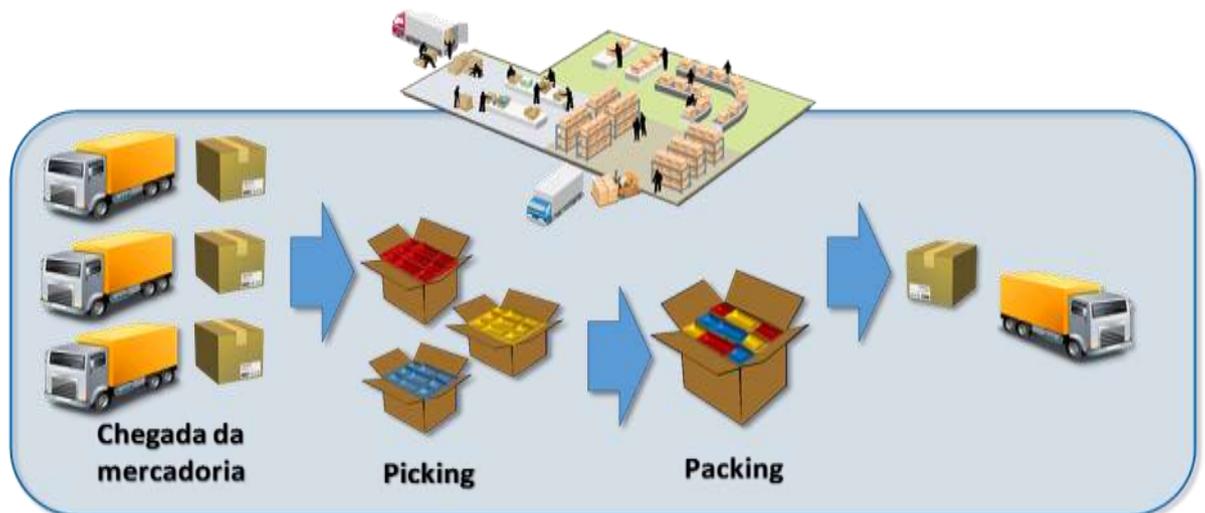


Figura 6.47. Crossdocking com reagrupamento de carga

Fonte: Adaptado pela Eng. Civil Flávia Roberta Beppler

6.7. OPERAÇÕES DE TRANSPORTE

No processo de coordenação de transportes, surgem diversos tipos de operações de transporte. A seguir, apresenta-se algumas delas.

- a) **Coleta** – trata-se do recolhimento das cargas fracionadas junto aos remetentes nos fornecedores e que são transportadas para um terminal visando posterior transporte de transferência.
- b) **Distribuição** – pode ser entendida como a entrega de carga fracionada nos seus respectivos destinos finais.
- c) **Milk Run** – consiste em operação de transporte onde a empresa vai buscar seus insumos nos fornecedores. Para isso marca-se o dia, o horário, os insumos desejados e as quantidades. Programa-se uma sequência de retiradas junto aos seus fornecedores.



Figura 6.48. Comparativo entre entregas individuais e a Operação Milk Run

Fonte: <http://www.ccaexpress.com.br/blog/sistema-milk-run-de-coletas-programadas/>

d) Piggy Back – trata-se de uma operação onde o transporte de um veículo é feito por outro. Como exemplo, pode-se citar o transporte de uma carreta em cima de um vagão ferroviário, ou sobre uma chata ou um *ferry boat*.



Figura 6.49. Caminhões carregados sendo transportados por vagão ferroviário

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=SA4hYpW10RE>

e) Transferência – deslocamento de longa distância de um lote de carga em um veículo, onde a carga é embarcada em um terminal A em uma cidade e desembarcada em um terminal B, em outra cidade.

f) **Carga Fracionada** – é aquela que não alcança a lotação total do veículo, e por essa razão, é consolidada com outras cargas que possuem a mesma característica.

g) **Carga Completa ou Carga Cheia** – é aquela cujo volume alcança a lotação completa do veículo.

6.8. LOGÍSTICA

6.8.1. Definição de Logística

Conforme definição do Council of Supply Chain Management Professionals, “Logística é a parcela responsável do processo da cadeia de suprimentos que planeja, implanta e controla, de forma eficiente e eficaz, o fluxo e o fluxo reverso e a estocagem de materiais, serviços, e as informações correlacionadas, entre o ponto de origem e o ponto de consumo, de forma a atender as necessidades dos clientes”. (SUCUPIRA, 2004).

6.8.2. Logística de Produção e Consumo

Trata do fluxo de informações, do consumidor para o produtor, da cadeia produtiva, desde os fornecedores primários, até o produto final, bem como do transporte e distribuição do produto até o consumidor final.



Figura 6.50. Fluxos Logísticos

Fonte: <https://portogente.com.br>

6.8.3. Importância da Logística

No Brasil, as primeiras manifestações de atividades logísticas aconteceram na distribuição física dos produtos. Devido às nossas dimensões continentais, o transporte assumiu um papel de grande destaque.

No início da década de 1990, a visão existente sobre a logística era mais estreita e muito operacional, dificultando a compreensão de que, para um bom desempenho competitivo, faz-se necessário mais do que um deslocamento de cargas de um ponto para outro.

O conceito de logística está em constante evolução. Sabe-se que processos como o de transporte não existem como atividade isolada, mas integram uma cadeia, que atua de modo sincronizado, agregando valores e atendendo às necessidades do mercado.

6.8.4. Alguns Conceitos Utilizados

- a. **Cadeia de Suprimentos da Produção** - é formada pela integração de todos os indivíduos ou organizações envolvidas no processo de produção, aquisição ou movimentação de produtos/serviços, na rede que vai dos fornecedores aos fabricantes.



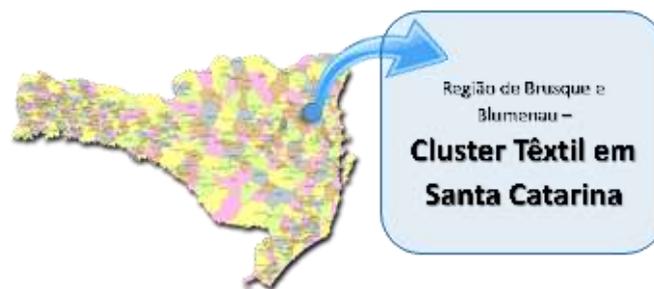
Figura 6.51. Cadeia de Suprimentos da Produção

- b. **Cadeia de Distribuição da Produção** - é formada pela integração de todos os indivíduos ou organizações envolvidos no processo de movimentação de produtos/serviços, na rede que vai dos fabricantes aos consumidores/usuários finais.



Figura 6.52. Cadeia da Distribuição da Produção

- c. **CIF** (*Cost, Insurance and Freight* ou **Custo, Seguro e Frete**) - denominação de cláusula de contrato onde o material cotado já considera frete e seguro inclusos no preço do produto, ou seja, o preço é posto no destino.
- d. **Cluster** – são concentrações geográficas de empresas interligadas entre si, que atuam em um mesmo setor com fornecedores especializados, provedores de serviços e instituições associadas.



- e. **Conhecimento de Embarque** (B/L - *Bill of Loading*) – documento que evidencia o contrato de transporte e prova o direito sobre as mercadorias. É, ao mesmo tempo, um recibo de mercadorias, um contrato de entrega e um documento de propriedade.

Recebe denominações de acordo com o meio de transporte utilizado:

- ❖ Conhecimento de Embarque Marítimo (**Bill of Loading B/L**);
 - ❖ Conhecimento de Embarque Aéreo (**Airway Bill - AWB**);
 - ❖ Conhecimento de Transporte Rodoviário (**CRT**);
 - ❖ Conhecimento de Transporte Ferroviário (**TIF/DTA**).
- f. **Custo Logístico** – É o somatório dos custos relacionados à logística de uma empresa ou organização, tais como transporte, armazenagem e informação.

São de grande relevância, normalmente só inferiores aos custos de produção.

- g. **FOB** (*Free On Board* ou Preço sem Frete Incluso - posto a bordo) - denominação da cláusula de contrato segundo a qual o frete não está incluído no custo da mercadoria. Existem algumas variações de FOB.
- h. **Inbound** ou **upstream** – fluxos dos fornecedores para as fábricas.

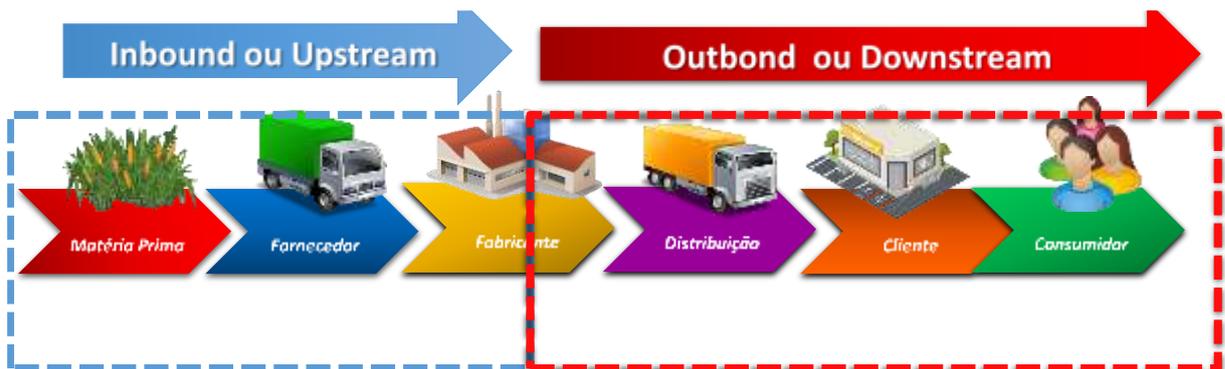


Figura 6.53. Inbound ou Upstream / Outbond ou Downstream

- i. **JIT ou Just-in-Time** – é atender ao cliente interno ou externo no momento exato de sua necessidade, com as quantidades necessárias para a operação / produção, evitando-se assim a manutenção de maiores estoques.
- j. **Manifesto** – documento com a relação de todos os conhecimentos de embarque, mencionando os principais detalhes das cargas embarcadas.
- k. **Operador Logístico (OL)** – empresa especializada em movimentar, armazenar, transportar, processar pedidos e controlar estoques para o cliente.
- l. **Outbond** ou **downstream** – fluxos da fábrica para os concessionários ou distribuidores.
- m. **Supply Chain Management ou Gestão da Cadeia de Suprimentos – SCM** - trata da Gestão da Cadeia de Suprimentos (da produção e do consumo), de maneira

estratégica, desde o fornecedor inicial até o consumidor final, com o objetivo de agregar valor a todos os participantes da cadeia, com destaque para o consumidor final.

6.8.5. Logística de Pós-Consumo

Refere-se ao fluxo físico de produtos, embalagens e outros materiais, após a utilização pelo consumidor final, até o local de origem ou deposição, de forma segura e ambientalmente correta.

6.8.5.1. Logística Reversa

É o caminho da sobra dos produtos após o consumo dos mesmos. Essas sobras nunca voltam para a origem. Pode-se citar como exemplo as embalagens PET.



Figura 6.54. Logística Reversa

6.8.5.2. Logística Inversa

Trata-se do caminho inverso feito para a entrega, voltando para a origem, só que agora somente com as embalagens. Neste caso, trata-se de embalagens reutilizáveis ou retornáveis, que são mais caras e específicas/próprias para acondicionar determinados materiais. Como exemplo, pode-se citar galões para água de 10 litros e 20 litros e botijões de gás.



Figura 6.55. Logística Inversa

6.8.6. Macrologística

Trata-se da forma sistêmica, a infraestrutura de transportes (sistema viário) e terminais necessários às atividades da logística de produção e consumo e também da logística de pós-consumo.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFREDINI, Paolo, ARASAKI, Emilia, **“Engenharia Portuária”** – Editora Blucher, São Paulo – SP, 2014.

AMARILLA, Rosemara Santos Deniz; AMARILLA, Miguel Angel de Marchi; CATAI, Rodrigo Eduardo; ROMANO, Cezar Augusto. **“Aplicação das normas para gerenciar os riscos na operação de silos metálicos”**, VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Niterói – RJ, junho de 2012, ISSN 1984-9354

ANTP – **Custos dos Serviços de Transporte Público por Ônibus: método de cálculo**, Apresentação de Ailton Brasiliense Pires – São Paulo: ANTP, 2017, 191 pág.

ANTP – **Gerenciamento de Transporte Público Urbano – Instruções Básicas – Módulo 6**, integrante do Volume 2 dos Manuais de Gerenciamento de Transporte Público Urbano – Instruções Básicas, ANTP, São Paulo, SP, 1992.

Anuário Estatístico dos Transportes – ANTT, 2006.

CAIXETA-FILHO, J.V., MARTINS, R. S., **Gestão Logística do Transporte de Cargas**, Ed. Atlas, São Paulo, 2001.

CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa, **PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES Conceitos e Modelos**, Ed. Interciência, Rio de Janeiro, RJ, 2013.

CONSTANTE, J.M.; SEABRA, F.; SANTOS, S.; MACEDO, R.; TEIXEIRA, S.G.; VALENTE, A.M.; MONTENEGRO, L.C.S., **“Introdução ao Planejamento Portuário”** – Editora Aduaneiras, São Paulo – SP, 2016.

Danish Road Directorate and Anders Nyvig A/S - Road Directorate (1993) – An Improved Traffic - Environment: A catalogue of ideas.

DNIT, **Manual de Custos Rodoviários**, 2003.

DNIT, **Sistema de Custos Rodoviários** – SICRO 2, 2003.

FARO, Clóvis de. **Fundamentos de Matemática Financeira**. Ed. Saraiva, São Paulo – SP, 2006.

FERRARI, Célson. **Curso de Planejamento Municipal Integrado: urbanismo**. São Paulo: Pioneira.

FERRAZ, A. C. P. Coca; RAIA JR., A. A. ; BEZERRA, B. S.; BASTOS, J. T.; Silva, K. C. R., **“Segurança Viária”** Suprema Gráfica e Editora Ltda. São Paulo, SP, 2012.

HAZZAN, S.; POMPEO, J. N. **Matemática Financeira**. Editora Saraiva, 5ª edição, 2001.

Highway Capacity Manual – HCM 2000, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C., 2000.

Highway Capacity Manual 2010, Transportation Reserch Board – TRB, 2010.

HUNGRIA, Luiz Henrique, **Segurança Operacional de Trens de Carga**, São Paulo, All Print Editora, 2017.

Lamb *apud* COMISSÃO EUROPÉIA (2000), pág. 88.

LAMBERT, Douglas M.; STOCK, James R.; VANTINE, José Geraldo. **Administração Estratégica da Logística**, Vantine Consultoria, São Paulo, 1999.

LEE, Shu Han, **Introdução ao Projeto Geométrico**. Ed. UFSC, Florianópolis, SC, 2002.

LEE, Shu Han, **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias**. Ed.4, Ed. UFSC, Florianópolis, SC, 2017.

LUDOVICO, N. **Logística Internacional: um enfoque em comércio exterior**. São Paulo: Ed. Saraiva. 2007.

Manual de Estudos de Tráfego do DNIT – DNIT/IPR, 2006.

Manual de Medidas Moderadoras de Tráfego – **Manual de Traffic Calming** - BHTRANS, Belo Horizonte, MG.

MELO, Márcio J. V. S.. **Sistemas de Ônibus nas Áreas Urbanas**. Ed. Universitária, UFPE.

MORALES, P. R. D. **Planejamento Urbano – Enfoque Operacional**. Rio de Janeiro: Fundação Ricardo Franco, 2007.

NEVES, Marco Antonio Oliveira – **Logística: Operação de movimentação e armazenagem de materiais, gestão logística**, Maringá – PR, Editora MAG, 2014.

NEVES, Marco Antonio Oliveira, **Logística: Gestão de Transportes, Planejamento e Controle de Produção, Administração de Pessoal em Operações Logísticas, Mercado de Transportadoras e Operadores Logísticos**, Maringá – PR, Editora MAG, 2014.

NOVAES, A. G., **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**, Ed. Campus, Rio de Janeiro, 2001.

NOVAES, Antônio G. **Sistemas de Transportes**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher.

OLIVEIRA, Uarlem José de Faria; et al – **Monotrilho – Uma Opção de Transporte Público para a Região Metropolitana da Grande Vitória – 42ª SBPO**, Bento Gonçalves, RS, 2010

Pesquisas CNT 2002. Confederação Nacional dos Transportes. **Modais de Cargas, Passageiros, Aquaviários, Ferroviários e Autônomos**. CNT, 2002.

PORTUGAL, Licino da Silva. **POLOS GERADORES DE VIAGENS ORIENTADOS A QUALIDADE DE VIDA E AMBIENTAL: Modelos e Taxas de Geração de Viagens**. Editora Interciência, 1ª Edição, 2012.

PUCCINI, Abelardo de Lima; Hess, Geraldo; Marques, José Luiz de Moura; PAES, Luiz Carlos Medeiros da Rocha. **Engenharia Econômica**. Ed. Difel, São Paulo – SP, 8ª Edição, 1977.

Revistas Técnicas: Transporte Moderno; Ferroviária, Techni Bus, Frota & Cia.

ROSA, R.A. **“Operação Ferroviária – Planejamento, Dimensionamento e Acompanhamento”** Rio de Janeiro – RJ, Editora LTC, 2016.

SAMANEZ, Carlos Patrício, **Matemática Financeira – Aplicações à análise de investimentos**, 4ª Edição, Ed. Pearson Prentice Hall, SP, 2007.

SANTOS, Silvio dos, **Transporte Ferroviário, História e Técnicas**, Ed. Cengage Learning, São Paulo, SP, 2011.

SETTI, José Reynaldo A. – **Engenharia de Tráfego** - Universidade Presbiteriana Mackenzie.

***The Highway Capacity Manual 6th Edition, A Guide for Multimodal Mobility Analysis** - Transportation Research Board, 2016.*

***The Highway Design and Maintenance Standards Model** - HDM 4.2, BIRD, 2005.*

***The Highway Design and Maintenance Standards Model** - HDM IV, BIRD, 2000.*

VALENTE, A. M., **Nota Técnica: Informações Práticas para Realizações de Estudos de Tráfego em Projetos de Engenharia Rodoviária**. Fevereiro de 1994. DER/SC.

VALENTE, Amir Mattar; PASSAGLIA, Eunice, NOVAES, Antônio G.; VIEIRA, Heitor. **Gerenciamento de Transporte e Frotas**. São Paulo: Ed. Cengage Learning, 2008, 2ª Edição Revista.

VALENTE, Amir Mattar; PASSAGLIA, Eunice; CRUZ, Jorge Alcides; Mello, José Carlos; CARVALHO, Névio Antônio; MAYERLE, Sérgio; SANTOS, Sílvio dos. **Qualidade e Produtividade nos Transportes**. São Paulo: Ed. Cengage Learning, 2008.

VASCONCELOS, E. A. de, **Transporte e Meio Ambiente: conceitos e informações para análise de impactos**, Editora Annablume, São Paulo, SP, 2008.

Sites Consultados:

<http://alexandra-santos.blogspot.com/>
<http://busmania.blogspot.com/2010/03/caio-induscar-entrega-maiores-onibus-do.html>
http://cabodesines.blogspot.com/2010_01_01_archive.html
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ciudad_lineal_de_Arturo_Soria.jpg
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rodovia_dos_Imigrantes_1.jpg
<http://curitiba-city.evisos.com.br/compra-e-vende-de-paletes-de-plastico-e-id-215284>
<http://dirsoks.blogspot.com/2010/07/o-metro.html>
<http://dsedutec.wordpress.com/category/energia/energias-nao-renovaveis/petroleo/>
<http://erikabelmonte.wordpress.com/>
<http://farinha-ferry.blogspot.com/>
http://g1.globo.com/Noticias/Economia_Negocios/0,,MUL1363853-9356,00.html

<http://gigantesdomundo.blogspot.com.br/2011/07/o-maior-aviao-cargueiro-do-mundo.html>
<http://inhabitat.com/transportation-tuesday-the-personal-podcar/ultra-prt-heathrow-transport-future-electric-vehicle-podcar-personal-transportation-mass-transit-2/>
<http://interessantiblog.blogspot.com/2011/05/como-funciona-o-aeromovel.html>
http://jconlineblogs.ne10.uol.com.br/deolhonotransito/files/2012/10/aeromovel_porto-alegre12-470x230.jpg
<http://jzmunck.com.br/utilizacoes-do-caminhao-munck/>
<http://katiewllcblog.blogspot.com.br/2013/03/piggyback.html>
http://logisticaetransportes.blogspot.com/2009_11_01_archive.html
<http://meumundoeumnavio.blogspot.com/2010/05/log-in-jacaranda.html>
<http://meustransporte.blogspot.com/2010/07/curitiba-com-biocombustivel-onibus-da.html>
<http://minasstrains.blogspot.com.br/2012/05/bitolas-ferroviarias-no-brasil-intro.html>
http://mundosobrerodas.com.br/index.php/site/ver_noticia/8059
<http://nomesparaempresas.com.br/f%C3%A1brica-de-paletes>
http://photos.travellerspoint.com/115677/large_IMG0496.jpg
<http://planetaferrovia.blogspot.com/2014/01/bitolas-ferroviarias.html>
<http://portuguese.dieselforklifttruck.com/supplier-empilhadeiras-2088-page8.html>
<http://simuladoresbrasil.blogspot.com/2011/02/container.html>
<http://torquenordeste.com.br/Portfolio/locacao-de-caminhao-munck-4>
<http://urbanidades.arq.br/2008/10/ebenezer-howard-e-a-cidade-jardim/>
<http://viagem.hsw.uol.com.br/frete-aereo2.htm>
<http://viajarepreciso.wordpress.com/category/brasil/>
<http://vibesul1.blogspot.com/>
http://vsites.unb.br/fau/pos_graduacao/paranoa/edicao2001/unidade/unidade.htm
<http://webempilhadeiras.blogspot.com>
<http://www.abcr.org.br/noticias/viewdb.php>
http://www.agais.com/manuscript/ag0210_armazenagem_granel.pdf
<http://www.antt.gov.br>
<http://www.aviacaocomercial.net/a380.htm>
<http://www.baquelite-liz.pt/pt/cxpagr/index.html>
<http://www.bransilos.com.br/produtos.php?cat=15>
<http://www.brasiliano.com.br/blog/?p=515>
<http://www.centrodeturismo.com.br/turpedagsp.php>
<http://www.correiasmercurio.com.br/transportadoras.php>
<http://www.ctsbrasil.org/node/122>
<http://www.diariodecanoas.com.br/transito/204683/br-386-recebe-sonorizadores-e-novas-placas-de-sinalizacao.html>
<http://www.dnit.gov.br>
<http://www.easi-cab-travel-club.org/luas.html>
<http://www.esmaelmorais.com.br>
http://www.estradas.com.br/new/materias/112_imigrantes.asp
http://www.feiradolivro-poa.com.br/imprensa_fotos.php?numero=54&acao=muda
<http://www.forum-diecast.com.pt/index.php?topic=483.120>
<http://www.glossarioonline.com.br/modules/wordbook/>
<http://www.grupoccr.com.br>
<http://www.guialog.com.br/paletes.htm>
<http://www.hangchabrazil.com.br/>
<http://www.hmongproperty.com/N2RoU3JKY0lxN3M5>
<http://www.hmongproperty.com/N2RoU3JKY0lxN3M5>
<http://www.imam.com.br/logistica/noticias/embalagem/179-um-palete-para-cada-gosto-pag-50>

<http://www.itpas.org.uk/ThingwallRoadTrafficCalming.htm>
<http://www.jornaldelondrina.com.br/brasil/>
<http://www.l2acengenharia.com.br>
<http://www.liebherr.ro/ro-RO/118964.wfw>
<http://www.logisticadescomplicada.com/composicao-dos-custos-logisticos/>
<http://www.logisticadescomplicada.com/maior-aviao-de-carga-do-mundo-visita-o-brasil/>
<http://www.logisticanaveia.com.br/tag/transteiner/>
<http://www.manutencaoessuprimentos.com.br/>, em 21/03/2014
<http://www.mobilize.org.br/midias/noticias/transmilenio-bogota1.jpg>
http://www.oaviao.com.br/materias_comunidade/imagens/Hub_and_spoke.pdf
<http://www.planetaferrovia.com/>, em 06/02/2014.
<http://www.portogente.com.br>
<http://www.portosempapel.gov.br/sep/glossario-portuario/termo90>
<http://www.revistaportuaria.com.br/site/?home=noticias&n=CUNoU>
<http://www.rs.olx.com.br>
<http://www.saojosedonorte.rs.gov.br/portal/?brand=page&key=2D8937>
http://www.sel.eesc.usp.br/lasi/lasi_joomla/index.php/8-lasi/pesquisa/42-robo-movel-para-inspecao-de-esferas-de-armazenamento-de-gas
<http://www.semam.ind.br/?p=140>
<http://www.splashtours.nl/>
<http://www.subways.net/argentina/LineE.jpg>
<http://www.trainweb.org/roadrailer/>
<http://www.transportes.gov.br>
<http://www.transportes.gov.br/bit/brasil2.htm>
http://www.transportes.gov.br/bit/terminais_hidro/pederneiras/pederneiras.htm
http://www.troleibusbrasileiros.com.br/metra_esptec_busscar_lf.htm
<http://www.urbemadrid.es/teleferico/>
<https://antigo.infraestrutura.gov.br/conteudo/113-politica-e-planejamento-de-transportes/7325-planejamento-portu%C3%A1rio.html>
<https://blog.conexos.com.br/quais-sao-os-tipos-de-containers/>
<https://climainfo.org.br/2020/11/17/transporte-maritimo-da-marcha-a-re-na-ambicao-climatica/>
<https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2018/12/04/ferry-boat>
<https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/#Principal>
<https://instituto-brasillogistico.com.br/modal-ferroviario/>
<https://maiscontroleerp.com.br/diferenca-entre-projeto-conceitual-basico-e-executivo/>
<http://www.dnit.gov.br/download/planejamento-e-pesquisa/planejamento/estudos-de-viabilidade/lcs-097-2010-solic-public-texto-evtea-site-dnit.pdf>
https://maritimeoptima.com/public/vessels/pages/imo:9234068/mmsi:235500000/HURST_POINT.html
<https://mobilidadeportoalegre.com.br/aeromovel-de-porto-alegre-completa-7-anos-da-inauguracao/>
<https://opetroleo.com.br/tag/operador-de-empilhadeira/>
<https://planometropolitano.es.gov.br/Media/comdevit/Refer%C3%A1ncias/PELTS%20Vol%201%20-%20Sumario.pdf>
<https://portal.antt.gov.br/ferrovias>
<https://portogente.com.br/portopedia/conceitos-o-que-e-uma-eadi-73065>
https://pt.wikipedia.org/wiki/G%C3%A1s_natural_liquefeito
https://pt.wikipedia.org/wiki/Plano_Inclinado_Gon%C3%A7alves

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Telef%C3%A9rico de Madrid](https://pt.wikipedia.org/wiki/Telef%C3%A9rico_de_Madrid)
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Transporte urbano em Curitiba](https://pt.wikipedia.org/wiki/Transporte_urbano_em_Curitiba)
<https://transportes.rs.gov.br/pelt-rs>
<https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/cadastro-de-aerodromos>
<https://www.fazcomex.com.br/blog/tipos-de-navios/>
<https://www.gov.br/antag/pt-br>
<https://www.ibccoaching.com.br/portal/aprenda-como-elaborar-um-estudo-de-viabilidade-economica-de-projetos/>
<https://www.imo.org/en>
<https://www.industriadeplasticos.com.br/quais-sao-as-vantagens-e-desvantagens-dos-canos-de-pvc/>
<https://www.novaandradina.ms.leg.br/institucional/noticias/nenao-recomenda-instalacao-de-sonorizadores-na-rotatoria-do-parque-de-exposicoes>
<https://www.otempo.com.br/cidades/liberada-a-circulacao-de-veiculos-na-pista-do-move-nos-fins-de-semana-1.1529408>
<https://www.ourstate.com/18-piers-to-visit-for-fun-sun-and-seaside-snacks/>
<https://www.oximag.com/blog/voce-sabe-o-que-sao-silos/>
<https://www.portablespace.co.uk/product/20ft-open-sided-container-for-hire>
<https://www.portaldotransito.com.br/noticias/fim-das-lombadas-eletronicas-especialistas-analisam-declaracao-do-presidente/>
<https://www.portosaofrancisco.com.br/>
<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/instrumentacao/metal-guincho/produtos/transportadores-elevacao-e-manipulacao/preco-do-tombador-de-container-grande>
<https://www.youtube.com/watch?v=SA4hYpW10RE>
<https://youtu.be/frcCferE59Q>
www.df.gov.br

ANEXOS

ANEXO A

***ABNT NBR 14724/2011 – INFORMAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO –
TRABALHOS ACADÊMICOS – APRESENTAÇÃO***

NORMA
BRASILEIRA

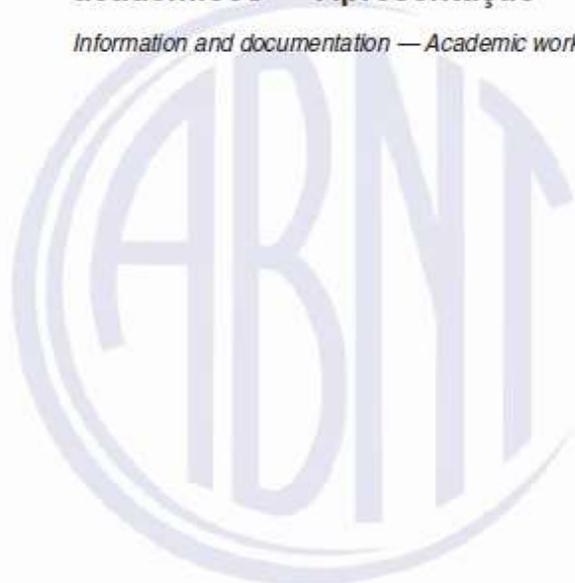
ABNT NBR
14724

Terceira edição
17.03.2011

Válida a partir de
17.04.2011

**Informação e documentação — Trabalhos
acadêmicos — Apresentação**

Information and documentation — Academic work — Presentation



Exemplar para uso exclusivo - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - 83.888.526/0.001-82.

ICS 01.120; 01.140; 01.140.40

ISBN 978-85-07-02680-8



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 14724:2011
11 páginas

© ABNT 2011

Impresso por: UFSC-JAVA



© ABNT 2011

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
20031-901 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: + 55 21 3974-2300
Fax: + 55 21 3974-2346
abnt@abnt.org.br
www.abnt.org.br

ii

Impresso por: UFSC-JAVA

© ABNT 2011 - Todos os direitos reservados

Sumário		Página
Prefácio		iv
1	Escopo	1
2	Referências normativas	1
3	Termos e definições	1
4	Estrutura	5
4.1	Parte externa	5
4.1.1	Capa	5
4.1.2	Lombada	6
4.2	Parte interna	6
4.2.1	Elementos pré-textuais	6
4.2.2	Elementos textuais	8
4.2.3	Elementos pós-textuais	9
5	Regras gerais	9
5.1	Formato	9
5.2	Espaçamento	10
5.2.1	Notas de rodapé	10
5.2.2	Indicativos de seção	10
5.2.3	Títulos sem indicativo numérico	10
5.2.4	Elementos sem título e sem indicativo numérico	10
5.3	Paginação	10
5.4	Numeração progressiva	11
5.5	Citações	11
5.6	Siglas	11
5.7	Equações e fórmulas	11
5.8	Ilustrações	11
5.9	Tabelas	11

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR 14724 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Documentação e Informação (ABNT/CB-14), pela Comissão de Estudo de Documentação (CE14:000.01). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 10, de 08.10.2010 a 06.12.2010, com o número de Projeto ABNT NBR 14724.

Esta terceira edição cancela e substitui a edição anterior (ABNT NBR 14724:2005), a qual foi tecnicamente revisada.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This Standard specifies general principles for the writing of academic works (theses, dissertations and others) which are to be examined by institutional committees (thesis committees, qualifying committees, appointed examiners, supervisors and others).

This Standard applies, wherever appropriate, to academic works and the like, both intra- and extra-class.

Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação

1 Escopo

Esta Norma especifica os princípios gerais para a elaboração de trabalhos acadêmicos (teses, dissertações e outros), visando sua apresentação à instituição (banca, comissão examinadora de professores, especialistas designados e/ou outros).

Esta Norma aplica-se, no que couber, aos trabalhos acadêmicos e similares, intra e extraclasse.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 6023, *Informação e documentação – Referências – Elaboração*

ABNT NBR 6024, *Informação e documentação – Numeração progressiva das seções de um documento escrito – Apresentação*

ABNT NBR 6027, *Informação e documentação – Sumário – Apresentação*

ABNT NBR 6028, *Informação e documentação – Resumo – Procedimento*

ABNT NBR 6034, *Informação e documentação – Índice – Apresentação*

ABNT NBR 10520, *Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação*

ABNT NBR 12225, *Informação e documentação – Lombada – Apresentação*

Código de Catalogação Anglo-Americano. 2. ed. rev. 2002. São Paulo: FEBAB, 2004

IBGE. *Normas de apresentação tabular*. 3. ed. Rio de Janeiro, 1993

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1

abreviatura

representação de uma palavra por meio de alguma(s) de sua(s) sílaba(s) ou letra(s)

3.2

agradecimento

texto em que o autor faz agradecimentos dirigidos àqueles que contribuíram de maneira relevante à elaboração do trabalho

ABNT NBR 14724:2011

3.3

anexo

texto ou documento não elaborado pelo autor, que serve de fundamentação, comprovação e ilustração

3.4

apêndice

texto ou documento elaborado pelo autor, a fim de complementar sua argumentação, sem prejuízo da unidade nuclear do trabalho

3.5

autor

pessoa física responsável pela criação do conteúdo intelectual ou artístico de um trabalho

3.6

capa

proteção externa do trabalho sobre a qual se imprimem as informações indispensáveis à sua identificação

3.7

citação

menção, no texto, de uma informação extraída de outra fonte

3.8

dados internacionais de catalogação-na-publicação

registro das informações que identificam a publicação na sua situação atual

3.9

dedicatória

texto em que o autor presta homenagem ou dedica seu trabalho

3.10

dissertação

documento que apresenta o resultado de um trabalho experimental ou exposição de um estudo científico retrospectivo, de tema único e bem delimitado em sua extensão, com o objetivo de reunir, analisar e interpretar informações. Deve evidenciar o conhecimento de literatura existente sobre o assunto e a capacidade de sistematização do candidato. É feito sob a coordenação de um orientador (doutor), visando a obtenção do título de mestre

3.11

elemento pós-textual

parte que sucede o texto e complementa o trabalho

3.12

elemento pré-textual

parte que antecede o texto com informações que ajudam na identificação e utilização do trabalho

3.13

elemento textual

parte em que é exposto o conteúdo do trabalho

3.14

epígrafe

texto em que o autor apresenta uma citação, seguida de indicação de autoria, relacionada com a matéria tratada no corpo do trabalho

3.15**errata**

lista dos erros ocorridos no texto, seguidos das devidas correções

3.16**ficha catalográfica**

ver 3.8

3.17**folha**

papel com formato definido composto de duas faces, anverso e verso

3.18**folha de aprovação**

folha que contém os elementos essenciais à aprovação do trabalho

3.19**folha de rosto**

folha que contém os elementos essenciais à identificação do trabalho

3.20**glossário**

relação de palavras ou expressões técnicas de uso restrito ou de sentido obscuro, utilizadas no texto, acompanhadas das respectivas definições

3.21**ilustração**

designação genérica de imagem, que ilustra ou elucida um texto

3.22**índice**

lista de palavras ou frases, ordenadas segundo determinado critério, que localiza e remete para as informações contidas no texto

3.23**lombada**

parte da capa do trabalho que reúne as margens internas das folhas, sejam elas costuradas, grampeadas, coladas ou mantidas juntas de outra maneira

3.24**página**

cada uma das faces de uma folha

3.25**referência**

conjunto padronizado de elementos descritivos retirados de um documento, que permite sua identificação individual

3.26**resumo em língua estrangeira**

versão do resumo para idioma de divulgação internacional

ABNT NBR 14724:2011

3.27

resumo na língua vernácula

apresentação concisa dos pontos relevantes de um texto, fornecendo uma visão rápida e clara do conteúdo e das conclusões do trabalho

3.28

sigla

conjunto de letras iniciais dos vocábulos e/ou números que representa um determinado nome

3.29

símbolo

sinal que substitui o nome de uma coisa ou de uma ação

3.30

subtítulo

informações apresentadas em seguida ao título, visando esclarecê-lo ou complementá-lo, de acordo com o conteúdo do trabalho

3.31

sumário

enumeração das divisões, seções e outras partes do trabalho, na mesma ordem e grafia em que a matéria nele se sucede

3.32

tabela

forma não discursiva de apresentar informações das quais o dado numérico se destaca como informação central.

3.33

tese

documento que apresenta o resultado de um trabalho experimental ou exposição de um estudo científico de tema único e bem delimitado. Deve ser elaborado com base em investigação original, constituindo-se em real contribuição para a especialidade em questão. É feito sob a coordenação de um orientador (doutor) e visa a obtenção do título de doutor, ou similar

3.34

título

palavra, expressão ou frase que designa o assunto ou o conteúdo de um trabalho

3.35

trabalho de conclusão de curso de graduação, trabalho de graduação interdisciplinar, trabalho de conclusão de curso de especialização e/ou aperfeiçoamento

documento que apresenta o resultado de estudo, devendo expressar conhecimento do assunto escolhido, que deve ser obrigatoriamente emanado da disciplina, módulo, estudo independente, curso, programa, e outros ministrados. Deve ser feito sob a coordenação de um orientador

3.36

volume

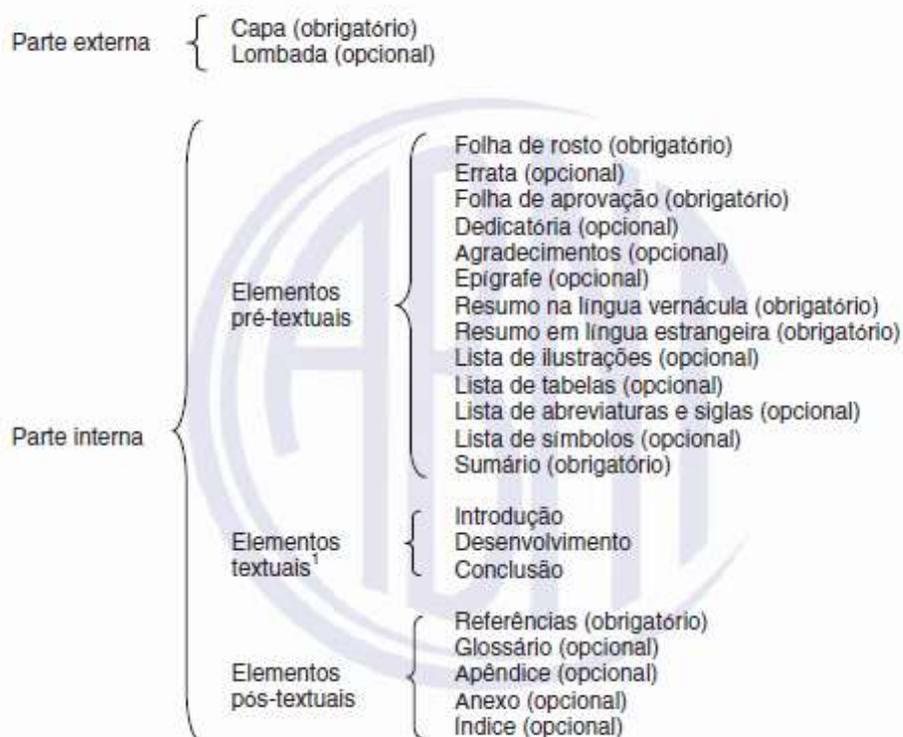
unidade física do trabalho

4 Estrutura

A estrutura de trabalhos acadêmicos compreende: parte externa e parte interna.

Com a finalidade de orientar os usuários, a disposição de elementos é dada no Esquema 1:

Esquema 1 – Estrutura do trabalho acadêmico



4.1 Parte externa

Deve ser apresentada conforme 4.1.1 e 4.1.2.

4.1.1 Capa

Elemento obrigatório. As informações são apresentadas na seguinte ordem:

- a) nome da instituição (opcional);
- b) nome do autor;

¹ A nomenclatura dos títulos dos elementos textuais fica a critério do autor.

ABNT NBR 14724:2011

- c) título: deve ser claro e preciso, identificando o seu conteúdo e possibilitando a indexação e recuperação da informação;
- d) subtítulo: se houver, deve ser precedido de dois pontos, evidenciando a sua subordinação ao título;
- e) número do volume: se houver mais de um, deve constar em cada capa a especificação do respectivo volume;
- f) local (cidade) da instituição onde deve ser apresentado;

NOTA No caso de cidades homônimas recomenda-se o acréscimo da sigla da unidade da federação.

- g) ano de depósito (da entrega).

4.1.2 Lombada

Elemento opcional. Apresentada conforme a ABNT NBR 12225.

4.2 Parte interna

Deve ser apresentada conforme 4.2.1 a 4.2.3.

4.2.1 Elementos pré-textuais

A ordem dos elementos pré-textuais deve ser apresentada conforme 4.2.1.1 a 4.2.1.13.

4.2.1.1 Folha de rosto

Elemento obrigatório. Apresentada conforme 4.2.1.1.1 e 4.2.1.1.2.

4.2.1.1.1 Anverso

Os elementos devem ser apresentados na seguinte ordem:

- a) nome do autor;
- b) título;
- c) subtítulo, se houver;
- d) número do volume, se houver mais de um, deve constar em cada folha de rosto a especificação do respectivo volume;
- e) natureza: tipo do trabalho (tese, dissertação, trabalho de conclusão de curso e outros) e objetivo (aprovação em disciplina, grau pretendido e outros); nome da instituição a que é submetido; área de concentração;
- f) nome do orientador e, se houver, do coorientador;
- g) local (cidade) da instituição onde deve ser apresentado;
- h) ano de depósito (da entrega).

4.2.1.1.2 Verso

Deve conter os dados de catalogação-na-publicação, conforme o Código de Catalogação Anglo-Americano vigente.

4.2.1.2 Errata

Elemento opcional. Deve ser inserida logo após a folha de rosto, constituída pela referência do trabalho e pelo texto da errata. Apresentada em papel avulso ou encartado, acrescida ao trabalho depois de impresso.

EXEMPLO

ERRATA

FERRIGNO, C. R. A. **Tratamento de neoplasias ósseas apendiculares com reimplantação de enxerto ósseo autólogo autoclavado associado ao plasma rico em plaquetas**: estudo crítico na cirurgia de preservação de membro em cães. 2011. 128 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

Folha	Linha	Onde se lê	Leia-se
16	10	auto-clavado	autoclavado

4.2.1.3 Folha de aprovação

Elemento obrigatório. Deve ser inserida após a folha de rosto, constituída pelo nome do autor do trabalho, título do trabalho e subtítulo (se houver), natureza (tipo do trabalho, objetivo, nome da instituição a que é submetido, área de concentração) data de aprovação, nome, titulação e assinatura dos componentes da banca examinadora e instituições a que pertencem. A data de aprovação e as assinaturas dos membros componentes da banca examinadora devem ser colocadas após a aprovação do trabalho.

4.2.1.4 Dedicatória

Elemento opcional. Deve ser inserida após a folha de aprovação.

4.2.1.5 Agradecimentos

Elemento opcional. Devem ser inseridos após a dedicatória.

4.2.1.6 Epígrafe

Elemento opcional. Elaborada conforme a ABNT NBR 10520. Deve ser inserida após os agradecimentos. Podem também constar epígrafes nas folhas ou páginas de abertura das seções primárias.

4.2.1.7 Resumo na língua vernácula

Elemento obrigatório. Elaborado conforme a ABNT NBR 6028.

4.2.1.8 Resumo em língua estrangeira

Elemento obrigatório. Elaborado conforme a ABNT NBR 6028.

4.2.1.9 Lista de ilustrações

Elemento opcional. Elaborada de acordo com a ordem apresentada no texto, com cada item designado por seu nome específico, travessão, título e respectivo número da folha ou página. Quando necessário, recomenda-se a elaboração de lista própria para cada tipo de ilustração (desenhos, esquemas, fluxogramas, fotografias, gráficos, mapas, organogramas, plantas, quadros, retratos e outras).

EXEMPLO

Quadro 1 – Valores aceitáveis de erro técnico de medição relativo para antropometristas iniciantes e experientes no Estado de São Paulo..... 5

4.2.1.10 Lista de tabelas

Elemento opcional. Elaborada de acordo com a ordem apresentada no texto, com cada item designado por seu nome específico, acompanhado do respectivo número da folha ou página.

EXEMPLO

Tabela 1 – Perfil socioeconômico da população entrevistada, no período de julho de 2009 a abril de 2010 9

4.2.1.11 Lista de abreviaturas e siglas

Elemento opcional. Consiste na relação alfabética das abreviaturas e siglas utilizadas no texto, seguidas das palavras ou expressões correspondentes grafadas por extenso. Recomenda-se a elaboração de lista própria para cada tipo.

EXEMPLO

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Fil.	Filosofia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

4.2.1.12 Lista de símbolos

Elemento opcional. Elaborada de acordo com a ordem apresentada no texto, com o devido significado.

EXEMPLO

d_{ab}	Distância euclidiana
$O(n)$	Ordem de um algoritmo

4.2.1.13 Sumário

Elemento obrigatório. Elaborado conforme a ABNT NBR 6027.

4.2.2 Elementos textuais

O texto é composto de uma parte introdutória, que apresenta os objetivos do trabalho e as razões de sua elaboração; o desenvolvimento, que detalha a pesquisa ou estudo realizado; e uma parte conclusiva.

4.2.3 Elementos pós-textuais

A ordem dos elementos pós-textuais deve ser apresentada conforme 4.2.3.1 a 4.2.3.5.

4.2.3.1 Referências

Elemento obrigatório. Elaboradas conforme a ABNT NBR 6023.

4.2.3.2 Glossário

Elemento opcional. Elaborado em ordem alfabética.

EXEMPLO

Deslocamento: Peso da água deslocada por um navio flutuando em águas tranquilas.

Duplo Fundo: Robusto fundo interior no fundo da carena.

4.2.3.3 Apêndice

Elemento opcional. Deve ser precedido da palavra APÊNDICE, identificado por letras maiúsculas consecutivas, travessão e pelo respectivo título. Utilizam-se letras maiúsculas dobradas, na identificação dos apêndices, quando esgotadas as letras do alfabeto.

EXEMPLO

APÊNDICE A – Avaliação numérica de células inflamatórias

4.2.3.4 Anexo

Elemento opcional. Deve ser precedido da palavra ANEXO, identificado por letras maiúsculas consecutivas, travessão e pelo respectivo título. Utilizam-se letras maiúsculas dobradas, na identificação dos anexos, quando esgotadas as letras do alfabeto.

EXEMPLO

ANEXO A – Representação gráfica de contagem de células inflamatórias presentes nas caudas em regeneração - Grupo de controle I (Temperatura...)

4.2.3.5 Índice

Elemento opcional. Elaborado conforme a ABNT NBR 6034.

5 Regras gerais

A apresentação de trabalhos acadêmicos deve ser elaborada conforme 5.1 a 5.9.

5.1 Formato

Os textos devem ser digitados ou datilografados em cor preta, podendo utilizar outras cores somente para as ilustrações. Se impresso, utilizar papel branco ou reciclado, no formato A4 (21 cm × 29,7 cm).

Os elementos pré-textuais devem iniciar no anverso da folha, com exceção dos dados internacionais de catalogação-na-publicação que devem vir no verso da folha de rosto. Recomenda-se que os elementos textuais e pós-textuais sejam digitados ou datilografados no anverso e verso das folhas.

ABNT NBR 14724:2011

As margens devem ser: para o anverso, esquerda e superior de 3 cm e direita e inferior de 2 cm; para o verso, direita e superior de 3 cm e esquerda e inferior de 2 cm.

Recomenda-se, quando digitado, a fonte tamanho 12 para todo o trabalho, inclusive capa, excetuando-se citações com mais de três linhas, notas de rodapé, paginação, dados internacionais de catalogação-na-publicação, legendas e fontes das ilustrações e das tabelas, que devem ser em tamanho menor e uniforme.

5.2 Espaçamento

Todo texto deve ser digitado ou datilografado com espaçamento 1,5 entre as linhas, excetuando-se as citações de mais de três linhas, notas de rodapé, referências, legendas das ilustrações e das tabelas, natureza (tipo do trabalho, objetivo, nome da instituição a que é submetido e área de concentração), que devem ser digitados ou datilografados em espaço simples. As referências, ao final do trabalho, devem ser separadas entre si por um espaço simples em branco.

Na folha de rosto e na folha de aprovação, o tipo do trabalho, o objetivo, o nome da instituição e a área de concentração devem ser alinhados do meio da mancha gráfica para a margem direita.

5.2.1 Notas de rodapé

As notas devem ser digitadas ou datilografadas dentro das margens, ficando separadas do texto por um espaço simples de entre as linhas e por filete de 5 cm, a partir da margem esquerda. Devem ser alinhadas, a partir da segunda linha da mesma nota, abaixo da primeira letra da primeira palavra, de forma a destacar o expoente, sem espaço entre elas e com fonte menor.

5.2.2 Indicativos de seção

O indicativo numérico, em algarismo arábico, de uma seção precede seu título, alinhado à esquerda, separado por um espaço de caractere. Os títulos das seções primárias devem começar em página ímpar (anverso), na parte superior da mancha gráfica e ser separados do texto que os sucede por um espaço entre as linhas de 1,5. Da mesma forma, os títulos das subseções devem ser separados do texto que os precede e que os sucede por um espaço entre as linhas de 1,5. Títulos que ocupem mais de uma linha devem ser, a partir da segunda linha, alinhados abaixo da primeira letra da primeira palavra do título.

5.2.3 Títulos sem indicativo numérico

Os títulos, sem indicativo numérico – errata, agradecimentos, lista de ilustrações, lista de abreviaturas e siglas, lista de símbolos, resumos, sumário, referências, glossário, apêndice(s), anexo(s) e índice(s) – devem ser centralizados.

5.2.4 Elementos sem título e sem indicativo numérico

Fazem parte desses elementos a folha de aprovação, a dedicatória e a(s) epígrafe(s).

5.3 Paginação

As folhas ou páginas pré-textuais devem ser contadas, mas não numeradas.

Para trabalhos digitados ou datilografados somente no anverso, todas as folhas, a partir da folha de rosto, devem ser contadas sequencialmente, considerando somente o anverso. A numeração deve figurar, a partir da primeira folha da parte textual, em algarismos arábicos, no canto superior direito da folha, a 2 cm da borda superior, ficando o último algarismo a 2 cm da borda direita da folha.

Quando o trabalho for digitado ou datilografado em anverso e verso, a numeração das páginas deve ser colocada no anverso da folha, no canto superior direito; e no verso, no canto superior esquerdo.

No caso de o trabalho ser constituído de mais de um volume, deve ser mantida uma única sequência de numeração das folhas ou páginas, do primeiro ao último volume. Havendo apêndice e anexo, as suas folhas ou páginas devem ser numeradas de maneira contínua e sua paginação deve dar seguimento à do texto principal.

5.4 Numeração progressiva

Elaborada conforme a ABNT NBR 6024. A numeração progressiva deve ser utilizada para evidenciar a sistematização do conteúdo do trabalho. Destacam-se gradativamente os títulos das seções, utilizando-se os recursos de negrito, itálico ou sublinhado e outros, no sumário e, de forma idêntica, no texto.

5.5 Citações

Apresentadas conforme a ABNT NBR 10520.

5.6 Siglas

A sigla, quando mencionada pela primeira vez no texto, deve ser indicada entre parênteses, precedida do nome completo.

EXEMPLO

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

5.7 Equações e fórmulas

Para facilitar a leitura, devem ser destacadas no texto e, se necessário, numeradas com algarismos arábicos entre parênteses, alinhados à direita. Na sequência normal do texto, é permitido o uso de uma entrelinha maior que comporte seus elementos (expoentes, índices, entre outros).

EXEMPLO

$$x^2 + y^2 = z^2 \quad (1)$$

$$(x^2 + y^2)/5 = n \quad (2)$$

5.8 Ilustrações

Qualquer que seja o tipo de ilustração, sua identificação aparece na parte superior, precedida da palavra designativa (desenho, esquema, fluxograma, fotografia, gráfico, mapa, organograma, planta, quadro, retrato, figura, imagem, entre outros), seguida de seu número de ordem de ocorrência no texto, em algarismos arábicos, travessão e do respectivo título. Após a ilustração, na parte inferior, indicar a fonte consultada (elemento obrigatório, mesmo que seja produção do próprio autor), legenda, notas e outras informações necessárias à sua compreensão (se houver). A ilustração deve ser citada no texto e inserida o mais próximo possível do trecho a que se refere.

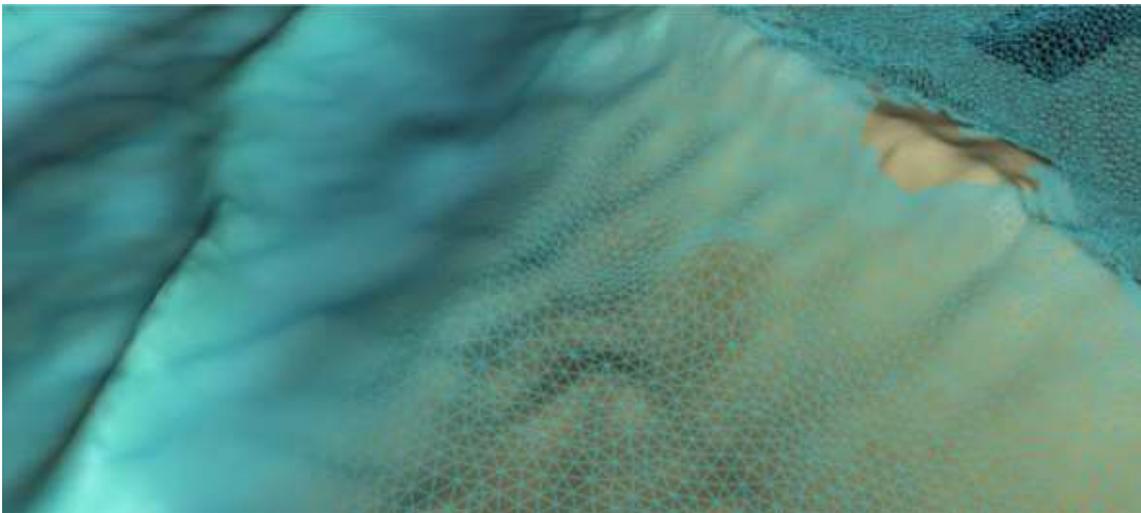
5.9 Tabelas

Devem ser citadas no texto, inseridas o mais próximo possível do trecho a que se referem e padronizadas conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

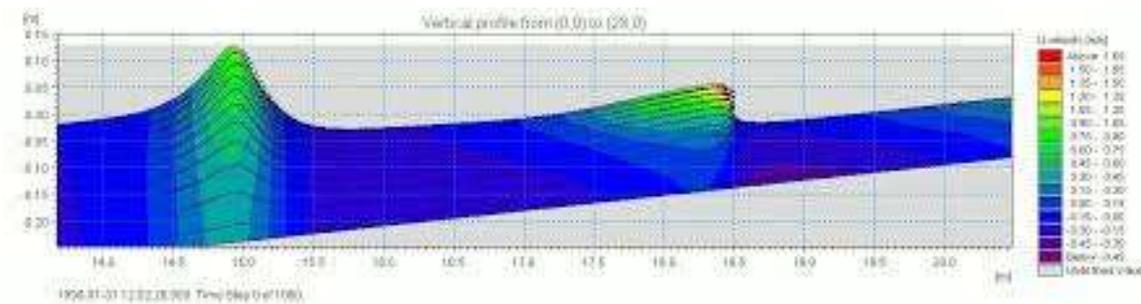
ANEXO B

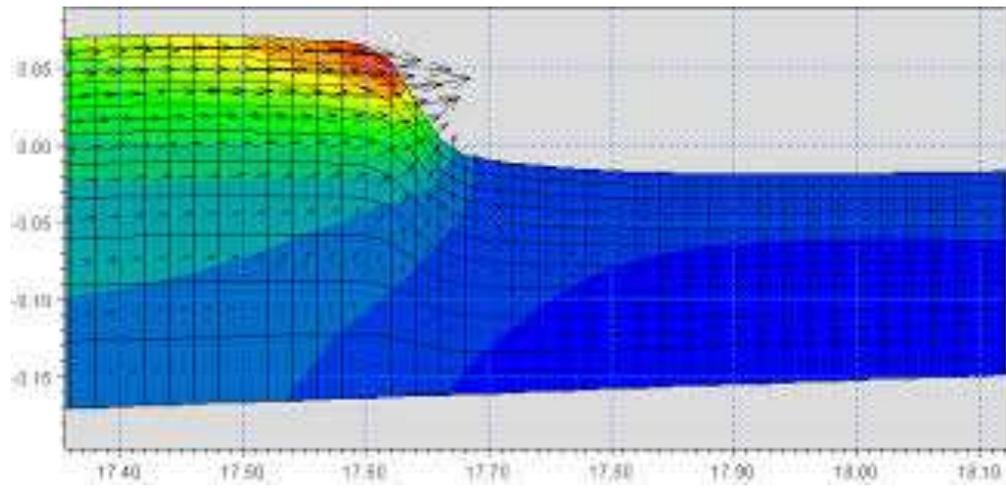
SOFTWARE MIKE 3 WAVE FM

Resolução de Problemas Complexos de Engenharia Costeira e Portuária



<https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-3-wave-fm>





Fonte: 3D WAVE MODELLING WIYH MIKE 3 WAVE FM

ANEXO C

TABELAS REFERENTES ÀS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA PROJETOS DE RODOVIAS

Características técnicas para projeto de novas rodovias – Classes 0, I e II

DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Unidade	CLASSE 0			CLASSE I			CLASSE II		
		Plano	Ondul.	Mont.	Plano	Ondul.	Mont.	Plano	Ondul.	Mont.
Velocidade diretriz mínima	km/h	120	100	80	100	80	60	100	70	50
Distância de visibilid. de parada: – mínimo desejável – mínimo absoluto	m	310	210	140	210	140	85	210	110	65
	m	205	155	110	155	110	75	155	90	60
Distância mínima de visibilidade de ultrapassagem	m	-	-	-	680 ⁽⁸⁰⁾	560 ⁽⁹⁰⁾	420 ⁽¹⁰⁰⁾	680	490	350
Raio mínimo de curva horizontal (p/superelev. máx.)	m	540	345	210	345	210	115 ⁽¹⁾	375	170	80
Taxa de superelevação máxima	%	10	10	10	10	10	10 ⁽²⁾	8	8	8
Rampa máxima	%	3	4	5	3	4 1/2	6	3	5	7
Valor K para curvas convexas: – mínimo desejável – mínimo absoluto	m/%	233	107	48	107	48	18	107	29	10
	m/%	102	58	29	58	29	14	58	20	9
Valor K para curvas côncavas: – mínimo desejável – mínimo absoluto	m/%	80	52	32	52	32	17	52	24	12
	m/%	50	36	24	36	24	15	36	19	11
Largura da faixa de trânsito	m	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,50	3,30
Largura do acostamento externo: – mínimo desejável – mínimo absoluto	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	m	3,50	3,00 ⁽³⁾	3,00 ⁽³⁾	3,00 ⁽³⁾	2,50	2,50	2,50	2,50	2,00
Largura do acostamento interno: – pistas de 2 faixas – pistas de 3 faixas – pistas de 4 faixas	m	0,60-1,20	0,60-1,00	0,50-0,60	Somente para a classe IA.					
	m	2,50-3,00	2,00-2,50	2,00-2,50	Aplicam-se os mesmos valores indicados para a classe 0.					
	m	3,00	2,50-3,00	2,50-3,00						
Gabarito vertical (altura livre): – mínimo desejável – mínimo absoluto	m	-	-	-	-	-	-	5,50	5,50	5,50
	m	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	4,50	4,50	4,50
Afast. min. borda do acost.: – obstáculos contínuos – obstáculos isolados	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Largura do canteiro central: – largura desejável – valor normal – mínimo absoluto	m	10-18	10-18	10-18	10-12	10-12	10-12	-	-	-
	m	6-7	6-7	6-7	2,6	2,6	2,6	-	-	-
	m	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	-	-	-

Observações: ⁽¹⁾ Somente para a classe IA; para a classe IB, considerar 125 m. ⁽²⁾ Somente para a classe IA; para a classe IB, considerar 8%.

⁽³⁾ Preferivelmente 3,50 m quando for previsto volume horário unidirecional de caminhões superior a 250 vph (BRASIL, 1999, p.144).

Fonte dos dados primários: *Manual de projeto geométrico de rodovias rurais* (BRASIL, 1999, p.161-168).

Fonte: LEE, S.H. "Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias", 4ª edição, 2017

Características técnicas para projeto de novas rodovias – Classes III e IV

DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Unidade	CLASSE III			CLASSE IV A			CLASSE IV B		
		Plano	Ondul.	Mont.	Plano	Ondul.	Mont.	Plano	Ondul.	Mont.
Velocidade diretriz mínima	km/h	80	60	40	60	40	30	60	40	30
Distância de visibilidade de parada: - mínimo desejável - mínimo absoluto	m	140	85	45	85	45	30	85	45	30
	m	110	75	45	75	45	30	75	45	30
Distância mínima de visibilidade de ultrapassagem	m	560	420	270	420	270	180	420	270	180
Raio mínimo de curva horizontal (p/superelev. máx.)	m	230	125	50	125	50	25	125	50	25
Taxa de superelevação máxima	%	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Rampa máxima	%	4	6	8	4	6	8	6	8	10 ^(b)
Valor K para curvas convexas: - mínimo desejável - mínimo absoluto	m/%	48	18	5	18	5	2	18	5	2
	m/%	29	14	5	14	5	2	14	5	2
Valor K para curvas côncavas: - mínimo desejável - mínimo absoluto	m/%	32	17	7	17	7	4	17	7	4
	m/%	24	15	7	15	7	4	15	7	4
Largura da faixa de trânsito	m	3,50	3,30	3,30	3,00	3,00	3,00	2,50	2,50	2,50
Largura do acostamento externo	m	2,50	2,00	1,50	1,30	1,30	0,80	1,00	1,00	0,50
Gabarito vertical (altura livre): - mínimo desejável - mínimo absoluto	m	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
	m	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Afastam. mín. borda do acost.: - obstáculos contínuos - obstáculos isolados	m	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Observação: ^(b) Em extensão limitada a 300 m contínuos.

Fonte dos dados primários: *Manual de projeto geométrico de rodovias rurais* (BRASIL, 1999, p. 161-168).

Fonte: LEE, S.H. "Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias", 4ª edição, 2017

ANEXO D

✓ *CAPACIDADE DE RODOVIAS*

✓ *TABELA DE NÍVEIS DE SERVIÇO PARA RODOVIAS DE DUAS FAIXAS*

CAPACIDADE DE RODOVIAS

Capacidade horária de uma rodovia rural, duas faixas e dois sentidos (Segundo o HCM 2016, 6ª Edição)

Conceito

A capacidade de uma rodovia representa o número máximo de veículos que podem passar pela seção transversal da mesma no período de uma hora.

Procedimento de cálculo

A capacidade de uma rodovia é definida para as condições básicas (ideais) e calculada para as condições prevalecentes (reais).

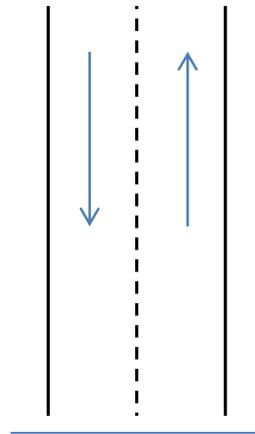
Condições básicas (ideais)

- Largura da faixa de tráfego $\geq 3,60\text{m}$;
- Largura do acostamento $\geq 1,80\text{m}$;
- Inexistência de zonas de não ultrapassagem;
- Somente carros de passeio (pc) na corrente de tráfego (os demais veículos devem ser transformados em equivalentes a carros de passeio);
- Terreno em nível (plano);
- Alinhamento horizontal em tangente;
- Nenhum impedimento no fluxo de tráfego (ex: retorno de veículos ou lombadas).

Capacidade para condições básicas (ideais)

Considerando-se duas faixas de tráfego operando em dois sentidos, tem-se:

Capacidade Total = 3.200 pc/h.



3.200

Fig.– Rodovia rural de duas faixas e dois sentidos

Fonte: HCM2010, adaptado por Roberto Stosick

Capacidade para condições prevalentes (reais)

A. Para as rodovias consideradas arteriais (tipo I, segundo o HCM2010)

Calcula-se os dois valores e adota-se o menor deles

$$C_{d,ATS} = 1700 * f_{g,ATS} * f_{hv,ATS}$$

$$C_{d,PTSF} = 1700 * f_{g,PTSF} * f_{hv,PTSF}$$

Onde:

$C_{d,ATS}$ = Capacidade por faixa, O ATS reflete a mobilidade em uma rodovia de duas faixas.

$C_{d,PTSF}$ = Capacidade por faixa, PTSF Percentagem de tempo em pelotão no sentido de análise.

$f_{g,ATS}$ = Fator de ajustamento de greide

$f_{hv,ATS}$ = Fator de ajustamento para veículos pesados

$f_{g,PTSF}$ = Fator de ajustamento de greide para determinação do PTSF*

$f_{hv,PTSF}$ = Fator de veículo pesado para determinação do PTSF*

(*) $PTSF$ = Percentagem de tempo em pelotão no sentido de análise

B. Para as rodovias consideradas coletoras (tipo II, segundo o HCM2010)

Adotar

$$C_{d,PTSF} = 1700 * f_{g,PTSF} * f_{hv,PTSF}$$

C. Para as rodovias consideradas locais (tipo III, segundo o HCM2010) adotar somente

$$C_{d,ATS} = 1700 * f_{g,ATS} * f_{hv,ATS}$$

Para uma Rodovia de Faixas Múltiplas

A. Condições básicas

- Bom tempo;
- Boa visibilidade;
- **Não** acidentes ou incidentes;
- **Não** “obras na pista”;
- **Não** defeitos no pavimento que afetam operação;
- **Não** veículos pesados;
- Motoristas rotineiros

B. Capacidade sob condições básicas

- 60mi/h (97km/h) → 2200 pc/h/ln
- 55mi/h (88km/h) → 2100 pc/h/ln
- 50mi/h (80km/h) → 2000 pc/h/ln
- 45mi/h (72km/h) → 1900 pc/h/ln

C. Velocidade de fluxo livre

- Velocidade do tráfego em baixos volumes e baixas densidades (<1400 pc/h/ln)

D. São características destas rodovias

- Limites de velocidade de 44 a 55mi/h; (70km/h a 88km/h)

- 4 a 6 faixas em ambas as direções;
- Com canteiro central ou TWLTL (faixa de giro à esquerda);
- Pode ser não dividida;
- Normalmente localizadas em áreas suburbanas, conduzindo para áreas centrais, ou corredores de alto volume de tráfego rural, ou duas atividades importantes que geram um tráfego diário substancial;
- Semáforos espaçados de, no mínimo, 2 mi; (3,20 km);
- Volumes de tráfego entre 15.000 e 40.000 veículos/dia.

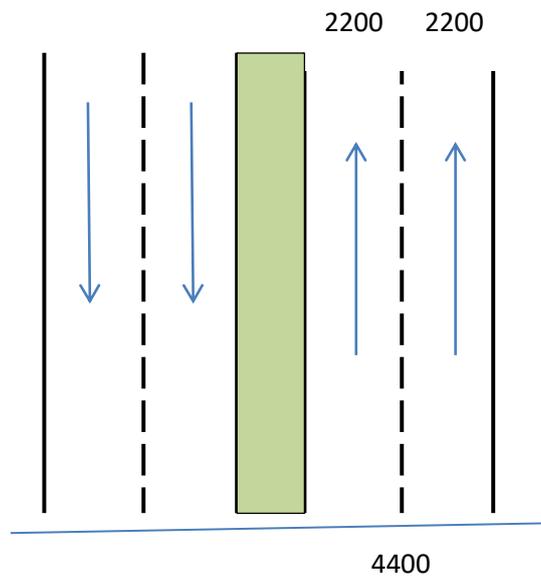


Fig. 2.54 – Rodovia de faixas múltiplas
 Fonte: Adaptado por Roberto Stosick

Tabela de Níveis de Serviço para Rodovias de duas faixas

Para uma rodovia com duas faixas de tráfego, operando em dois sentidos, segundo o HCM2016, 6ª Edição, tem-se:

Nível de Serviço de veículos motorizados para rodovias de duas faixas

Nível de Serviço (NS)	Rodovias Classe I		Rodovias Classe II	Rodovias Classe III
	ATS (km/h)	PTSF (%)	PTSF (%)	PFFS (%)
A	>88	≤35	≤40	>91.7
B	>80-88	>35-50	>40-55	>83.3-91.7
C	>72-80	>50-65	>55-70	>75.0-83.3
D	>64-72	>65-80	>70-85	>66.7-75.0
E	≤64	>80	>85	≤66.7
F	Demanda excede a capacidade			

Nota: Para rodovias classe I, o NS é determinado pelo pior entre o NS baseado em ATS e o NS baseado em PTSF.

Fonte: HCM2016, 6ª Edição, Vol. 2 – Chapter 15, Two-Lane Highways – Adaptado por Roberto Stosick

Onde:

ATS = Velocidade Média de Viagem - reflete a mobilidade em uma rodovia de duas faixas. É definido como o comprimento do segmento de rodovia dividido pelo tempo médio de viagem para veículos percorrê-lo durante o período de análise.

PTSF = Porcentagem do tempo gasto após – Representa a liberdade de manobra, o conforto e a conveniência da viagem.

PFFS = Porcentagem de velocidade de fluxo livre – Representa a capacidade de os veículos viajarem no limite de velocidade registrado ou próximo a ele.

Ilustrações de Classificações de Rodovias de duas pistas Classes I, II e III



Exemplos de Rodovias de pistas duplas – Classe I



Exemplos de Rodovias de pistas duplas – Classe II



Exemplos de Rodovias de pistas duplas – Classe III

Fonte: HCM2016, 6ª Edição, Vol. 2 – Chapter 15, Two-Lane Highways – Adaptado por Roberto Stosick

ANEXO E

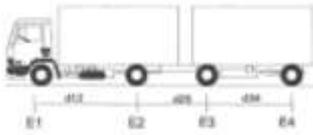
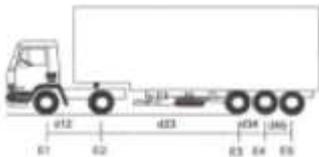
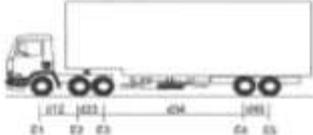
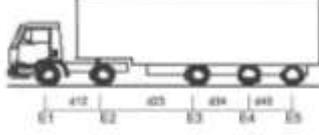
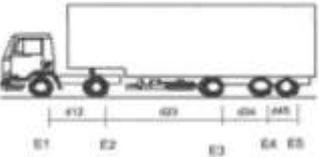
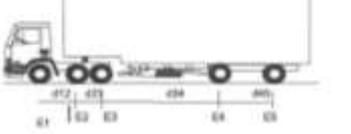
TABELA DE CLASSIFICAÇÕES DO DNIT



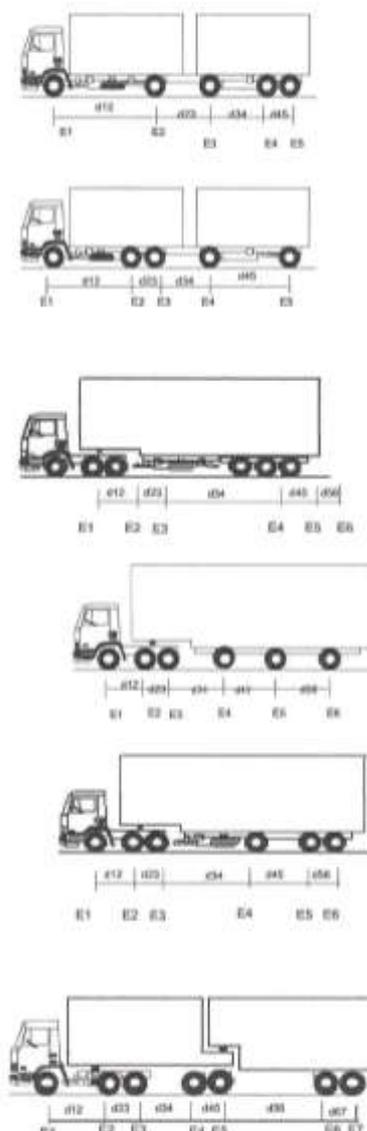
TABELA DE CLASSIFICAÇÕES:

VEÍCULOS QUE NÃO NECESSITAM DE AET:

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT / CMT MAX. (t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
	2	16 (16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton ou a capacidade declarada pelo fabricante do pneumático. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12 ≤ 3,50 m	2C	65 ou 66
	3	23 (24,2)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12 > 2,40 m 1,20 < d23 ≤ 2,40 m	3C	67
	3	26 (27,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23 > 2,40 m	2S1	68
	4	31,5 (33,1)	CAMINHÃO SIMPLES E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3E4 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d12 > 2,40 m 1,20 < d23, d34 ≤ 2,40 m	4C	69
	4	29 (30,5)	CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. 1,20 m < d34 ≤ 2,40 m	4CD	70
	4	33 (34,7)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d23 > 2,40 m 1,20 m < d34 ≤ 2,40 m	2S2	71
	4	36 (37,8)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m	2I2	60

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT / CMT MÁX. (t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
	4	33 (34,7)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23 ≤ 2,40 m	3S1	72
	4	36 (37,8)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m	2C2	73
	5	41,5 (43,6)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3E4E5 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d12, d23 > 2,40 m 1,20 m < d34, d45 ≤ 2,40 m	2S3	74
	5	40 (42)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45 ≤ 2,40 m	3S2	75
	5	46 (48,30) Res. Contran 184/2005	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34, d45 > 2,40 m	2I3	82
	5	43 (45,2)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m 1,20 m < d45 ≤ 2,40 m	2J3	84
	5	43 (45,2)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23 ≤ 2,40 m	3I2	81

SILHUETA



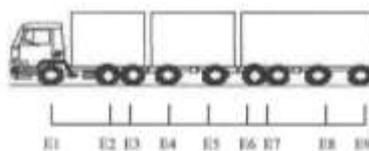
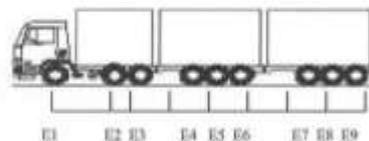
Nº DE EIXOS	PBT / CMT MAX. (t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
5	43 (45,2)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m 1,20 m < d45 ≤ 2,40	2C3	76
5	43 (45,2)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23 ≤ 2,40	3C2	77
6	46,5 (50,93) Res. Contran 184/2005	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5E6 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d56 ≤ 2,40 m	3S3	78
6	53 (55,65) Res. Contran 184/2005	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34, d45, d56 > 2,40 m 1,20 m < d23 ≤ 2,40 m	3I3	83
6	50 (52,5) Res. Contran 184/2005	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23, d56 ≤ 2,40 m	3J3	85
7	57 (59,9) Res. Contran 184/2005	BI TREM ARTICULADO (caminhão trator trucado + dois semi reboques) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d56 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d67 ≤ 2,40 m	3T4	91

VEÍCULOS QUE NECESSITAM DE AET:

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT / CMT MÁX. (t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
	6	50 (52,5)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23, d56 < 2,40 m	3C3	79
	6	50 (52,5)	ROMEU E JULIETA (caminhão trucado + reboque) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23, d56 < 2,40 m	3D3	90
	7	57 (59,9)	ROMEU E JULIETA (caminhão trucado + reboque) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d56 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d67 < 2,40 m	3D4	88
	7	63 (66,2)	TREMINHÃO (caminhão trucado + dois reboques) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E7 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34, d56, d67 > 2,40 m 1,20 m < d23 < 2,40 m	3D4	92
	9	74 (77,7)	TRI TREM (caminhão trator trucado + três semi reboques) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E8E9 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d56, d78 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d67, d89 < 2,40 m	3T6	93
	9	74 (77,7)	RODOTREM (caminhão trator trucado + dois semi reboques com dolly) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E8E9 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d56, d78 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d67, d89 < 2,40 m	3T6	93

05 Silhuetas.doc

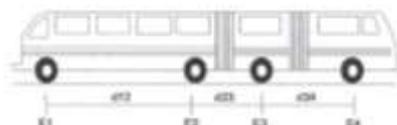
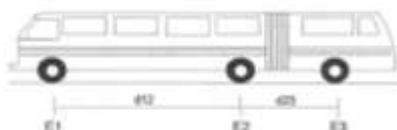
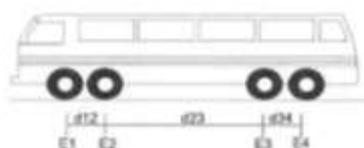
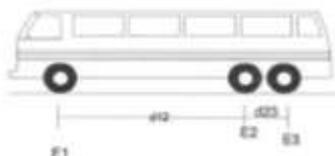
SILHUETA



Nº DE EIXOS	PBT / CMT MÁX. (t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
9	74(77,7)	TREMINHÃO DE 9 EIXOS(caminhão trucado + dois reboques) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5E6 = eixo triplo; carga máxima 25,5 ton. E7E8E9 = eixo triplo; carga máxima 25,5 ton.	3Q6	89
9	80(84)	ROMEU E JULIETA DE 9 EIXOS(caminhão trucado + reboque) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo simples; carga máxima 10 ton. E5 = eixo simples; carga máxima 10 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E8 = eixo simples; carga máxima 10 ton. E9 = eixo simples; carga máxima 10 ton.	3D6	94
>45		NECESSITA AET	X	88

ÔNIBUS

SILHUETA



Nº DE EIXOS	PBT / CMT MAX. (t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
2	16 (16,8)	ÔNIBUS E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton ou a capacidade declarada pelo fabricante do pneumático. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12 \leq 3,50$ m	2C	65 ou 66
3	19,5 (20,5)	ÔNIBUS TRUCADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23 \leq 2,40$ m	3CB	66
4	25,5 (26,8)	ÔNIBUS DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. $1,20$ m < $d34 \leq 2,40$ m	4CB	67
3	26 (27,3)	ÔNIBUS URBANO ARTICULADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12, d23 > 2,40$ m	2S1	68
4	36 (37,8)	ÔNIBUS URBANO BI-ARTICULADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12, d23, d34 > 2,40$ m	2I2	80

ANEXO F

LINHAS POINT-TO-POINT, P2P E HUB-AND-SPOKE (H&S)

Point-to-point (P2P)

Número de linhas (rotas) para ligar n aeroportos (destinos):

$$Rotas_{(P2P)} = \frac{n(n-1)}{2}$$

Exemplos:

i. para ligar 10 aeroportos (destinos), o número total de linhas (rotas) seria:

$n = 10$ aeroportos (destinos)

$$Rotas_{(P2P)} = \frac{10(10-1)}{2} \rightarrow Rotas_{(P2P)} = \frac{100-10}{2} \rightarrow Rotas_{(P2P)} = \frac{90}{2} \rightarrow Rotas_{(P2P)} = 45$$

Seriam necessárias 45 linhas (rotas) para ligar 10 aeroportos (destinos)

Exercício (Point-to-point), com resolução através de matriz:

1) Na situação Point-to-Point (P2P)

Para ligar 8 aeroportos (destinos), o número total de linhas (rotas) seria:

O D	1	2	3	4	5	6	7	8
1	--	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
2	L1	--	L8	L9	L10	L11	L12	L13
3	L2	L8	--	L14	L15	L16	L17	L18
4	L3	L9	L14	--	L19	L20	L21	L22
5	L4	L10	L15	L19	--	L23	L24	L25
6	L5	L11	L16	L20	L23	--	L26	L27
7	L6	L12	L17	L21	L24	L26	--	L28
8	L7	L13	L18	L22	L25	L27	L28	--

Teremos 28 (vinte e oito) linhas (rotas)

Hub-and-Spoke (H&S)

Número de linhas (rotas) para ligar n aeroportos (destinos):

$$Rotas_{(H\&S)} = n-1$$

Exemplo: para ligar 10 aeroportos (destinos), o número total de linhas (rotas) seria:

$n = 10$ aeroportos (destinos)

$$Rotas_{(H\&S)} = n-1 \rightarrow Rotas_{(H\&S)} = 10-1 \rightarrow Rotas_{(H\&S)} = 9$$

Seriam necessárias 9 linhas (rotas) para ligar 10 aeroportos (destinos)

Exercício (*Hub-and-spoke*) com resolução através de matriz:

2) Na situação *Hub-and-Spoke (H&S)*

Conectar 8 (oito) aeroportos (destinos):

O \ D	1 (HUB)	2	3	4	5	6	7	8
1 (HUB)	--	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
2	L1	--						
3	L2		--					
4	L3			--				
5	L4				--			
6	L5					--		
7	L6						--	
8	L7							--

Teremos 7 (sete) linhas (rotas).

ANEXO G

EXEMPLOS REFERENTES A MODELOS DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

Exemplo 1:

Modelos de Regressão Linear Simples

$$Y = a + bx$$

Y = variável dependente

x = variável independente ou explicativa do comportamento de Y

a, b = parâmetros a serem determinados

Exemplo 2:

Função Potência → pode ser desenvolvida através de artifício de linearização

$$Y = a_0 * x_1^{a_1} * x_2^{a_2} \dots x_n^{a_n}$$

- Esta função pode ser linearizada através da aplicação de logaritmos

$$\log y = \log a_0 + a_1 \log x_1 + a_2 \log x_2 + \dots + a_n \log x_n$$

$$Y' = a_0' + a_1 x_1' + a_2 x_2' + \dots + a_n x_n'$$

- Através da regressão linear múltipla, obtém-se os valores de a_0', a_1, \dots
- O valor de a_0' é obtido da relação $a_0 = 10^{a_0'}$

Exemplo 3:

Função Exponencial

$$Y = a_0 * e^{a_1 x} \quad \ln y = \ln a_0 + a_1 x \quad \ln e^{y'} = a_0' + a_1 x \quad a_0 = e^{a_0'}$$

Exemplo 4:

Função Gompertz

$$y = a^{b^x} \quad \log y = b^x \log a \quad y' = b^{x a'}$$

$$\log y' = \log a' + x \log b y'' = a'' + x b'$$

onde:

$$a = (10)^{10^{a'}} \quad b = 10^{b'}$$

Extensões

Exemplo: emprego; de uma pesquisa domiciliar, obteve-se os seguintes valores de taxas médias de produção de viagens casa-trabalho, por residência/dia ($T_{(c)}$).

Tabela de Produção de Viagens

PESSOAS RESIDENTES	NÚMERO DE AUTÔNOMOS	RENDA (SM)		
		0-12	13-24	>24
1 – 3	0	2,8728	6,2418	---
	≥ 1	4,4555	6,7730	7,2602
4 – 6	0	2,9568	6,6286	---
	≥ 1	4,6486	6,9922	8,1942
> 6	0	3,2968	6,7049	---
	≥ 1	4,9753	7,3689	8,2796

Métodos de Fator de Expansão

Exemplo: Ano-Base $\Rightarrow o_j = 1500$ viagens/diapop = 800 habitantes

Horizonte de Planejamento $\Rightarrow pop = 1.600$ hab.

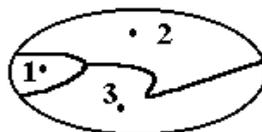
$o_j = ?$

$$F_{C_i} = \frac{Pop}{Pop} = \frac{1600}{800} = 2 \Rightarrow o_j = o_j * 2 = 1500 * 2 = 3000 \text{ viagens/dia}$$

Método do Fator de Crescimento Uniforme

Exemplo: Estimar a distribuição de viagens/dia (T_{ij}) para 2017, sabendo-se que:

- dos estudos de geração $T_{2017} = 180$
- dos levantamentos do dados (2007), tem-se:



$T_{ij}(2007) =$

D	1	2	3	Σ
O				
1	---	20	10	30
2	20	---	30	50
3	10	30	---	40
Σ	30	50	40	t = 120

$$FC = \frac{180}{120} = 1,50 T_{ij} = 1,50 * t_{ij}$$

$T_{ij}(2017) =$

	1	2	3	Σ
1	---	30	15	45
2	30	---	45	75
3	15	45	---	60
Σ	45	75	60	T = 180

Métodos Anteriores à Distribuição

Exemplo: Das pesquisas O/D, tem-se:

$o_j = 1.000$ viagens/dia, sendo 60% de automóveis e 40% de ônibus

Sabendo-se dos modelos de geração, que $O_i(2007) = 2.000$ viagens/dia, qual o valor de $O_i(2007)$ para automóveis e ônibus.

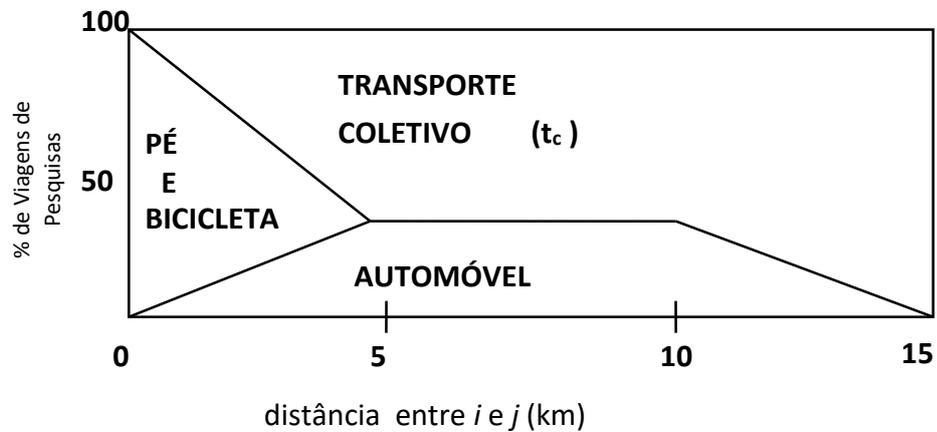
$O_i(2007)$ automóveis $\rightarrow 2.000 * 0,6 = 1.200$ viagens/dia

$O_i(2007)$ ônibus $\rightarrow 2.000 * 0,4 = 800$ viagens/dia

Métodos Posteriores a Distribuição

Exemplo: Modelo de Zurich.

A repartição é feita em função da distância entre i e j . Esta relação é definida através de processo de calibração, utilizando-se dados de pesquisas.



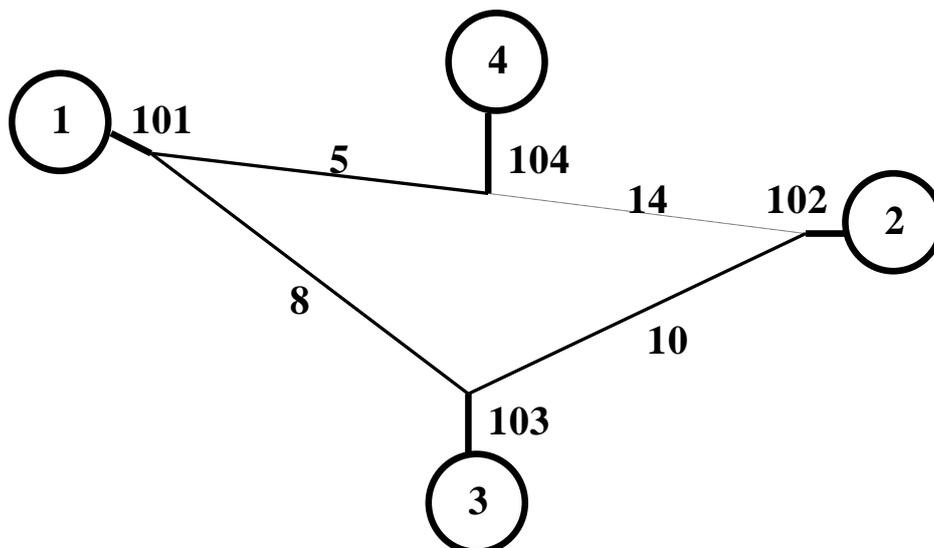
Exemplo: Sendo $T_{ij} = 200$ viagens/dia $D_{ij} = 5$ km, obtém-se através do gráfico

% (tc) = 40% (aut) = 60

$T_{ij}(tc) = 200 * 0,40 = 80$ viagens/dia $T_{ij}(aut) = 200 * 0,60 = 120$ viagens/dia

Construção das Árvores da Rede Viária

Exemplo: Dada a rede viária abaixo,



Determinar os caminhos de menor impedância:

O	D	NÚMERO DE CAMINHOS	ARCOS	IMPEDÂNCIA	ORDEM DE IMPEDÂNCIA
1	2	1	101-104, 104-102	$5 + 14 = 19$	2
		2	101-103, 103-102	$8 + 10 = 18$	1
1	3	1	101-103	8	1
		2	101-104, 104-102, 102-103	$5 + 14 + 10 = 29$	2
1	4	1	101-104	5	1
		2	101-103, 103-102, 102-104	$8 + 10 + 14 = 32$	2

Há programas de computador disponíveis para realizar tal tarefa. São baseados em algoritmos como *Moore*, *Floyd*, *Dantzig*, *Dijkstra*.

Carregamento de Árvores

Consiste em alocar os fluxos junto às rotas selecionadas.

Exemplo: Dada uma matriz O/D:

	1	2	3	4
1	-	50	60	30
2	50	-	80	20
3	70	80	-	45
4	30	20	45	-

Calcular o fluxo (F) no arco 101-104.

$$F_{(101-104)} = 30 + 30 + 45 + 45 = 150$$

ANEXO H

EXEMPLO DE DETERMINAÇÃO DO TRÁFEGO ATUAL

Para calcular o Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) em um determinado trecho rodoviário, pode-se adotar os seguintes procedimentos, conforme apresentados a seguir.

a) Tráfego obtido nas contagens de campo

As contagens normalmente são amostrais, e podem ser programadas de acordo com os métodos usualmente utilizados pelos órgãos rodoviários.

Exemplo: Tabela 1 – Resultado da contagem (total de veículos)

CONTAGEM		Horário da Contagem	Tráfego no Horário das 07:00 às 19:59	Tráfego nas 24 horas
DATA	DIA DA SEMANA			
02/03/Ano a	Terça-feira	07:00 às 19:59	360	?
03/03/Ano a	Quarta-feira	00:00 às 24:00	400	520
04/03/Ano a	Quinta-feira	07:00 às 19:59	380	?

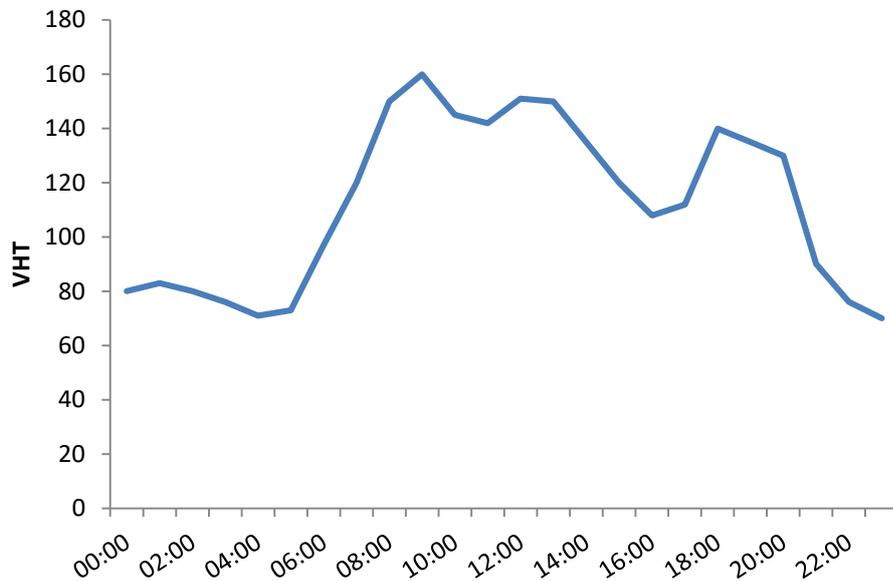
Tabela 2 - Composição média do tráfego (resultado do dia 04/03/Ano a)

VEÍCULO	AUTOMÓ-VEIS	ÔNIBUS	CAMINHÕES			REBOQUE E SEMI-REBOQUE	TOTAL
			LEVES	MÉDIOS	PESADOS		
%	60,00	4,00	16,00	14,00	4,00	2,00	100,00

b) Determinação dos fatores de correção das contagens

No intuito de transformar os resultados das contagens em tráfego médio diário anual – TMDA serão determinados fatores de correção. Normalmente consideram-se três tipos de Fatores de Expansão: Horária, Semanal e Mensal. Os fatores considerados neste exemplo são apresentados a seguir.

Fig. 1 – Fator de Expansão Horária



Fonte: Adaptado por Paôla Tomé

- **Fator de expansão horária (FH)**

Com base na contagem realizada para 24 horas, pode-se calcular o tráfego diário total dos outros dias.

$$FH = \text{tráfego 24 horas} / \text{tráfego 13 horas}$$

$$FH = 520 / 400$$

$$FH = 1,30$$

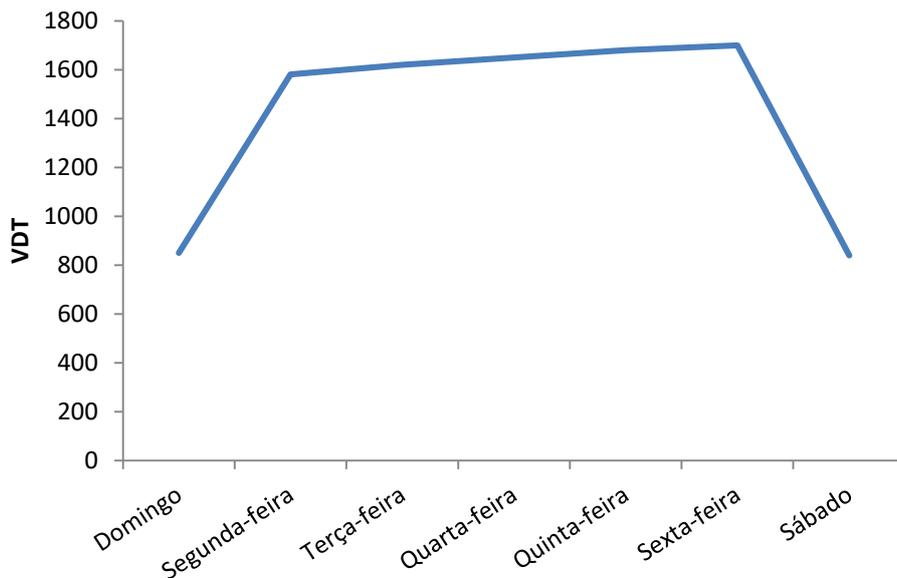
Tabela 3 – Cálculo do tráfego total no dia

CONTAGEM		FH	Tráfego no Horário das 07:00 às 19:59	Tráfego nas 24 horas
DATA	DIA DA SEMANA			
02/03/Ano a	Terça-feira	1,30	360	468
03/03/Ano a	Quarta-feira	1,30	400	520
04/03/Ano a	Quinta-feira	1,30	380	494
MÉDIA				494

- **Fatores de expansão diária (FD)**

Os fatores de variação diária ajustam as alterações de tráfego existentes entre os diferentes dias da semana. Tais fatores podem ser calculados com base em contagens semanais realizadas no trecho em estudo ou (se não tiver dados disponíveis e não houver possibilidades de realização de contagem) utilizam-se contagens de outro trecho tido como de natureza semelhante.

Fig. 2 – Fator de Expansão Semanal



Fonte: Adaptado por Paôla Tomé

FD = tráfego médio diário na semana da contagem / tráfego médio diário nos três dias da contagem

Neste exemplo, supõe-se, com base em referencial de outro trecho, que:

$$FD = 0,86$$

Aplicando-se tal fator de correção junto ao tráfego médio diário obtido na Tabela 3, tem-se:

Tráfego médio diário referente à semana da pesquisa = $494 \times 0,86$

Tráfego médio diário referente à semana da pesquisa = 425 veículos

Normalmente, por procedimento de simplificação e falta de maiores informações, admite-se que:

Tráfego médio diário da semana da pesquisa = Tráfego médio diário do mês da pesquisa

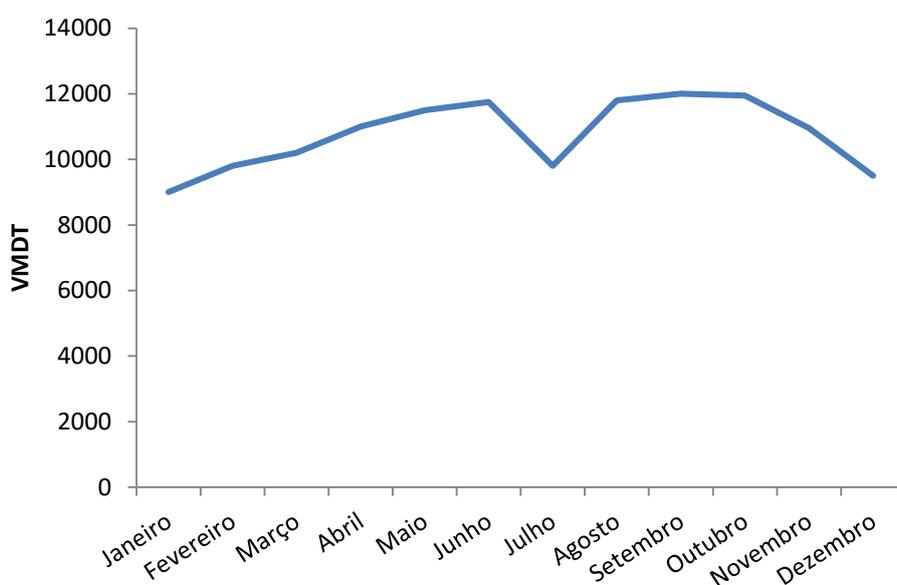
Deste modo, tem-se:

Tráfego médio diário do mês da pesquisa = 425 veículos

- **Fatores de expansão sazonal (ou mensal) (FM)**

Os fatores de expansão sazonal (ou mensal) corrigem as alterações de tráfego existentes entre os diferentes meses do ano. A exemplo do procedimento análogo já observado para o cálculo de FD, tais fatores podem ser determinados com base em contagens anuais realizadas no trecho em estudo ou (se houver indisponibilidade de dados) em outro trecho tido como de natureza semelhante.

Fig. 3 – Fator de Expansão Mensal



Fonte: Adaptado por Paôla Tomé

FM = tráfego médio diário anual / tráfego médio diário no mês da contagem

Neste exemplo supõe-se, com base em referencial de outro trecho, que:

$$FM = 1,36$$

Aplicando-se tal fator de correção junto ao tráfego médio diário referente ao mês da pesquisa, tem-se:

$$\text{Tráfego médio diário anual} = 425 \times 1,36$$

Tráfego médio diário anual (TMDA) = 578 veículos

c) TMDA no trecho por tipo de veículo

Considerando-se a composição do tráfego apresentada na Tabela 2 (pode-se também dar tratamento de fatores de correção a esta composição, caso haja dados disponíveis), tem-se:

Tabela 4 – TMDA Atual (Ano a) no Trecho em Estudo por Tipo de Veículo

VEÍCULO		AUTOMÓ- VEIS	ÔNIBUS	CAMINHÕES			REBOQUE E SEMI- REBOQUE	TOTAL
				LEVES	MÉDIOS	PESADOS		
TMDA	Calc.	0,60 x 578	0,04 x 578	0,16 x 578	0,14 x 578	0,04 x 578	0,02 x 578	
	Res.	347	23	92	81	23	12	578

ANEXO I

MÉTODO DO COMPRIMENTO VIRTUAL E TABELAS DE FATORES VIRTUAIS PARA CÁLCULO DE CUSTOS OPERACIONAIS

MÉTODO DO COMPRIMENTO VIRTUAL (USO CONSAGRADO)

Definições

Rodovia ideal: rodovia em nível, tangente e pavimentada, em boas condições de conservação.

Comprimento virtual: extensão de rodovia ideal que equivale, em termos de estudos operacionais, a um trecho de rodovia sob determinadas características condicionantes.

Características condicionantes de uma rodovia:

a) velocidade operacional no trecho;

b) rampas ou aclives;

c) contrarrampas ou declives;

d) tipo de superfície de rolamento $\left\{ \begin{array}{l} \text{pavimentada} \\ \text{revestimento primário} \\ \text{terra} \end{array} \right.$

e) estado de conservação da pista de rolamento $\left\{ \begin{array}{l} \text{bom} \\ \text{regular} \\ \text{ruim} \end{array} \right.$

f) curvas horizontais com raio $\leq 100\text{m}$;

g) lombadas e depressões;

h) resistência lateral $\left\{ \begin{array}{l} \text{leve} \\ \text{média} \\ \text{pesada} \end{array} \right.$

i) pontes com largura inferior a 5m.

Os dados relativos às características condicionantes podem ser obtidos junto ao projeto (situação futura) ou cadastro (situação existente).

Fatores virtuais

Coeficientes que representam a extensão de rodovia padrão que é equivalente, em termos de custos operacionais, a uma unidade da característica condicionante da rodovia.

• Cálculo do fator virtual (F_{vi})

$$F_{vi} = \frac{Cr_{v}}{Cl} - 1$$

Onde:

Cr_{v} = Custo operacional/Km à vel. econômica tendo em vista uma característica condicionante i qualquer.

Cl = Custo operacional/Km na rodovia ideal.

• Cálculo do acréscimo virtual (ΔLi)

$$\Delta Li = F_{vi} * Li$$

Onde:

Li = Extensão em Km ou frequência em que se verifica a característica i, no trecho em estudo.

• Classificação da rodovia quanto ao traçado

Trata-se de um método simplificado de caracterização do grau de dificuldade com que são vencidas as diferenças de cotas que se verificam ao longo da rodovia. Tem como base o critério dos desníveis acumulados.

$$\Delta h = \frac{\sum_{i=1}^n x_i * l_i}{2L}$$

Onde:

x_i = Inclinação da rampa i (%).

l_i = Extensão da rampa i (agrupa rampas e contrarrampas).

n = Número de tipos de rampas.

L = Extensão total da rodovia.

A classificação é feita em função do valor obtido para Δh :

$\Delta h \leq 1\%$ - Traçado fácil.

1% < Δh ≤ 2% - Traçado médio.

2% < Δh - Traçado difícil.

• **Cálculo das velocidades nas diversas rampas da rodovia**

Velocidade na parte plana - Vp

$$V_p = \frac{V_m}{\frac{F_R + F_{CR}}{2}} \left\{ \begin{array}{l} F_R = \frac{\sum_{i=1}^n \left[l_i * \left(r + r_i \right) \right]}{2L} \\ F_{CR} = \frac{\sum_{i=1}^n \left[l_i * \left(cr + cr_i \right) \right]}{2L} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{cr_i} = V_p * cr_i \\ V_{r_i} = V_p * r_i \end{array} \right.$$

Onde:

Vm = Velocidade média na rodovia.

L = Extensão da rodovia (Km).

F_r = Fator de correção para rampas.

F_{CR} = Fator de correção para contrarrampas.

i = Intervalo de rampa.

li = Extensão da rampa tipo i.

ri = % da velocidade da rampa (extremo do intervalo i) em relação à velocidade no plano.

n = n° de intervalos de rampa.

Cr_i = % da velocidade na contrarrampa (extremo do intervalo i) em relação à velocidade no plano.

V_{r_i} = Velocidade na rampa i.

V_{cr_i} = Velocidade na contrarrampa i.

Os valores de Vm, V_{r_i}, V_{cr_i}, r_i e cr_i podem ser obtidos através de testes ou retirados de tabelas das bibliografias indicadas. Têm como base testes do GEIPOT - DNER.

- **Cálculo do custo operacional**

O cálculo, por tipo de veículo, é feito em três etapas:

- Custo operacional na rodovia ideal à velocidade econômica (CI);
- Custo operacional na rodovia real à velocidade mais econômica:

$$COP = CI(L + \Sigma\Delta L)$$

- Custo operacional na rodovia real à velocidade real:

$$COP = CI(L + \Sigma DL + \Sigma DL')$$

Sendo:

COP = Custo operacional do veículo no trecho considerado.

CI = Custo operacional do veículo, à velocidade mais econômica, na rodovia ideal (UM/Km).

L = Extensão do trecho (Km).

$\Sigma\Delta L$ = Soma dos acréscimos virtuais à velocidade mais econômica, considerando as características condicionantes (Km).

$\Delta L'$ = Soma dos acréscimos virtuais, devido ao fato de a velocidade real ser diferente da mais econômica, considerando as características condicionantes (Km).

Exemplo de cálculo de custo operacional na rodovia ideal

Pesquisa realizada utilizando um veículo tipo Gol CL (gasolina).

Combustível

Consumo = 0,080 l/Km

Preço = 113,00 Unidades Monetárias - UM

Custo/Km = 9,04 UM

Óleo do cárter e diferencial

Cárter:

Consumo = 3l/5000 Km

Preço/l = 480,00 UM

Diferencial:

Consumo: 2,5l/20.000 Km = 0,000125

Preço/l = 540,00 UM

Custo/Km = 0,0006 * 480,00 + 0,000125 * 540,00 = 0,36 UM

Lubrificação e lavagem

Periodicidade = 1500 Km

Preço = 900,00 UM

Custo/Km = 0,60 UM

Manutenção

Custo/Km = 48 * (E-7) * preço do veículo

Preço do veículo (sem pneus) = 2.420.000,00 UM

Custo/Km = 11,62 UM

Pneus

Durabilidade = 50.000 Km

Preço (pneu + câmara) = 4 * 10.100,00 = 40.400,00 UM

Custo/Km = $\frac{40.400,00}{50.000} = 0,81$ UM

Salário (motorista e ajudante)

Custo: 0 UM/Km

Depreciação

Vu = Vida útil à velocidade econômica = 5,5 anos

K = Quilometragem anual percorrida à velocidade econômica = 32.000 Km.

VR = Valor residual = 25%.

PV = Preço do veículo (sem pneus) = 2.420.000,00 UM

i = Taxa de juros anuais = 12%

$$\text{Custo/Km} = \frac{2.420.000(1 - 25/100)}{32.000 * 5,5} = 10,31 \text{ UM}$$

Juros

$$\text{Custo/Km} = \frac{\text{PV}(1 - \text{VR}/100) * i * \left(\frac{\text{Vu} + 1}{2\text{Vu}} \right) + \text{PV} * \frac{\text{VR}}{100} * i}{K} = 6,29 \text{ UM}$$

Licenciamento e Seguros

CL = Custo do licenciamento = 17.500,00 UM

CS = Custo do seguro = 1.400,00 UM

$$\text{Custo/Km} = \frac{\text{CL} + \text{CS}}{K} = \frac{17.500 + 1.400}{32.000} = 0,59 \text{ UM}$$

Administração e Eventuais

Custo/Km, = 10% do somatório dos custos já calculados

Custo/Km = 0,10 * 39,62 = 3,96 UM

Custo operacional financeiro total = 43,58 UM

Obs.: Para o cálculo do custo econômico, são feitos os descontos relativos a impostos e seguros. Cabe ainda informar que o pacote computacional HDM, desenvolvido pelo Banco Mundial, dispõe de um módulo chamado VOC, que calcula custo operacional de diferentes modelos de veículos, em diversos tipos de rodovias.

Exemplo de cálculo de custo operacional real

De acordo com dados obtidos através de cadastramento, um determinado trecho rodoviário, candidato a receber melhoramentos, apresenta as seguintes características:

Extensão = 20,00 Km

Nº de pontes com largura < 5m = 4

Nº de curvas com raio ≤ 100 = 10

Nº de lombadas e depressões fortes = 2

Extensões apresentando resistência lateral (Km) $\left\{ \begin{array}{l} \text{Leve} = 0,00 \\ \text{Média} = 0,20 \\ \text{Pesada} = 0,00 \end{array} \right.$

Rampas $\left\{ \begin{array}{l} 0 \leq Li < 3\% = 12,00\text{Km} \\ 3 \leq Li < 5\% = 4,00\text{Km} \\ 5 \leq Li < 7\% = 3,00\text{Km} \\ 7 \leq Li < 9\% = 1,00\text{Km} \end{array} \right.$

Tipo de superfície de rolamento = revestimento primário
 Condição da superfície de rolamento = boa

Calcular o custo operacional de um caminhão pesado, com 10 toneladas de carga, para percorrer o trecho, sabendo-se que o seu custo operacional, na rodovia ideal, é de 100,00 UM/Km.

a) Cálculo do acréscimo virtual, considerando a rodovia real

Característica Condicionante		Quantidade (Q)	\overline{FV}_i (*)	$\Delta L_i = Q * \overline{FV}_i$ (Km)
Pontes c/ L < 5 m		4	0,050	0,200
Curvas c/ R ≤ 100 m		10	0,040	0,400
Lombadas e Depressões		2	0,040	0,080
Resistência Média		0,20	0,180	0,036
RAMPAS	0 - 3%	12,00	0,120	1,440
	3 - 5%	4,00	0,340	1,360
	5 - 7%	3,00	0,640	1,92
	7 - 9%	1,00	1,080	1,080
Tipo e Cond. Superfície		20	0,350	7,000
				$\Sigma \Delta L_i = 13,516$

b) Cálculo do acréscimo virtual, considerando a velocidade média real do veículo em questão

•Desnível acumulado (Δh)

$$\Delta h = \frac{4 * 4 + 6 * 3 + 8 * 1}{2.20} = 1,05\% \rightarrow \text{Traçado Médio}$$

Consultando a tabela de velocidades, tem-se:

Velocidade média = 36,10 Km/h

Velocidade média na parte plana do trecho → Vp

$$F_R = \sum_{i=1}^n [li(r_{(i-1)} + ri)]/2L$$

$$F_R = \frac{12(1,00 + 0,90) + 4(0,90 + 0,73) + 3(0,73 + 0,45) + 1(0,45 + 0,31)}{2.20}$$

$$FR = 0,841$$

$$F_{CR} = \sum_{i=1}^n [li(cr_{(i-1)} + cri)]/2L$$

$$F_{CR} = \frac{12(1,00 + 0,98) + 4(0,98 + 0,86) + 3(0,86 + 0,66) + 1(0,66 + 0,55)}{2.20}$$

$$FCR = 0,922$$

$$V_p = \frac{Vm}{\frac{F_R + F_{CR}}{2}}$$

$$Vp = \frac{36,10}{\frac{0,841 + 0,922}{2}}$$

$$Vp = 40,96 \text{ km/h}$$

$$Vri = Vp * ri$$

$$Vr3 = 40,96 * 0,90 = 36,86 \text{ Km/h}$$

$$Vr5 = 40,96 * 0,73 = 29,90 \text{ Km/h}$$

$$Vr7 = 40,96 * 0,45 = 18,43 \text{ Km/h}$$

$$Vr9 = 40,96 * 0,31 = 12,70 \text{ Km/h}$$

$$Vcri = Vp * cri \rightarrow \text{Contrarrampas}$$

$$Vcr3 = 40,96 * 0,98 = 40,14 \text{ Km/h}$$

$$Vcr5 = 40,96 * 0,86 = 35,23 \text{ Km/h}$$

$$Vcr7 = 40,96 * 0,66 = 27,03 \text{ Km/h}$$

$$Vcr9 = 40,96 * 0,55 = 22,53 \text{ Km/h}$$

- **Determinação dos fatores virtuais de correção, segundo a velocidade**

Rampas e contrarrampas (FVri, FVcri)

São calculados através de interpolação linear, conforme valores obtidos junto à tabela de fatores virtuais do Manual de Custo de Operação, do DNER.

$$Fvp = ?$$

$$Vp = 40,96$$

A tabela fornece:

$$Vp = 40 \rightarrow Fvp = 0,040$$

$$Vp = 50 \rightarrow Fvp = 0$$

Interpolando, tem-se:

$$Fvp = 0,20 - 0,004 * Vp$$

$$Fvp = 0,20 - 0,004 * 40,96 = 0,036$$

$$Fvr3 = 0,45 - 0,011 * 36,86 = 0,045$$

$$Fvr5 = 0,59 - 0,017 * 29,90 = 0,082$$

$$Fvr7 = 1,91 - 0,091 * 18,43 = 0,2333$$

$$Fvr9 = 1,52 - 0,076 * 12,70 = 0,555$$

$$Fvcr3 = 0,37 - 0,007 * 40,14 = 0,089$$

$$Fvcr5 = 0,14 - 0,010 * 35,23 = 0,048$$

$$Fvcr7 = 0,84 - 0,032 * 27,03 = -0,025$$

$$Fvcr9 = 0,57 - 0,033 * 22,53 = -0,173$$

Determinação dos fatores virtuais para os intervalos de rampas e contrarrampas:

$$Fvr\ 0-3 = (0,036 + 0,045)/2 = 0,040$$

$$Fvr\ 3-5 = (0,45 + 0,082)/2 = 0,064$$

$$Fvr\ 5-7 = (0,082 + 0,233)/2 = 0,158$$

$$Fvr\ 7-9 = (0,233 + 0,555)/2 = 0,394$$

$$Fvcr\ 0-3 = (0,036 + 0,089)/2 = 0,062$$

$$Fvcr\ 3-5 = (0,089 + 0,048)/2 = 0,068$$

$$F_{vcr\ 5-7} = (0,048 - 0,025)/2 = 0,036$$

$$F_{vcr\ 7-9} = (-0,025 - 0,173)/2 = -0,099$$

Determinação dos fatores virtuais médios, finais:

$$F_{vr,\ cr\ 0-3} = (0,040 + 0,062)/2 = 0,051$$

$$F_{vr,\ cr\ 3-5} = (0,064 + 0,068)/2 = 0,066$$

$$F_{vr,\ cr\ 5-7} = (0,158 + 0,036)/2 = 0,097$$

$$F_{vr,\ cr\ 7-9} = (0,394 - 0,099)/2 = 0,148$$

Determinação de acréscimos virtuais, em função da velocidade de operação, dado o perfil do trecho:

Rampa	Ext. (Km)	$F_{v_{ij}cr}$	$\Delta L'_r$
0-3	12,00	0,051	0,612
3-5	4,00	0,066	0,264
5-7	3,00	0,097	0,291
7-9	1,00	0,148	0,148

$$\Sigma \Delta L'_r = 1,315$$

- **Determinação do acréscimo virtual em função da velocidade de operação, dado o tipo de superfície de rolamento e a condição da mesma**

$$F_{Vcs} = ?$$

Da tabela do manual de custo de operação do DNER:

$$p/Vm = 30 - F_{Vcs} = 0,120$$

$$p/Vm = 40 - F_{Vcs} = 0,020$$

Interpolando linearmente:

$$F_{Vcs} = 0,42 - 0,010 Vm$$

$$F_{Vcs} = 0,42 - 0,010 * 36,10 = 0,059$$

$$\Delta L'_{cs} = 0,059 * 20 = 1,18$$

- **Cálculo do acréscimo virtual em função da velocidade empregada ($\Delta L'$)**

$$\Delta L' = \Delta L'r + \Delta L'cs$$

$$\Delta L' = 1,315 + 1,18 = 2,495 \text{ Km}$$

- **Cálculo do comprimento virtual total do trecho (L_v)**

$$L_v = L + \Delta L + \Delta L'$$

$$L_v = 20,00 + 13,516 + 2,495 = 36,011 \text{ Km}$$

- **Cálculo do custo operacional do caminhão pesado, com carga de 10t, no trecho em estudo (Cop)**

$$Cop = CI * L_v$$

$$Cop = 100,00 * 36,011 = 3.601,10 \text{ UM}$$

Tabelas de Fatores Virtuais para Cálculo de Custos Operacionais

1 - Fatores virtuais à velocidade mais econômica (*10⁻³)

A - Rampas/Contrarrampas

Veículos													
Intervalos (%)	Carro de Passeio	Ônibus	Caminhões										
			Médio			Pesado				Semirreboque			
			0t	5t	7t	0t	5t	10t	15t	0t	5t	10t	15t
0-3	50	80	50	160	180	40	80	120	260	50	170	340	410
3-5	120	190	120	320	380	90	180	340	420	220	430	740	850
5-7	200	310	270	670	760	170	360	640	780	410	770	1120	1230
7-9	300	480	360	930	1170	290	500	1080	1410	680	1140	1490	2120
9-12	410	750	610	1270	1850	440	730	1580	2320	1200	1690	2160	3270
12-15	530	1100	850	1720	2760	670	960	2350	3260	1440	2230	2640	4450

B - Demais fatores virtuais (*10⁻³)

Tipo de Veículo	Tipo da Superfície de Rolamento		
	Pavimentada	Revestimento Primário	Terra
CURVAS HORIZONTAIS			
Carros de Passeio	100	100	100
Caminhões e Ônibus	40	40	40
LOMBADAS E DEPRESSÕES			
Carros de Passeio	100	100	100
Caminhões e Ônibus	40	40	40
PONTES ESTREITAS			
Carros de Passeio	190	150	130
Caminhões e Ônibus	50	50	50
RESISTÊNCIAS LATERAIS			
Leve -Todos os Veículos	100	100	100
Média -Todos os Veículos	180	180	180
Pesada -Todos os Veículos	320	320	320

C- Tipo e condição da superfície de rolamento (*10⁻³)

C.1 - Rodovia pavimentada

Tipo de Veículo		Condição da Superfície		
		Boa	Regular	Ruim
Carro de Passeio		0	40	100
Ônibus		0	10	80
Caminhão Médio	0t	0	30	100
	5t	0	80	150
	7t	0	100	170
Caminhão Pesado	0t	0	70	120
	5t	0	70	140
	10t	0	100	210
	15t	0	110	260
Semirreboque	0t	0	50	80
	7t	0	160	240
	15t	0	100	260
	20t	0	120	270

C.2- Rodovia em revestimento primário

Tipo de Veículo		Condição da Superfície		
		Boa	Regular	Ruim
Carro de Passeio		120	130	360
Ônibus		240	270	350
Caminhão Médio	0t	180	240	230
	5t	290	410	470
	7t	390	430	510
Caminhão Pesado	0t	210	210	340
	5t	270	330	410
	10t	350	400	520
	15t	410	470	590
Semirreboque	0t	140	200	260
	7t	270	420	480
	15t	370	440	580
	20t	460	540	530

C.3 - Rodovia em terra

tipo de Veículo		Condição da Superfície		
		Boa	Regular	Ruim
Carro de Passeio		240	260	620
Ônibus		480	530	640
Caminhão Médio	0t	360	400	460
	5t	580	610	650
	7t	780	810	850
Caminhão Pesado	0t	420	490	560
	5t	540	590	660
	10t	700	710	830
	15t	820	830	920
Semirreboque	0t	280	350	440
	7t	540	680	720
	15t	740	780	900
	20t	920	960	990

2 - Velocidade média dos veículos em fluxo livre (Km/h)

Tipo de Veículo		Pavimentada			Revestimento Primário			Terra		
		Fácil 0-1%	Médio 1-2%	Difícil >2%	Fácil 0-1%	Médio 1-2%	Difícil >2%	Fácil	Médio	Difícil
Semirreboque	0t	75,0	59,2	36,7	63,0	58,2	40,5	50,0	42,1	34,9
	7t	64,0	50,3	40,0	44,5	41,0	34,5	44,5	37,2	30,0
	15t	51,0	40,1	38,6	43,0	39,6	27,5	29,0	24,3	20,1
	-20t	43,2	34,0	27,2	30,2	27,2	23,3	25,6	21,5	17,8
Caminhão Pesado	0t	72,0	74,0	62,9	65,0	60,5	45,6	46,0	38,5	31,8
	5t	67,0	58,2	50,7	63,0	52,7	42,5	40,0	33,5	27,7
	10t	54,0	41,0	40,0	44,5	36,1	20,1	32,0	26,8	22,2
	15t	43,2	34,0	27,2	30,2	27,0	23,3	25,7	21,5	17,8
Caminhão Médio	0t	73,5	70,0	60,7	61,5	60,5	40,3	50,5	45,2	39,4
	5t	62,5	51,6	36,2	54,1	53,5	34,3	36,5	32,7	28,5
	7t	56,9	47,0	31,0	46,3	45,8	31,2	28,6	25,6	22,3
Carro de Passeio		91,2	80,5	65,8	68,0	65,8	60,7	50,0	45,0	40,0
Ônibus		79,3	69,0	51,4	65,0	59,5	44,3	39,7	38,8	29,5

FONTE: Manual de Custo de Operação do DNER.

3 - Tabela de valores de X em %

Rampa		Carro	Ônibus	Caminhão			
				Médio	Pesado	S. Reboque	
Xo	X'o	0	100	100	100	100	100
	X1	+3	95	83	89	90	86
	X'1	-3	99	98	96	98	93
	X2	+5	86	60	68	73	65
	X'2	-5	92	88	85	86	77
	X3	+7	75	35	40	45	46
	X'3	-7	83	79	60	66	62
	X4	+9	67	30	25	31	36
	X'4	-9	78	75	51	55	57
	X5	+12	53	20	17	16	25
	X'5	-12	67	65	43	44	45
	X6	+15	53	20	17	16	25
	X'6	-15	67	65	43	44	45

(+) → Rampa

(-) → Contrarrampa

x = % em relação à velocidade no plano

4 – Fatores virtuais de correção segundo a velocidade-rampas (*10⁻³)

4.1 - Caminhão pesado com 5t

Rampas	Velocidade (Km/h)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0%	920	510	210	60	10	0	70	170	170	170
3%	930	480	240	70	20	20	40	40	40	40
5%	1050	360	160	40	10	10	10	10	10	10
7%	1190	290	80	0	0	0	0	0	0	0
9%	1330	200	0	0	0	0	0	0	0	0
12%	1530	70	0	0	0	0	0	0	0	0
15%	1720	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.2 - Caminhão pesado com 10t

Rampas	Velocidade (Km/h)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0%	730	380	140	40	0	20	140	200	200	200
3%	930	450	120	10	50	50	50	50	50	50
5%	1160	250	80	0	0	0	0	0	0	0
7%	1000	90	0	0	0	0	0	0	0	0
9%	760	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12%	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15%	480	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.3 - Caminhão pesado com 15t

Rampas	Velocidade (Km/h)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0%	590	300	120	30	0	90	240	390	390	390
3%	740	350	50	20	60	60	60	60	60	60
5%	600	240	30	0	0	0	0	0	0	0
7%	460	170	0	0	0	0	0	0	0	0
9%	330	120	0	0	0	0	0	0	0	0
12%	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5 - Fatores virtuais de correlação sendo a velocidade - contrarrampas (* 10⁻³)

5.1 - Caminhão pesado com 5t

Contrar-rampas	Velocidade (Km/h)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0%	920	510	210	60	10	0	70	170	170	170
3%	1750	650	280	100	-20	0	40	200	200	100
5%	1650	620	250	80	-30	-30	10	180	180	180
7%	1550	500	140	-30	-120	-130	-100	-100	-100	-100
9%	1450	340	-20	-200	-280	-300	-260	-260	-260	-260
12%	1300	120	-260	-420	-500	-520	-520	-520	-520	-520
15%	1150	-120	-500	-650	-730	-750	-750	-750	-750	-750

5.2 - Caminhão pesado com 10t

Contrar-rampas	Velocidade (Km/h)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0%	730	380	140	40	0	20	140	200	200	200
3%	1380	530	230	90	20	0	-50	-50	-50	-50
5%	1270	430	100	0	-80	-100	-40	-40	-40	-40
7%	1050	200	-120	-250	-350	-350	-290	-290	-290	-290
9%	790	-90	-420	-540	-620	-620	-570	-570	-570	-570
12%	400	-460	-850	-960	-1020	-1030	-1030	-1030	-1030	-1030
15%	0	-860	-1260	-1470	-1950	-1960	-1960	-1960	-1960	-1960

5.3 - Caminhão pesado com 15t

Contrar-rampas	Velocidade (Km/h)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0%	590	300	120	30	0	60	240	390	390	390
3%	1200	360	90	0	-20	20	90	180	180	180
5%	1140	320	40	-50	-70	-40	40	40	40	40
7%	930	110	-150	-250	-280	-240	-150	-150	-150	-150
9%	680	-150	-420	-520	-530	-500	-420	-420	-420	-420
12%	300	-530	-800	-900	-920	-890	-890	-890	-890	-890
15%	-80	-930	-1200	-1300	-1310	-1280	-1280	-1280	-1280	-1280

6 - Tabela de fatores virtuais de correção segundo a velocidade (* 10⁻³) - Rodovia revestimento primário - condições boas

Tipo de Veículo		Velocidade (Km/h)										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Carro de Passeio		990	760	530	240	210	80	20	10	10	20	80
Ônibus		270	130	40	20	0	30	80	80	80	80	80
Caminhão Médio	0t	1170	680	320	90	0	30	100	310	310	310	310
	5t	820	430	140	20	50	320	320	320	320	320	320
	7t	590	280	50	10	240	240	240	240	240	240	240
Caminhão Pesado	0t	1070	560	260	70	0	20	120	300	300	300	300
	5t	870	460	180	60	0	60	180	380	380	380	380
	10t	590	280	120	20	20	100	290	290	290	290	290
	15t	410	180	30	10	110	110	110	110	110	110	110
Semirreboque	0t	710	410	180	30	0	30	90	90	90	90	90
	7t	540	300	90	0	60	210	210	210	210	210	210
	15t	590	220	30	40	240	240	240	240	240	240	240
	20t	280	100	10	40	40	40	40	40	40	40	40

ANEXO J

SISTEMAS DE AMORTIZAÇÃO (SAC E PRICE)

Quando se adquire uma dívida, seja um empréstimo ou um financiamento, existem várias formas para o pagamento desta dívida, normalmente conhecidas como sistemas de amortização.

Citamos os dois principais sistemas existentes:

- **Sistema SAC** – Conhecido como Sistema de Amortização Constante que é caracterizado por pagamentos mensais decrescentes, que embutem uma amortização constante.
- **Tabela PRICE** – Chamado de Sistema de Prestações Fixas, caracteriza-se por pagamentos mensais iguais, embutindo uma amortização crescente.

Nos dois casos, o cálculo obedece aos princípios dos juros compostos e que incidem sobre o saldo devedor, que corresponde a:

$$\text{Saldo devedor} = \text{dívida inicial} - \text{amortizações pagas}$$

Comparativo *Price* x SAC

A Tabela SAC possui prestações decrescente e é normalmente utilizada nos financiamentos de imóveis.

Já a Tabela *Price*, utilizada em financiamentos de veículos, caracteriza-se pelo valor fixo das prestações.

Exemplo:

Consideremos um valor financiado = 100.000,00; Juros = 5% (ao mês); Número de Parcelas = 12.

Verificamos, como regra geral, que as prestações iniciais na SAC são bem maiores que na *PRICE*, mas vão decrescendo até atingirem valores bem inferiores ao da *PRICE*.

Evolução do Saldo Devedor

Na tabela SAC o saldo devedor reduz de forma linear, enquanto na PRICE, a primeira prestação tem pouco efeito na redução do saldo devedor:

Prestações, Juros, Amortizações e Saldo Devedor

#	PRICE				SAC			
	Prestação	Amortização	Juros	Saldo Devedor	Prestação	Amortização	Juros	Saldo Devedor
0				100.000,00				100.000,00
1	11.282,54	6.282,54	5.000,00	93.717,45	13.333,33	8.333,33	5.000,00	91.666,66
2	11.282,54	6.596,66	4.685,87	87.120,79	12.916,66	8.333,33	4.583,33	83.333,33
3	11.282,54	6.926,50	4.356,03	80.194,28	12.500,00	8.333,33	4.166,66	75.000,00
4	11.282,54	7.272,82	4.009,71	72.921,46	12.083,33	8.333,33	3.750,00	66.666,66
5	11.282,54	7.636,46	3.646,07	65.284,99	11.666,66	8.333,33	3.333,33	58.333,33
6	11.282,54	8.018,29	3.264,24	57.266,70	11.250,00	8.333,33	2.916,66	50.000,00
7	11.282,54	8.419,20	2.863,33	48.847,49	10.833,33	8.333,33	2.500,00	41.666,66
8	11.282,54	8.840,16	2.442,37	40.007,33	10.416,66	8.333,33	2.083,33	33.333,33
9	11.282,54	9.282,17	2.000,36	30.725,15	10.000,00	8.333,33	1.666,66	25.000,00
10	11.282,54	9.746,28	1.536,25	20.978,87	9.583,33	8.333,33	1.250,00	16.666,66
11	11.282,54	10.233,59	1.048,94	10.745,27	9.166,66	8.333,33	833,33	8.333,33
12	11.282,54	10.745,27	537,26	0,00	8.750,00	8.333,33	416,66	0,00
Σ	135.390,49	99.999,99	35.390,49		132.500,00	99.999,99	32.500,00	

Fonte: <http://fazaconta.com/financiamentos-tabela-price-sac.htm>

ANEXO K

ALGUNS CONCEITOS BÁSICOS DE MATEMÁTICA FINANCEIRA

1 - Juros

Pode-se definir juros como o dinheiro pago pelo uso do dinheiro emprestado ou como remuneração do capital empregado em atividades produtivas. A existência de juros decorre de vários fatores, entre os quais incluem-se:

a. inflação: a diminuição do poder aquisitivo da moeda exige que o investimento produza retorno maior que o capital investido;

b. utilidade: investir significa deixar de consumir hoje para consumir amanhã, o que só é atraente quando o capital recebe remuneração adequada;

c. risco: existe sempre a possibilidade de o investimento não corresponder às expectativas;

d. oportunidade: os recursos disponíveis para investir são limitados, motivo pelo qual, ao se aceitar determinado projeto, perde-se oportunidades de ganhos em outros; é preciso que o primeiro ofereça retorno satisfatório.

2 - Juros Simples e Juros Compostos

O capital inicialmente empregado, denominado principal, pode crescer devido aos juros, segundo duas modalidades:

a. juros simples: só o principal rende juros, ao longo da vida do investimento;

b. juros compostos: após cada período, os juros são incorporados ao principal e passam, por sua vez, a render juros.

3 - Valor Atual

Define-se valor atual (ou valor presente) de um fluxo de caixa a uma dada taxa de juros, como a quantia hoje equivalente ao fluxo em questão.

4 - Fórmulas de juros

A comparação de fluxos de caixa exige quase sempre sua transformação em outros equivalentes. Torna-se conveniente, portanto, o estabelecimento de fórmulas e fatores de conversão aplicáveis aos fluxos de caixa comumente encontrados.

Simbologia

i - taxa de juros por período de capitalização

n - número de períodos de capitalização

P - principal, ou seja, capital no dia de hoje

F - montante, ou seja, capital no fim do período n

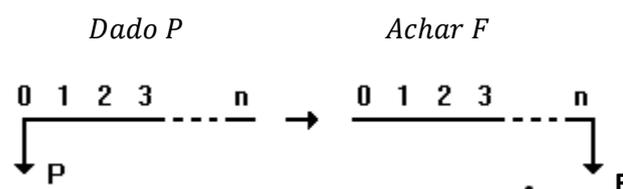
R - série uniforme de pagamentos ou anuidade, definida como a série de pagamentos iguais que ocorrem no fim dos períodos 1, 2, ..., n

4.1 - Fator de Acumulação de Capital para Valor Único – FAC (VU)

Problema:

Determinar a quantia F que seria obtida pela aplicação do principal P à taxa de juros i , durante n períodos. Em outras palavras, qual o montante F acumulado a partir do principal P ?

Utilizando diagramas de fluxo de caixa, o problema consiste em:



$$F = P(1 + i)^n$$

O fator $(1 + i)^n$, denominado fator de acumulação de capital de um pagamento simples, e representado por $FAC'(i, n)$ estabelece a equivalência entre F e P.

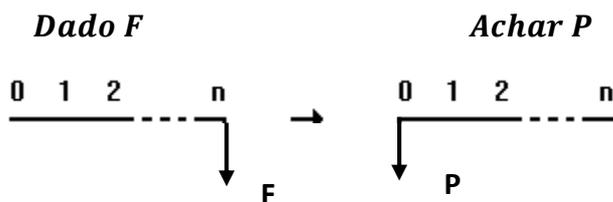
$$F = P * FAC'(i, n)$$

4.2 - Fator de Valor Atual para Valor Único – FVA (VU)

Problema:

Determinar a quantia P que deve ser investida, a juros i , para que se tenha o montante F após n períodos de capitalização, ou seja, determinar o valor atual de F.

Assim,



Como $F = P(1 + i)^n$, então:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n}$$

O fator $\frac{1}{(1+i)^n}$ denominado fator de valor atual de um pagamento simples e representado por $FVA'(i, n)$ permite, pois, achar P quando F é dado.

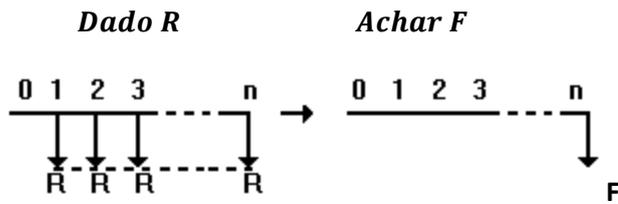
$$P = F * FVA'(i, n)$$

4.3 - Fator de Acumulação de Capital para Série Uniforme – FAC (SU)

Problema:

Determinar a quantia F acumulada a partir da série uniforme R.

Este problema pode ser visualizado por meio dos diagramas de fluxo de caixa:



O montante F será composto, portanto, de diversas parcelas, cada uma decorrente de um dos pagamentos efetuados:

$$F = R \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$$

O fator $\frac{(1+i)^n - 1}{i}$, denominado fator de acumulação de capital de uma série uniforme representado por $FAC(i,n)$ estabelece a equivalência entre F e R.

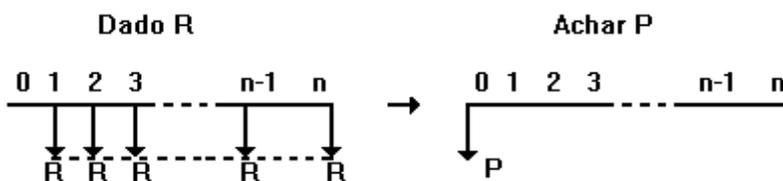
$$F = R * FAC(i,n)$$

4.4 - Fator de Valor Atual para Série Uniforme – FVA (SU)

Problema:

Determinar o principal P que deve ser aplicado para que se possa retirar R em cada um dos n períodos subsequentes, ou seja, determinar o valor da série uniforme R.

Os diagramas de fluxo de caixa ilustram o problema:



O valor atual do primeiro pagamento é $\frac{R}{1+i}$; o valor atual do segundo pagamento é $\frac{R}{(1+i)^2}$; e assim por diante, até $\frac{R}{(1+i)^n}$ para o último.

Portanto,

$$P = R \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

O fator $\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$ denominado fator de valor atual de uma série uniforme e representado por $FVA(i, n)$ estabelece a equivalência entre P e R.

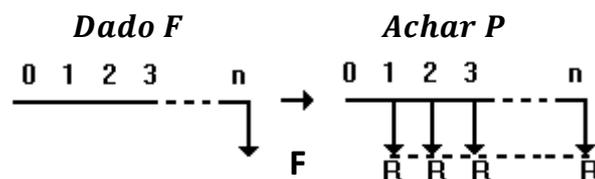
$$P = R * FVA(i, n)$$

4.5 - Fator de Formação de Capital para Série Uniforme – FFC (SU)

Problema:

Determinar a série uniforme R capaz de formar o montante F ao fim do período n.

Ou seja,



Como,

$$F = R * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right],$$

$$R = F * \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right].$$

O fator $\frac{i}{(1+i)^n - 1}$ denominado fator de formação de capital representado por $FFC(i, n)$ permite achar R quando F é dado.

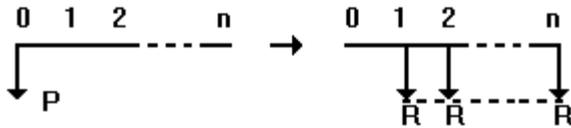
$$R = F * FFC(i, n)$$

4.6 - Fator de Recuperação de Capital para Série Uniforme – FRC (SU)

Problema:

Determinar a série uniforme R, resultante da aplicação do principal P, ou seja, a quantia que tem que ser retirada em cada período para que se recupere o investimento P.

Ou seja,



Como

$$P = R * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$R = P * \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

O fator $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$ denominado fator de recuperação de capital e representado por

$FRC(i, n)$, permite achar R quando P é dado.

$$R = P \times FRC(i, n)$$

4.7 - Relação entre os fatores

As fórmulas apresentadas mostram que:

$$FVA'(i, n) = \frac{1}{FAC'(i, n)}$$

$$FFC(i, n) = \frac{1}{FAC(i, n)}$$

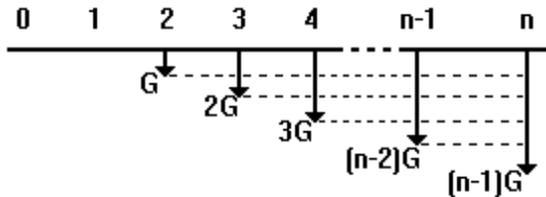
$$FRC(i, n) = \frac{1}{FVA(i, n)}$$

$$FRC(i, n) = FFC(i, n) + i$$

4.8 - Série em Gradiente

Denomina-se série em gradiente a uma série de pagamentos $G, 2G, 3G, \dots, (n-1)G$ que ocorrem nos períodos 2, 3, 4, ..., n respectivamente.

O diagrama de fluxo de caixa é:



A obtenção da série uniforme equivalente a uma dada série em gradiente é feita observando que a série em gradiente pode ser decomposta em diversas séries uniformes G : uma começando no período 2, outra começando no período 3, outra no período 4 e assim por diante.

O montante F acumulado no período n será:

$$S = G \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i} - \frac{n}{i} \right)$$

e como

$$R = F * FFC_{(i,n)}$$

$$R = G \frac{1}{i} - \frac{n}{i} * \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

5 – Exemplos

Exemplo 1:

Qual será o valor equivalente (P) para o ano base (2013) do custo (F) de 500.000 UM ocorrido em 2014, a um custo de oportunidade de capital (i) igual a 10% ao ano?

$$P = F * FVA'_{(i, n)}$$

ou

$$P = F * 1/(1+i)^n$$

Para o caso, tem-se

$$\text{Custo}_{2013} = \text{Custo}_{2014} * 1/(1+0,10)^{2014-2013}$$

$$\text{Custo}_{2013} = 500.000/1,10$$

$$\text{Custo}_{2013} = 454.545,45 \text{ UM}$$

Exemplo 2:

Qual seria o valor equivalente (F) para o ano de 2020 de um benefício (P) de 12.061.210 UM ocorrido em 2014, a um custo de oportunidade de capital (i) igual a 15% ao ano?

$$F = P * FAC'_{(i \ n)}$$

ou

$$F = P * (1+i)^n$$

$$F = 12.061.210 * (1+0,15)^{2020-2014}$$

$$F = 12.061.210 * 1,15^6$$

$$F = 27.898.311,60 \text{ UM}$$

ANEXO L

RESOLUÇÃO DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Resolução do Exercício 01

1. Tráfego médio diário anual futuro

$$TMDA_a = TMDA_{\text{Ano } 1} * 1,025^{(a-\text{Ano } 1)}$$

TMDA_a = Tráfego médio diário anual, no ano a.

Ano	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
TMDA Normal	2000	2050	2101	2154	2208	2263
TMDA Total	2000	2050	2101	2154	2208	2263

Ano 1 = Ano de restauração

Ano	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11
TMDA Normal	2320	2378	2437	2498	2560	2624
TMDA Total	2320	2378	2437	2498	2560	2624

2. Benefício proveniente da redução do custo operacional (BOP) para o veículo v, no ano a

$$BOP_{v,a} = 365 * TMDA_{v,a} * CT_v * RCO_v$$

$$BOP_{\text{automóvel}, \text{Ano}2} = 365 * 2101 * 60/100 * 2,0 = 920.238,00 \text{ UM}$$

$$BOP_{\text{ônibus}, \text{Ano}2} = 365 * 2101 * 3/100 * 3,0 = 69.017,85 \text{ UM}$$

$$BOP_{\text{c. médio}, \text{Ano}2} = 365 * 2101 * 12/100 * 5,0 = 460.119,00 \text{ UM}$$

$$BOP_{\text{c. pesado}, \text{Ano}2} = 365 * 2101 * 15/100 * 7,0 = 805.208,25 \text{ UM}$$

$$BOP_{\text{s. reboque}, \text{Ano}2} = 365 * 2101 * 10/100 * 10,0 = 766.865,00 \text{ UM}$$

$$BOP_{\text{total}, \text{Ano}2} = 920.238,00 + 69.017,85 + 460.119,00 + 805.208,25 = 3.021.448,10$$

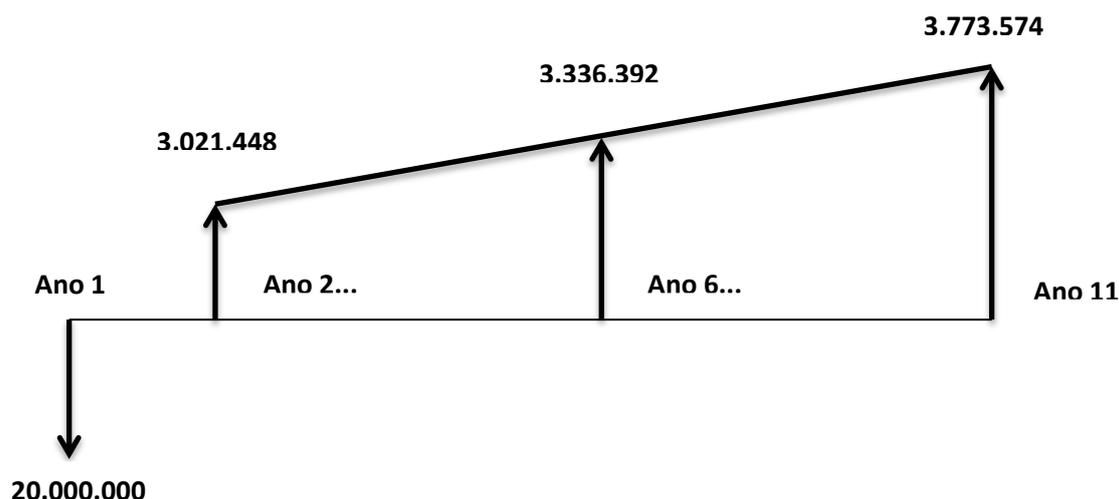
Idem para os demais anos.

Ano	Benefícios					
	Automóvel	Ônibus	C. Médio	C. Pesado	Semir-reboque	Total
Ano 2	920.238	69.018	460.119	805.208	766.865	3.021.448
Ano 3	943.452	70.759	471.726	825.521	786.210	3.097.668
Ano 4	967.104	72.533	483.552	846.216	805.920	3.175.325
Ano 5	991.194	74.340	495.597	867.295	825.995	3.254.420
Ano 6	1.016.160	76.212	508.080	889.140	846.800	3.336.392
Ano 7	1.041.564	78.117	520.782	911.369	867.970	3.419.802
Ano 8	1.067.406	80.055	533.703	933.980	889.505	3.504.649
Ano 9	1.094.124	82.059	547.062	957.359	911.770	3.592.374
Ano 10	1.121.280	84.096	560.640	981.120	934.400	3.681.536
Ano 11	1.149.312	86.198	574.656	1.005.648	957.760	3.773.574
Total	10.311.834	773.387	5.155.917	9.022.855	8.593.195	33.857.188

3. Fluxo de caixa do empreendimento

De acordo com os cálculos realizados, tem-se o seguinte quadro de custos e benefícios:

Ano	Custos	Benefícios
	Restauração	
Ano 1	20.000.000	
Ano 2		3.021.448
Ano 3		3.097.668
Ano 4		3.175.325
Ano 5		3.254.420
Ano 6		3.336.392
Ano 7		3.419.802
Ano 8		3.504.649
Ano 9		3.592.374
Ano 10		3.681.536
Ano 11		3.773.574
Σ	20.000.000	33.857.188



Dado que eles ocorrem em anos diferentes, torna-se necessário reduzi-los a uma base de tempo comum, segundo o custo de oportunidade do capital (i).

No caso, deve-se então utilizar o conceito de Fator de Acumulação de Capital (FAC) visando calcular os valores para o ano 11.

Aplicando-se tais procedimentos ao exemplo de avaliação econômica em estudo, tem-se:

Ano	Custos	Benefícios	a) i = 9%		b) i = 12%	
	Restauração		Custos	Benefícios	Custos	Benefícios
Ano 1	20.000.000	--	47.347.273	--	62.116.964	--
Ano 2	--	3.021.448	--	6.562.263	--	8.378.713
Ano 3	--	3.097.668	--	6.172.298	--	7.669.712
Ano 4	--	3.175.325	--	5.804.618	--	7.019.632
Ano 5	--	3.254.420	--	5.457.988	--	6.423.648
Ano 6	--	3.336.392	--	5.133.453	--	5.879.863
Ano 7	--	3.419.802	--	4.827.330	--	5.381.125
Ano 8	--	3.504.649	--	4.538.623	--	4.923.780
Ano 9	--	3.592.374	--	4.268.100	--	4.506.274
Ano 10	--	3.681.536	--	4.012.874	--	4.123.320
Ano 11	--	3.773.574	--	3.773.574	--	3.773.574
Σ	20.000.000	33.857.188	47.347.273	50.551.120	62.116.964	58.079.640

4. Avaliação

Critério do valor atual (VA)

$$\begin{aligned} \text{a) } VA &= 50.551.120 - 47.347.273 \\ VA &= 3.203.847 \text{ UM} > 0 \rightarrow \text{viável} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } VA &= 58.079.640 - 62.116.964 \\ VA &= -4.037.324 \text{ UM} < 0 \rightarrow \text{inviável} \end{aligned}$$

Critério da relação benefício/custo (R)

$$\text{a) } R = \frac{50.551.120}{47.347.273} = 1,07$$

$$R > 1 \rightarrow \text{viável}$$

$$\text{b) } R = \frac{58.079.640}{62.116.964} = 0,94$$

$$R < 1 \rightarrow \text{inviável}$$

Critério da taxa interna de retorno (TIR)

A TIR deve ser comparada com o custo de oportunidade do capital para os casos a) e b).

TIR = ?

$$i = 9\% \rightarrow VA = 3.203.847 \text{ UM}$$

$$i = 12\% \rightarrow VA = -4.037.324 \text{ UM}$$

$$i = \text{TIR} \rightarrow VA = 0$$

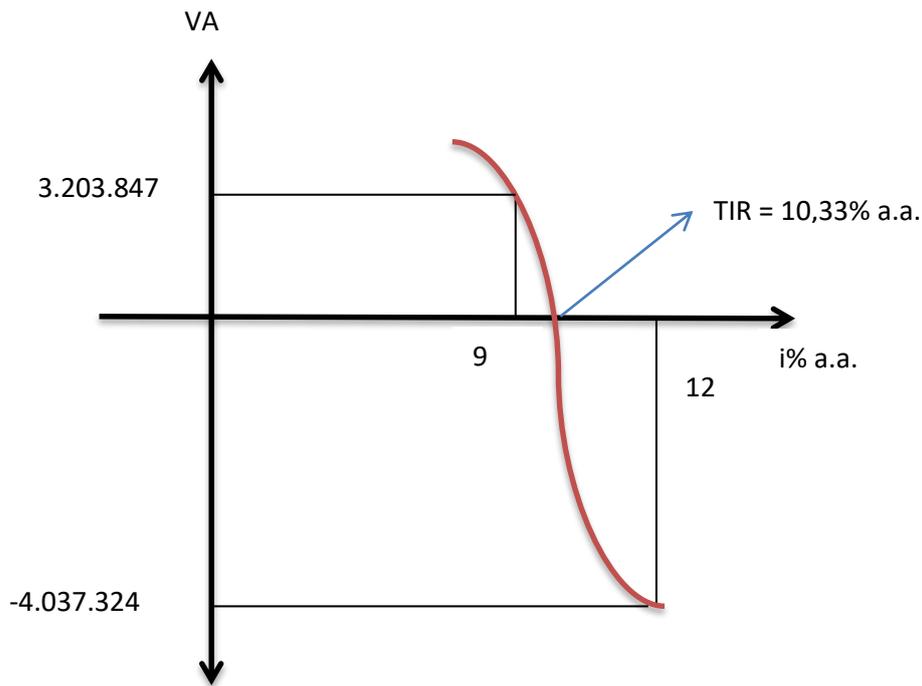
$$\begin{cases} 12-9 \rightarrow -4.037.324-3.203.847 \\ \text{TIR}-9 \rightarrow 0-3.203.847 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3 \rightarrow -7.241.171 \\ (\text{TIR}-9) \rightarrow -3.203.847 \end{cases}$$

$$\text{TIR} = 10,33\%$$

$$\text{a) } i = 9\% \quad \text{b) } i = 12\%$$

$$\text{TIR} > i \rightarrow \text{viável} \quad \text{TIR} < i \rightarrow \text{inviável}$$



RESOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 02

1. Tráfego médio diário anual futuro

$$TMDA_a = TMDA_{\text{Ano } 0} * 1,045^{(a-\text{Ano } 0)} \rightarrow (\text{automóveis})$$

$$TMDA_a = TMDA_{\text{Ano } 0} * 1,038^{(a-\text{Ano } 0)} \rightarrow (\text{caminhões})$$

$TMDA_a$ = Tráfego médio diário anual, no ano a.

Ano	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Automóveis	8200	8594	9006	9438	9891	10366
Caminhões	2500	2598	2699	2804	2913	3027
Motos	330	343	357	371	386	401

Ano 2 = Ano de Abertura da Concessão

Ano	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11
Automóveis	10864	11385	11932	12504	13105	13734
Caminhões	3145	3268	3395	3528	3665	3808
Motos	418	434	452	470	488	508

2. Receitas provenientes da cobrança de tarifa (pedágio) para o veículo v , no ano a

$$\text{Receitas}_{v,a} = 365 * \text{TMDA}_{v,a} * \text{Pedágio}_v$$

$$\text{Receitas}_{\text{automóvel}, \text{Ano2}} = 365 * 9006 * 3,0 = 9.861.570,00 \text{ UM}$$

$$\text{Receitas}_{\text{caminhão}, \text{Ano2}} = 365 * 2699 * 9,0 = 8.866.215,00 \text{ UM}$$

$$\text{Receitas}_{\text{motos}, \text{Ano2}} = 365 * 357 * 1,0 = 130.305,00 \text{ UM}$$

$$\text{Receitas}_{\text{total}, \text{Ano2}} = 9.861.570,00 + 8.866.215,00 + 130.305,00 = 18.858.090,00$$

Idem para os demais anos.

Receitas				
Ano	Automóvel	Caminhões	Motos	Total
Ano 2	9.861.570,00	8.866.215,00	130.305,00	18.858.090,00
Ano 3	10.334.610,00	9.211.140,00	135.415,00	19.681.165,00
Ano 4	10.830.645,00	9.569.205,00	140.890,00	20.540.740,00
Ano 5	11.350.770,00	9.943.695,00	146.365,00	21.440.830,00
Ano 6	11.896.080,00	10.331.325,00	152.570,00	22.379.975,00
Ano 7	12.466.575,00	10.735.380,00	158.410,00	23.360.365,00
Ano 8	13.065.540,00	11.152.575,00	164.980,00	24.383.095,00
Ano 9	13.691.880,00	11.589.480,00	171.550,00	25.452.910,00
Ano 10	14.349.975,00	12.039.525,00	178.120,00	26.567.620,00
Ano 11	15.038.730,00	12.509.280,00	185.420,00	27.733.430,00
Total	122.886.375,00	105.947.820,00	1.564.025,00	230.398.220,00

3. Fluxo de caixa do empreendimento

Dado que as receitas ocorrem em anos diferentes, torna-se necessário reduzi-las a uma base de tempo comum, segundo o custo de oportunidade do capital (i).

No caso, deve-se então utilizar o conceito de Fator de Valor Atual (FVA) visando calcular os valores para o ano solicitado no enunciado do problema.

$$\text{Receitas}_{\text{Ano 8}} = \text{Receitas}_{\text{Ano 2}} \div (1+i)^{(a-b)}$$

$$\text{Receitas}_{\text{Ano 8}} = 18.858.090,00 \div (1+0,13)^{\text{Ano 2} - \text{Ano 8}}$$

$$\text{Receitas}_{\text{Ano } 8} = 18.858.090,00 \div (1,13)^{-6}$$

$$\text{Receitas}_{\text{Ano } 8} = 39.261.633,53 \text{ UM}$$

Idem para os demais anos.

Aplicando-se tais procedimentos ao exemplo de avaliação econômica em estudo, tem-se o seguinte quadro de receitas calculadas para o “Ano 8”::

Ano	Receitas calculadas para o “Ano 8”
Ano 2	39.261.633,53
Ano 3	36.261.270,77
Ano 4	33.491.134,50
Ano 5	30.936.909,28
Ano 6	28.576.990,08
Ano 7	26.397.212,45
Ano 8	24.383.095,00
Ano 9	22.524.699,12
Ano 10	20.806.343,49
Ano 11	19.220.658,16
Σ	281.859.946,37

Conforme cálculos demonstrados acima, para valores calculados para o “Ano 8”, concluímos que a concessionária obterá uma receita de 281.859.946,37 UM durante o período de 10 anos da concessão.