

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS CACHOEIRA DO SUL  
LABORATÓRIO DE MOBILIDADE E LOGÍSTICA



# SISTEMAS DE TRANSPORTE

INTRODUÇÃO, CONCEITOS E PANORAMA:  
CACHOEIRA DO SUL, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL  
EDIÇÃO ÚNICA

ALEJANDRO RUIZ-PADILLO  
CAROLINE ALVES DA SILVEIRA  
TÂNIA BATISTELA TORRES

Cachoeira do Sul, RS  
2020



UFSM-CS



**Universidade Federal de Santa Maria**  
**Campus Cachoeira do Sul | Biblioteca Setorial de Cachoeira do Sul**  
Ficha Catalográfica elaborada por  
Bibliotecário-Documentalista Carlos Eduardo Gianetti - CRB-10/2485

R934s

Ruiz-Padillo, Alejandro, 1980-

Sistemas de transporte: introdução, conceitos e panorama:  
Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil [recurso  
eletrônico] / Alejandro Ruiz-Padillo, Caroline Alves da  
Silveira, Tânia Batistela Torres. – Cachoeira do Sul, RS :  
UFSM-CS, 2020.  
162 p. ; PDF

ISBN 978-65-88377-00-0

1. Engenharia de transportes. 2. Economia de transportes. 3.  
Transporte de passageiros. 4. Transporte de Cargas. 5.  
Intermodalidade. 6. Mobilidade urbana. I. Ruiz-Padillo,  
Alejandro, 1980-. II. Silveira, Caroline Alves da, 1997-. III.  
Torres, Tânia Batistela,, 1987-. IV. Universidade Federal de  
Santa Maria. V. Campus de Cachoeira do Sul. VI. Título.

CDU. 629

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

CAMPUS CACHOEIRA DO SUL

LABORATÓRIO DE MOBILIDADE E LOGÍSTICA

# **SISTEMAS DE TRANSPORTE.**

**INTRODUÇÃO, CONCEITOS E PANORAMA:  
CACHOEIRA DO SUL, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

Cachoeira do Sul, RS

UFSM-CS

2020





**UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA MARIA (UFSM)**

**Reitor**

Paulo Afonso Burmann

**Vice-Reitor**

Paulo Bayard Gonçalves

**CAMPUS DE CACHOEIRA DO SUL  
(UFSM-CS)**

**Diretor do Campus**

Rogério Brittes da Silva

**Vice-diretor do Campus**

Lucas Delongui



**LABORATÓRIO DE MOBILIDADE E LOGÍSTICA (LAMOT)**

**Coordenadores**

Vanessa Teresinha Alves

Alejandro Ruiz-Padillo

**Autores:**

Alejandro Ruiz-Padillo, Dr. Eng.

Caroline Alves da Silveira

Tânia Batistela Torres, Me. Eng.

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.  
Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por qualquer meio, sem a prévia  
autorização desta entidade.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Prefeitura Municipal de Cachoeira do Sul, à Câmara de Agronegócio, Comércio, Indústria e Serviços de Cachoeira do Sul – CACISC e ao Arquivo Histórico de Cachoeira do Sul pela disponibilidade para a busca e obtenção de dados documentais sobre os modais de transporte em Cachoeira do Sul. Também agradecem especialmente a colaboração de Felipe Mendonça Scheeren, pela revisão do texto, e de Carlos Eduardo Gianetti, Diretor da Biblioteca Setorial de Cachoeira do Sul, pela ajuda na publicação do presente livro.

Igualmente, os autores agradecem o apoio do Laboratório de Mobilidade e Logística da UFSM Campus Cachoeira do Sul e da Pró-Reitoria de Graduação da Universidade Federal de Santa Maria através do Fundo de Incentivo ao Ensino (FIEN) no projeto de ensino nº 046428 “Planejamento de atividades práticas para o desenvolvimento de materiais didáticos relacionados com os sistemas de transporte e logística”. O professor Alejandro Ruiz-Padillo agradece ao CNPq pelo apoio financeiro (Processo 308870/2018-2 e Processo 422635/2018-9).



## APRESENTAÇÃO

O transporte é definido como o deslocamento, seja de pessoas e/ou bens, de um lugar a outro do espaço, ao longo de um percurso, durante um certo período de tempo. Quando falamos de sistema de transporte, atendemos às diferentes partes que se interagem de modo a atingir o objetivo desse deslocamento, de acordo com um plano ou princípio, relacionando-se com o meio em que se encontra e de acordo com os recursos ou solicitações procedentes deste.

As rodovias, ferrovias, vias navegáveis e linhas aéreas compõem variadas possibilidades de conexão das comunidades com seu entorno, seja em nível local, regional, nacional ou internacional. Cada um dos sistemas de transportes proporciona benefícios e evolução ao país em sua totalidade, transformando-se em um elemento de integração, mas também oferecem determinados impactos às vezes indesejados. No âmbito brasileiro, são cinco os modais de transporte de passageiros e de cargas mais usuais: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. Todos eles possuem atributos singulares em sua operacionalização e custos, de modo a serem mais adequados a cada objetivo distinto.

No entanto, o desenvolvimento das facilidades de transporte no Brasil não foi uniforme e o crescimento da infraestrutura rodoviária teve ritmo acelerado desde meados do século passado, com a implantação da indústria automobilística e através de mecanismos institucionais que foram criados pelo Fundo Rodoviário Nacional. Com isso, vemos o desequilíbrio da matriz de transportes nacional direcionada ao modal rodoviário e um uso reduzido dos outros modais. De forma similar acontece no Estado do Rio Grande do Sul, onde a posição geográfica distante dos principais mercados consumidores do Brasil e do exterior, mesmo estando no centro do Mercosul, faz com que o planejamento e os estudos de custos de transportes e logística sejam fundamentais para manter a competitividade da sua economia e uma adequada mobilidade da sua população.

Olhando para o interior do Estado, a situação dos transportes também oferece particularidades dignas de serem estudadas. Cachoeira do Sul, distante 196 km da capital do Estado do Rio Grande do Sul, oferece condições especiais de estudo e comunicação com os sistemas de transporte, pois conta com uma localização privilegiada no centro do Estado e onde estiveram, estão ou estarão presentes todos os modais de transportes. Além disso, as circunstâncias se tornam mais promissoras pela cidade ser uma das únicas a ter um curso de graduação em Engenharia de Transportes e Logística, neste caso vinculado à Universidade

Federal de Santa Maria, e que está ativamente desenvolvendo projetos de ensino, pesquisa e extensão na área.

“Sistemas de Transporte. Introdução, conceitos e panorama: Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil” é um livro didático que aborda os principais temas para compreender as características gerais e específicas dos diferentes modais de transportes e sua relação com o sistema urbano e o desenvolvimento econômico e social. A obra foi produzida com vistas a contribuir como fonte agregadora dos conhecimentos acerca dos sistemas de transportes, as variantes que os compõem e suas inter-relações aos estudantes e profissionais da área de transportes e logística, e engenharia civil em geral, por meio da sistematização e documentação dos principais conceitos acerca do tema.

No primeiro capítulo introduz-se os sistemas de transporte e sua importância socioeconômica, bem como o sistema viário e diferentes tipos de estrutura urbana. O segundo capítulo trata da matriz brasileira de transportes, tanto no âmbito do transporte de passageiros quanto no de cargas, e apresenta a classificação universal das cargas como conceitos gerais necessários para a compreensão dos conteúdos subsequentes. No terceiro capítulo definem-se os cinco principais modais de transporte, focando nos seus elementos, desenvolvimento histórico no Brasil, vantagens e desvantagens, assim como os modos de transportes não motorizados e outros modais de transportes existentes. Este capítulo se complementa com uma compilação de um conjunto de dados, gerando um estudo pioneiro, de base bibliográfica e documental, sobre os cinco modais transportes no município de Cachoeira do Sul, no contexto do Rio Grande do Sul, por meio da consulta a documentos e relatórios inéditos, bem como reportagens e livros pouco acessíveis que o Arquivo Histórico de Cachoeira do Sul possui em seu acervo.

O quarto capítulo encerra o livro diferenciando os conceitos de intermodalidade e multimodalidade e ainda ilustra os equipamentos de coordenação e integração de transportes, assim como suas técnicas.

Boa leitura!

*Os autores*

## SUMÁRIO

<b>1. TRANSPORTE, SISTEMA URBANO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO .....</b>	15
1.1. INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS TRANSPORTES.....	18
1.2. IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DOS TRANSPORTES.....	20
1.3. O TRANSPORTE E A ESTRUTURA URBANA .....	24
1.4. SISTEMA VIÁRIO: HIERARQUIZAÇÃO E FUNCIONALIDADE.....	34
<b>2. ASPECTOS GERAIS DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES.....</b>	39
2.1. TRANSPORTE DE PASSAGEIROS E DE CARGAS - MATRIZ BRASILEIRA DE TRANSPORTES .....	39
2.2. CLASSIFICAÇÃO UNIVERSAL DAS CARGAS .....	40
<b>3. ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES .....</b>	47
3.1. TRANSPORTE RODOVIÁRIO.....	47
3.1.1. Vias .....	48
3.1.1.1. Estrutura das vias .....	51
3.1.1.2. Nomenclatura das vias federais e estaduais .....	53
3.1.2. Veículos .....	57
3.1.3. Terminais .....	65
3.1.4. Sistemas de operação e controle .....	65
3.1.5. Transporte rodoviário no Brasil .....	66
3.1.6. Transporte rodoviário no Rio Grande do Sul.....	67
3.1.7. Transporte rodoviário em Cachoeira do Sul .....	68

3.2. TRANPORTE FERROVIÁRIO .....	70
3.2.1. Vias .....	72
3.2.1.1. Estrutura das vias .....	72
3.2.1.2. Nomenclatura das ferrovias .....	76
3.2.2. Veículos .....	76
3.2.3. Terminais .....	78
3.2.4. Sistemas de operação e controle .....	79
3.2.5. Transporte ferroviário no Brasil .....	80
3.2.6. Transporte ferroviário no Rio Grande do Sul .....	81
3.2.7. Transporte ferroviário em Cachoeira do Sul .....	82
3.3. TRANPORTE AQUAVIÁRIO .....	83
3.3.1. Vias .....	86
3.3.2. Veículos .....	87
3.3.3. Terminais .....	96
3.3.4. Sistemas de operação e controle .....	99
3.3.5. Transporte aquaviário no Brasil .....	101
3.3.6. Transporte aquaviário no Rio Grande do Sul .....	102
3.3.7. Transporte aquaviário em Cachoeira do Sul .....	103
3.4. TRANPORTE AEROVIÁRIO .....	105
3.4.1. Vias .....	107
3.4.2. Veículos .....	107
3.4.3. Terminais .....	110
3.4.4. Sistemas de operação e controle .....	111
3.4.5. Transporte aeroviário no Brasil .....	114
3.4.6. Transporte aeroviário no Rio Grande do Sul .....	114
3.4.7. Transporte aeroviário em Cachoeira do Sul .....	115

3.5.	TRANSPORTE DUTOVIÁRIO .....	115
3.5.1.	Vias .....	117
3.5.2.	Veículos .....	121
3.5.3.	Terminais .....	121
3.5.4.	Sistemas de operação e controle .....	121
3.5.5.	Transporte dutoviário no Brasil .....	122
3.5.6.	Transporte dutoviário no Rio Grande do Sul .....	122
3.5.7.	Transporte dutoviário em Cachoeira do Sul .....	123
3.6.	MODOS DE TRANSPORTE NÃO MOTORIZADOS .....	123
3.7.	OUTROS MODAIS DE TRANSPORTE.....	127
4.	<b>COORDENAÇÃO DAS MODALIDADES DE TRANSPORTES .....</b>	131
4.1.	INTERMODALIDADE E MULTIMODALIDADE.....	131
4.2.	OPERAÇÕES DE COORDENAÇÃO DOS TRANSPORTES .....	132
4.3.	EQUIPAMENTOS E TÉCNICAS DE COORDENAÇÃO DE TRANSPORTES .	133
4.3.1.	Para cargas unitizadas .....	134
4.3.1.1.	Contêineres.....	134
4.3.1.2.	Paletes.....	143
4.3.1.3.	Piggy-backs .....	145
4.3.1.4.	Roadrailers .....	146
4.3.2.	Para granéis sólidos.....	147
4.3.3.	Para granéis líquidos e gasosos .....	150
4.4.	INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES DE PASSAGEIROS....	152
5.	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	153



## 1. TRANSPORTE, SISTEMA URBANO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

O transporte é um sistema tecnológico e organizacional que tem como objetivo transferir pessoas e mercadorias de um lugar para outro com a finalidade de equalizar o diferencial espacial e econômico entre oferta e demanda. Já sistema é todo conjunto de partes que se interagem de modo a atingir um determinado fim, de acordo com um plano ou princípio. Os principais elementos relacionados ao conceito de sistema são:

- As entradas (recursos ou solicitações provenientes do exterior – *input*), que basicamente constituem os elementos a serem transportados (pessoas ou cargas), além de outros elementos como combustível, materiais consumidos, etc.
- As saídas (resultados – *output*), que serão fundamentalmente essas pessoas ou bens transportados, assim como outros impactos, como ruído, fumaça ou tempo gasto.
- E o meio ambiente, onde se insere o sistema.

Tradicionalmente, há cinco tipos básicos de modais para o transporte:

- Rodoviário: aquele feito nas ruas e estradas por veículos urbanos de carga (VUC), caminhões, carretas, bogies e treminhões (Figura 1).



Figura 1 – Modal Rodoviário. Disponível em:

<<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16968667>>. Acesso em: 20 jan. 2020

- Ferroviário: aquele realizado nas ferrovias por trens, compostos de vagões que são puxados por locomotivas (Figura 2).



Figura 2 – Modal Ferroviário. Disponível em: <<https://portalferroviario.blogspot.com.br/2017/04/>>.

Acesso em: 20 jan. 2020

- Aquaviário: aquele transportado em embarcações (Figura 3), sendo subdivido em:
  - Marítimo: através de mares e oceanos.
  - Hidroviário: também denominado de fluvial ou lacustre, pelos rios, lagos ou lagoas.



Figura 3 – Modal Aquaviário. Fonte: <<http://d-log.com/d-log/exportacoes-sujeitas-anuencia-previa-passam-ser-feitas-pelo-portal-unico-de-comercio-exterior/>>. Acesso em: 20 jan. 2020

- Aerooviário: aquele realizado por aeronaves (Figura 4).



Figura 4 – Modal Aerooviário. Disponível em:  
<[https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Conviasa\\_despegando.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Conviasa_despegando.jpg)>. Acesso em: 20 jan. 2020

- Dutoviário: aquele em que os produtos são transportados por meio de dutos, conforme ilustra a Figura 5.



Figura 5 – Modal Dutoviário. Disponível em: <<https://pixabay.com/de/photos/wasserrohr-druckrohre-51758/>>. Acesso em: 20 jan. 2020

Além desses modais principais, existem outros considerados como secundários ou periféricos e que atuam em coordenação com os anteriores, como os seguintes:

- Teleféricos: utilizam veículos suspensos em cabos que constituem a própria via.
- Correias (Esteiras) Transportadoras: caracteriza-se por correias rolantes, cujo veículo é a própria via.
- Elevadores.
- Modos não motorizados: pedestres, bicicletas e tração animal.

Cada modal de transporte forma um sistema constituído por todos os elementos a seguir: via, veículo, terminais e controles. Entende-se por via o local pelo qual transitaram os veículos, que, por sua vez, são os elementos que promovem o transporte. Os terminais são os locais destinados para a realização das transferências de passageiros e da carga e descarga e armazenamento de mercadorias. Todo o processo ocorre sob controle dos órgãos e procedimentos estabelecidos.

## **1.1. INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS TRANSPORTES**

Os transportes se relacionam com todos os setores da sociedade o que exige a análise das suas características desde vários pontos de vista.

Dentre esses contextos os mais importantes são três:

- Contexto político: visando identificar a influência mútua com órgãos estabelecidos da sociedade, como as empresas operadoras, o poder concedente, os agentes fiscalizadores, assim como pelos próprios representantes dos cidadãos, nas Câmaras Legislativas, no Executivo ou no Ministério Público.
- Contexto socioeconômico: pela relação direta com todos os setores da sociedade e do tecido econômico.
- Contexto tecnológico: pela contínua evolução da tecnologia e da própria engenharia que modificam as características dos modais.

Nessas análises, igualmente, convém ter em mente quatro características – descritas a seguir – essenciais ao Transporte em geral: indispensabilidade, perecibilidade, complexidade e magnitude dos investimentos.

- Indispensabilidade: o nível de desenvolvimento da sociedade moderna e o crescente aumento de especialização das atividades produtivas faz do transporte um setor

indispensável. Quanto maior for o desenvolvimento de um país, mais mobilidade apresentam suas sociedades e, portanto, mais dependentes são dos transportes para a atenção às suas necessidades.

- **Perecibilidade:** o transporte deve estar disponível para uso no local e no momento específicos onde se existe a demanda. Observa-se, por exemplo, nos congestionamentos diários que têm lugar nos grandes centros urbanos ou nos escoamentos das grandes colheitas, a necessidade de maior oferta de transporte, para evitar as perdas de tempo e produtividade, assim como de produção de bens e serviços.
- **Complexidade:** o transporte apresenta múltiplas variáveis inter-relacionadas, o que exige que seja realizada uma análise do sistema como um todo, mas levando em conta os diferentes aspectos que influenciam de forma concomitante.
- **Magnitude de investimento:** a implantação, operação e desenvolvimento dos modais de transporte exigem grandes capitais em prazo curto, mas que devem ser planejados em grandes períodos de tempo, assim como mão de obra especializada em relação com algumas das tecnologias de ponta empregadas.

Dessa forma, a escolha de modal mais indicado para cada necessidade deve levar em conta atributos que permitam comparar as diferentes opções existentes no momento e na região, com o objetivo de atender os objetivos marcados a um custo total mínimo não só para o usuário, mas para toda a sociedade. A essas variáveis se somam as influências políticas e macroeconômicas que, em muitos casos, não podem ser controladas e fazem do planejamento de transporte ainda mais complexo.

Para exercer suas funções como serviço da Sociedade, os modais de transporte são analisados mediante quatro atributos principais:

- **Disponibilidade:** caracteriza a potencialidade do modal de transporte de ser utilizado para a necessidade específica, por estar operacionalmente presente no momento e no espaço, sendo que só é possível usar modais já existentes no local desejado, ou de implantação viável no tempo em que a demanda existe. O caso contrário também pode se apresentar, como a construção de uma infraestrutura ou criação de um sistema de operação de transporte para uma determinada necessidade que não era tal, por ter sido criada arbitrariamente.

- Acessibilidade: uma vez que o modal de transporte está disponível, precisa também que os usuários (pessoas e/ou bens) possam ingressar no sistema e dele se utilizar para se deslocar e conseguir seus objetivos. Às vezes, mesmo uma infraestrutura estando implantada no território em um determinado momento, por razões técnicas, operacionais ou legais não pode atender uma demanda específica (por exemplo, uma ferrovia passando na porta de uma empresa que não possui autorização ou meios físicos para transportar suas mercadorias ou funcionários por ela).
- Economicidade: os modais de transportes devem apresentar um custo compatível com o valor que o usuário, subjetivamente, dá ao serviço oferecido pelo sistema. Essa compatibilidade implica que o do serviço seja superior ao valor da tarifa paga pelo transporte, que por sua vez deve ser maior que o custo do transporte para permitir sua viabilidade econômica (valor > tarifa > custo de transporte).
- Qualidade de serviço: cada vez mais importante por si só nas escolhas de modal, assim como com grande peso em igualdade dos demais atributos, este fator, também subjetivo, leva em conta o desempenho de todo o sistema em atenção às suas necessidades.

A rodovia tem também disponibilidade linear, com restrições de acesso em geral reduzidas, ditadas geralmente por fatores de segurança operacional ou de topografia, podendo ser considerada de acessibilidade linear. Já as hidrovias apresentam disponibilidade superficial. Por fim, o transporte dutoviário tem disponibilidade linear em seu eixo geométrico e como oferece poucas restrições de acesso, pode-se dizer que tem disponibilidade linear.

## 1.2. IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DOS TRANSPORTES

O transporte é responsável por qualquer atividade econômica; sem ele, não há desenvolvimento em uma cidade, região ou país. Devido ao fato de que as necessidades de recursos materiais e de situação dos seres humanos não são uniformes no território, o transporte se faz indispensável para permitir esse deslocamento de pessoas e bens de um ponto para outro.

Para se comprar uma roupa, por exemplo, o algodão teve que ser levado à fábrica de tecidos. Posteriormente, foi transportado ao local de confecção de roupas, para então estar disponíveis em lojas.

Como se pode perceber, o transporte está intimamente ligado às diversas atividades da sociedade. Sendo assim, o transporte é um meio que viabiliza de forma econômica os deslocamentos para satisfação de necessidades pessoais ou coletivas, sendo que os maiores benefícios produzidos são a mobilidade e acessibilidade.

O Transporte joga um papel intermediário na economia, que liga ou faz possíveis as outras demandas da sociedade, mas que conceitualmente não cria riqueza em si. Porém, seu caráter transversal a todos os outros setores e atividades faz com que possam se desenvolver de forma adequada. Educação, alimentação e saúde são as necessidades básicas da Sociedade moderna, mas que sem o transporte (assim como a energia) não podem ser atendidas.

Portanto, o planejamento estratégico do Transporte deve ser realizado em conjunto com os demais setores econômicos, pois é o principal responsável pela movimentação de um fluxo material (pessoas ou bens), de forma eficaz e eficiente, desde um ponto fornecedor até um ponto consumidor. Dessa forma, o setor dos transportes é o responsável pela grande parcela dos custos logísticos dentro da maioria das empresas e possui participação significativa no PIB dos países (no Brasil, atualmente em torno a 60% dos custos logísticos e mais de 4% do PIB total).

Fica evidente, portanto, a importância de um bom planejamento da implantação e operação dos modais de transportes, que se devem adequar às necessidades de desenvolvimento de uma região de acordo com suas características estruturais, seja implantando novos sistemas ou melhorando os já existentes. Esse planejamento, especificamente direcionado para a região de estudo, deve levar em conta a demanda por transporte no momento atual e a projeção para o futuro.

Consequentemente, obras de infraestrutura de transportes não somente encurtam as distâncias, mas também melhoram e agilizam a mobilidade e contribuem para geração de novas tecnologias. Além disso, promovem a troca de produtos, bens, técnicas e informações com outras regiões e/ou países. Dessa forma, intensificam o crescimento industrial, aumentando o mercado e a produção, com isso, gerando empregos.

Para isso, de forma geral, um plano de transporte compreende as seguintes etapas:

1. Definição dos objetivos e prazos.
2. Diagnóstico dos sistemas de transportes.
3. Coleta de dados, em todo o sistema, com os usuários e com a comunidade em geral.
4. Escolha dos modelos a serem utilizados para avaliação da demanda futura. Nessa etapa, de fundamental importância, podem ser aplicados diferentes procedimentos

de análise para subsidiar as tomadas de decisão quanto às mudanças que se fazem necessárias no sistema de Transporte.

5. Alternativas de oferta de transporte.
6. Avaliação das alternativas (custos e impactos).
7. Escolha da alternativa.
8. Desenvolvimento do plano de transporte acompanhado de um programa de financiamento.
9. Implementação das alternativas de acordo com um cronograma de desembolso de recursos.
10. Atualização dos procedimentos.

A duração dessas etapas e, portanto, do plano como um todo, depende dos recursos disponíveis e das finalidades que se desejam alcançar, assim como, muitas vezes, da urgência do problema que se deseja resolver. Dessa forma, os planos de transportes podem se classificar em curto, médio ou longo prazo. Assim, os planos de longo prazo contemplam ações que necessitam de um prazo maior para serem implementadas e, na maioria das vezes, requerem maiores recursos, enquanto medidas operacionais que podem ser implementadas de forma rápida e com baixo custo estão inseridas em planos de médio e curto prazo.

Quando falamos do custo do transporte, entenda-se seu custo total como o somatório dos seguintes aspectos:

- Frete principal: corresponde à tarifa cobrada pelo transportador ao usuário pelo serviço oferecido em sua via ou com seus veículos.
- Fretes complementares: relativos aos preços pagos pelo usuário para fazer as etapas inicial (coleta desde a origem) e final (distribuição até os destinos), além do transporte principal.
- Custos de terminais: são os gastos decorrentes da utilização dos terminais de transporte ou pelas operações oferecidas nestes, como operações de carga e descarga, armazenagem e conservação, e transferência entre veículos ou modais.
- Custos logísticos derivados do uso de embalagens de proteção da carga para as operações de transporte e distribuição.
- Custos indiretos relacionados com gastos em seguros, impostos e taxas em qualquer das operações anteriores.

- Custos de imobilização de capital: são custos que devem ser levados em conta devido ao tempo total transcorrido desde o início da disponibilidade da mercadoria (na saída do estoque de produção) até atender a demanda que tinha por objetivo, já no destino (como a venda ao comerciante ou usuário final).

Como, tradicionalmente, o custo de capital do Transporte é bancado pelo Poder Público e em decorrência da escassez de recursos para atender a todas as demandas da sociedade à qual atende, a opção de implantação se dá em grande parte pelo modal de menor investimento inicial. Isto faz com que, no Brasil, por exemplo, o modal privilegiado nas últimas décadas tenha sido o rodoviário. Porém, quando se analisa o custo total que o modal oferece à Sociedade, levando em conta o custo operacional que encarece o preço final dos produtos para os usuários, assim como as externalidades geradas, o valor é muito mais elevado. Além disso, desde um ponto de vista macroeconômico, entram em jogo grandes forças externas exercidas por dois setores diretamente envolvidos: a indústria do petróleo e a indústria automobilística. Tudo isso faz que o modal rodoviário, como será estudado mais adiante, seja o predominante no Brasil, o que estabelece uma grande desvantagem em relação a outros países desenvolvidos e de dimensões continentais, pois gera falta de competitividade em âmbito internacional.

A inter-relação direta que existe entre o Transporte e a Economia, e por extensão, a Sociedade, é evidente, de forma que a disponibilidade de redes de transportes adequadas condiciona o desenvolvimento de um país. Porém, os países que têm boa infraestrutura de transportes não a têm por serem desenvolvidos. Antes, são desenvolvidos porque cuidaram, no devido tempo, dos seus sistemas de transportes de todo tipo, mediante um planejamento adequado.

Assim, a coordenação técnica, econômica e social dos modais é de extrema importância, para que possam oferecer seus serviços essenciais à Sociedade de forma eficiente. Nesse sentido é importante chamar a atenção sobre o chamado marco institucional do transporte, conjunto de instrumentos legais e organismos que regulamentam e atuam o setor, e que também serão abordados em próximos capítulos.

### 1.3. O TRANSPORTE E A ESTRUTURA URBANA

As funções básicas da cidade são possibilitar o desenvolvimento das atividades humanas de “residir, trabalhar, circular e recrear”. Essas atividades, entretanto, ocorrem em lugares distintos e induzem os deslocamentos entre diversos pontos da cidade.

Para que a cidade possa cumprir com suas funções, as pessoas deverão ter condições de realizar esses deslocamentos. A organização da distribuição espacial das atividades humanas e dos deslocamentos das pessoas que desenvolvem essas atividades estão intimamente ligadas entre si.

Aparece então o binômio tráfego – uso do solo, com uma forte inter-relação e co-dependência: estrutura urbana e estrutura viária se condicionam. O homem urbano desenvolve atividades em diferentes pontos da área urbana, uma das atividades mais importantes – da qual dependem grande parte das outras atividades – é a circulação.

Relacionado a essa circulação, surge o problema do equilíbrio entre a capacidade do sistema viário (oferta) e o número de viagens de passageiros (demanda). Como as distâncias a serem vencidas para acesso às atividades no meio urbano ultrapassam as distâncias que poderiam ser cobertas a pé, o transporte urbano é, na maioria das vezes, feito por veículos tais como automóveis, ônibus, taxis, metrôs, etc.

A inter-relação entre a evolução urbana e a transformação da estrutura viária é expressa pelas mudanças no uso do solo e nas atividades dos habitantes da cidade. Assim, as características do sistema viário urbano podem se relacionar com o tipo de cidade em que se localizam e é possível acompanhar sua transformação junto à evolução urbana ao longo do tempo, com base na experiência histórica observada durante o século XX, em que o desenvolvimento do setor dos transportes teve sua maior expansão.

Em particular no Brasil, é provável que existam padrões diferentes dos tradicionais. Um exemplo decorre das taxas de motorização e do uso dos automóveis. O fato de ter-se observado uma civilização dependente do automóvel em escala crescente faz com que as cidades de hoje apresentem de forma prematura os sintomas e as mutações historicamente observadas:

- Pressões que ocasionaram transformações em certas cidades que atingiram 200.000 ou 1 milhão de habitantes passam a manifestar-se aos 100.000 ou 500.000 habitantes, respectivamente.

- Áreas mais ricas podem manifestar antes as necessidades de um dado cenário e áreas mais pobres podem tornar mais importante a busca de alternativas de evolução, em relação aos padrões usuais.

A evolução urbana coloca certos patamares de crescimento (e eventualmente adensamento) que exigem uma transformação qualitativa da estrutura viária, de forma correspondente.

Assim, a Engenharia de Transportes pode preparar e promover (ou conter, quando adequado) certas transformações. Além disso, pode-se perceber que certas disfunções são a manifestação do esgotamento de um padrão estrutural e exigem uma transformação qualitativa na estrutura viária, com o objetivo de viabilizar uma melhoria significativa no atendimento às necessidades sociais.

Os patamares de evolução urbana e as estruturas viárias correspondentes podem ser esquematizadas em:

- Em um estágio inicial, a consolidação da ocupação urbana acontece pela consolidação de uma área principal de atividades e produz áreas urbanas mononucleadas (há um centro dominante); as vias de interligação com outras áreas urbanas buscam alcançar esse núcleo e a ocupação local acontece em seu entorno, atraindo as vias de ligação correspondentes; em geral, aglomerados ou cidades até 25.000 a 50.000 habitantes não fogem - e não precisam fugir - desse padrão urbano: o centro da cidade é um local privilegiado para concentrar e atender às necessidades sociais e a pressão inicial não supera sua capacidade de fazê-lo.
- Primeira transformação qualitativa: a carência de espaço e elevação dos preços para edificações nos núcleos centrais. Os problemas de tráfego (operação nas vias e estacionamento), embora já notáveis, ainda serão menores que o fator imobiliário e algumas artérias de acesso ao centro com condições privilegiadas geram corredores de atividades comerciais e de serviços (contribuindo para desconcentrá-las). Em geral, esse padrão urbano pode consolidar-se entre os 50.000 e os 100.000 habitantes (antes, 200.000), com problemas crescentes de tráfego nas artérias e na área central, devido às demandas de atravessamento.
- Segunda transformação qualitativa: surgem conflitos entre as necessidades geradas pelas atividades locais e pelo tráfego de passagem nas vias das áreas centrais. As atividades centrais podem continuar mediante a melhoria ou construção de vias de

interligação entre os corredores arteriais existentes (os anéis viários). Igualmente, outras vias transversais podem assumir papel importante, por servirem aos trajetos tangenciais que evitam o centro congestionado, aparecendo novos centros de atividades. Em geral, as cidades de 100.000 até 200.000 habitantes podem estar envolvidas nesta transformação (o que anteriormente estendia-se a 400.000 habitantes ou mais).

- Terceira transformação qualitativa: pode combinar, em diversas medidas, duas características distintas: a construção de vias arteriais de grande capacidade de tráfego e/ou a consolidação de cidades poli nucleadas. Existe o risco de decaimento das áreas centrais se a sua qualidade como centro de comércio e serviços não for preservada. Há ainda, a oportunidade de viabilizar núcleos externos de comércio e serviços em áreas acessíveis aos grupos de alta renda, como empreendimentos de grande porte que se configuram como polos geradores de tráfego.

Tipicamente, o processo de implementação da estrutura viária acontece nos espaços urbanos mais consolidados, com boa disponibilidade e organização espacial. Assim, para planejar e implementar adequadamente uma rede viária urbana, é fundamental conhecer como as cidades nasceram e cresceram, e nesse contexto, compreender o papel da rede viária nesse desenvolvimento.

Nesse âmbito, apesar das diferenças entre as cidades, elas podem ser classificadas em função do planejamento ordenado da sua estrutura, como cidades espontâneas ou cidades planejadas.

Um número muito significativo de cidades europeias nasceu de forma espontânea a partir de um núcleo surgido na Idade Antiga ou Média. Esse núcleo era, do ponto de vista urbanístico, caracterizado pela elevada intensidade da ocupação do solo e pela grande irregularidade do traçado e exiguidade da dimensão das vias.

As cidades começaram a desenvolver-se em círculos definidos em torno do núcleo inicial e ao longo das principais vias de acesso a esse núcleo. Esse tipo de evolução deu origem a aglomerados de forma denominada radiocêntrica. Ao longo do tempo esse tipo de cidades foi crescendo por justaposição sucessiva de elementos (bairros, ruas, etc.) sem observância de qualquer lógica de conjunto. Assim, as vias tornaram-se, em geral, mais largas que as do núcleo inicial, mas o respectivo traçado permaneceu irregular.

Cidades que resultaram desse processo são, tipicamente, cenário de congestionamento na área central e nas vias de acesso a essa área, além de diminuição gradual das densidades do centro para a periferia. Concilia, também, aumento progressivo das dimensões médias dos eixos viários ao longo do tempo.

Com o aumento das populações urbanas, novos desenhos de cidades foram surgindo para evitar o descontrole e o crescimento desordenado, com o objetivo de acompanhar o processo de industrialização de áreas pouco desenvolvidas ou para revitalizar áreas estagnadas ou deprimidas.

Os princípios seguidos no planejamento urbano quanto à estrutura física e aos movimentos são:

- 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.

A estrutura reticulada é a forma urbana planejada mais comum, é característica das cidades planejadas anteriores à Revolução Industrial, tanto na Europa quanto no contexto da colonização da África e da América. Essas cidades desenvolveram-se ao longo de um sistema de vias ortogonais, existindo inicialmente duas (ou quatro) vias principais que se cruzavam numa praça central.

A prevalência da forma reticulada em todas essas cidades é incentivada com a facilidade de construção, o que permite acolher um grande número de habitantes num curto período de tempo. Alternativamente, aplicaram-se formas geométricas mais complexas para obter efeitos estéticos, como foi o caso de Washington nos EUA.

Depois da Revolução Industrial, como consequência dos problemas a que deu lugar nas cidades que não contaram com o adequado planejamento urbanístico, e também para aproveitamento das oportunidades abertas pelo aparecimento do transporte motorizado (ferroviário e rodoviário), viveu-se uma época de excepcional criatividade urbanística, que se resultou em vários novos modelos de desenvolvimento urbano:

- Cidade linear;
- Cidade jardim;
- Cidade industrial;
- Unidade de vizinhança;
- Cidade parque;

- Cidade racionalista.

A Cidade linear (Figura 6), proposta por Arturo Soria y Mata em 1886, apresenta as seguintes características principais:

- É constituída por uma via de 500 metros de largura e de comprimento variável, formada por uma rodovia principal e por uma linha de trens ou bondes.
- Ao longo da via principal passam os dutos de água, gás e eletricidade.
- Os edifícios para serviços municipais como: bombeiros, polícia, etc., são localizados a determinados intervalos.
- De cada lado se estende a zona residencial, servida por vias transversais e limitada por uma via secundária.

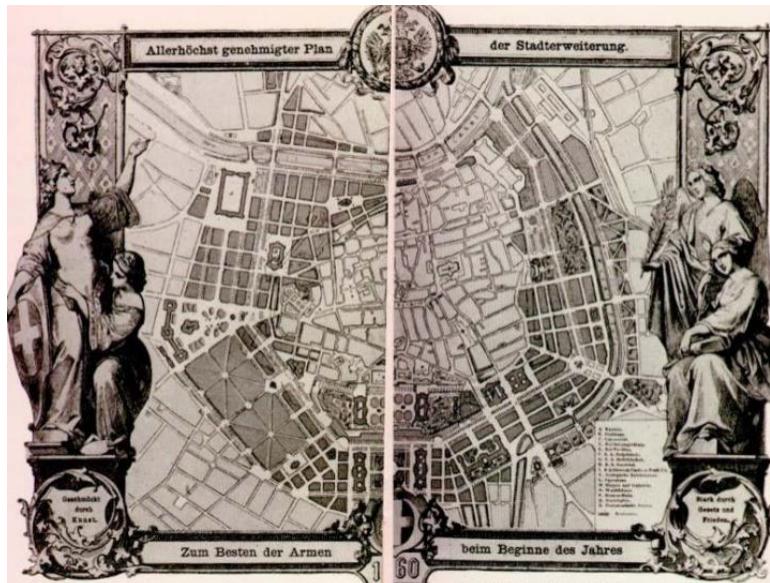


Figura 6 – Cidade Linear. Disponível em:

<[https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Ciudad\\_lineal\\_de\\_Arturo\\_Soria.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Ciudad_lineal_de_Arturo_Soria.jpg)>. Acesso em: 20 jan. 2020

A Cidade jardim (Figura 7), proposta por Ebenezer Howard em 1898, sugere cidades novas e autossuficientes, de dimensão relativamente pequena, conciliando as vantagens da cidade com as vantagens do campo. Essa cidade é caracterizada por:

- A área central é cercada por um cinturão verde e limitada por uma linha férrea;
- No centro da cidade localiza-se um parque com as principais instituições administrativas e culturais, e um parque urbano.

- As zonas residenciais, compostas por moradias individuais, são dispostas ao redor do centro, ao longo de uma grande avenida circular. Nessa avenida estão as escolas, lojas e igrejas, localizadas no centro de bairros de aproximadamente 5.000 habitantes. A periferia imediata é ocupada por fábricas, oficinas, armazéns, etc. A cidade é envolta por espaços agrícolas e florestais.
  - Do parque central saem rodovias radiais, dividindo a cidade em seis setores e interceptando vias circulares para os movimentos transversais.
  - Quando a dimensão máxima de uma cidade é atingida devem ser criadas novas cidades, suficientemente distantes das restantes (aproximadamente 4 quilômetros). Progressivamente, deve ser formado um sistema de sete cidades, uma no centro e seis em volta dela, ligadas por transporte rodoviário, ferroviário e fluvial. O conjunto de cidades deve ter população de até 250.000 habitantes (58.000 mil na cidade central e 32.000 em cada uma das restantes).

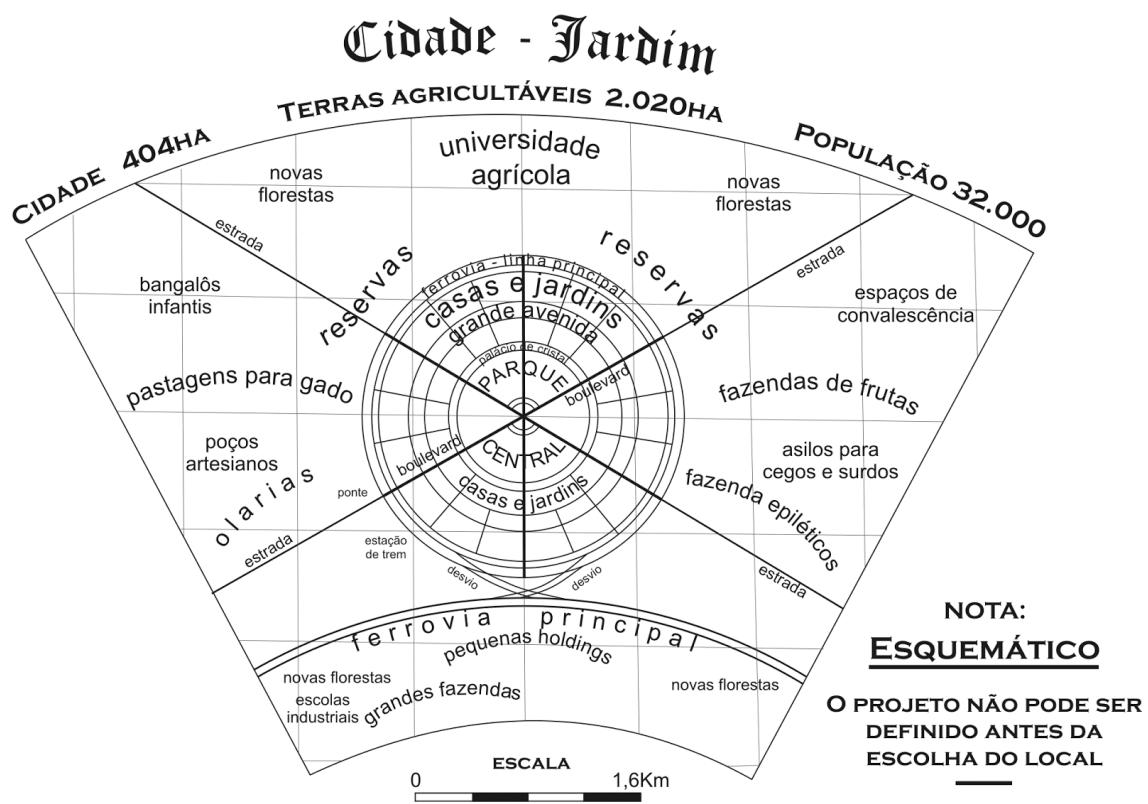


Figura 7 – Cidade Jardim. Disponível em: <[http://www.cidadesturismo.com/2016/02/a-cidade-como-objeto-de-estudo\\_20.html](http://www.cidadesturismo.com/2016/02/a-cidade-como-objeto-de-estudo_20.html)>. Acesso em: 20 jan. 2020

Tony Garnier, em 1901, propôs uma cidade ideal de 35.000 habitantes, chamada Cidade Industrial (Figura 8). Como principais características dessa cidade, temos:

- Na área plana mais elevada fica a zona residencial.
- No centro ficam as instalações cívicas, edifícios para escolas secundárias e campos de esporte.
- No vale ao longo do rio ficam as indústrias, separadas da cidade propriamente dita por uma zona rural que serve de cinturão.
- A cidade se estende longitudinalmente numa estrutura de planta em tabuleiro, com quadras de  $30 \times 150$  metros.

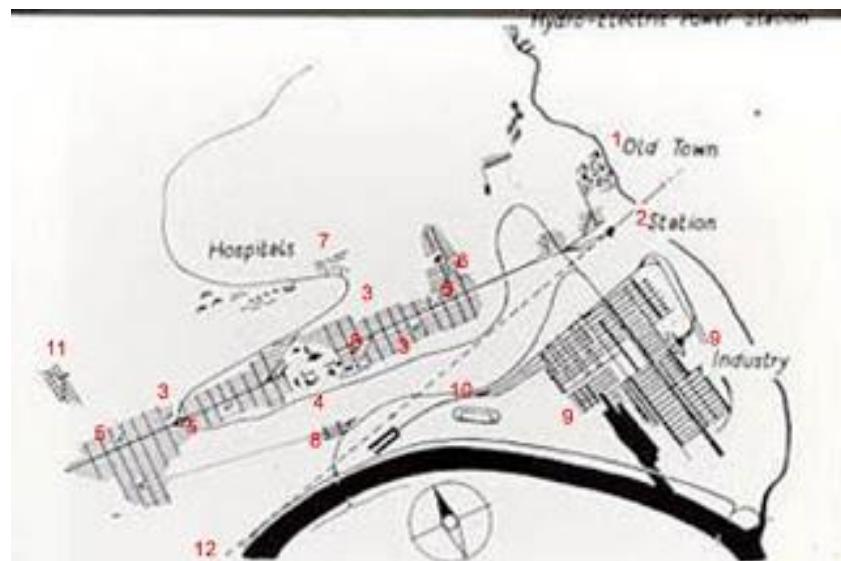


Figura 8 – Cidade Industrial. Disponível em:  
<<http://cidadejardimecidadeindustrial.blogspot.com.br/2008/11/cidade-industrial-de-tony-garnier.html>>. Acesso em: 20 jan. 2020

Já apresentada em 1929 por Clarence A. Perry, a Unidade de Vizinhança (Figura 9) pode ser compreendida como um desenvolvimento dos bairros da Cidade jardim, caracterizada por:

- 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 habitantes (necessária para o funcionamento de uma escola primária).

- Os limites da vizinhança são demarcados por vias suficientemente largas, para servir ao tráfego de passagem. As vias interiores devem ter largura apenas a suficiente para atender às necessidades de utilização local.



Figura 9 – Unidade de Vizinhança. Disponível em:

<<http://cabanodatabauera.blogspot.com.br/2012/02/la-ville-radieuse-brasilia.html>>. Acesso em: 20 jan. 2020

O modelo de cidade chamado “Cidade parque” (Figura 10) considera um plano para uma cidade com 3 milhões de habitantes, tendo células residenciais em edificações com 12 a 15 andares. Essa cidade condensa as atividades produtivas em altos edifícios a cada 400 metros, ligados por autoestradas implantadas a 5 metros de altura. O parque industrial localiza-se no outro extremo da cidade, servida por rodovias e ferrovias. No meio dos parques, próximo das habitações, são implantadas as escolas, piscinas e quadras de esporte. Já no centro urbano, localizam-se as bibliotecas, teatros, etc. A demanda de usuários é classificada e segregada, de acordo com vários princípios básicos:

- Velocidades: nunca devem ser misturadas, separando pedestres dos veículos (também separados entre rápidos, pesados, bondes e ônibus).
- Sentido do tráfego: a mão única deve ser priorizada. As intersecções em nível devem ser evitadas.

- Pedestres: os parques 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.



Figura 10 – Cidade Parque. Disponível em:

<<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2014/08/14/viaduto-ligara-sudoeste-ao-parque-da-cidade/>>.

Acesso em: 20 jan. 2020

Por fim, a Cidade Racionalista (Figura 11), idealizada por Le Corbusier desde 1922, tem como principais características:

- A criação de novas áreas centrais, tentando equalizar as densidades dentro da cidade como forma de combater os problemas de congestionamento resultantes dos fluxos de tráfego convergirem todos para as áreas centrais.
- , O aumento das alturas de construção, como forma de obter os espaços livres de que as cidades carecem e de diminuir os custos de urbanização.
- A atribuição de zonas distintas às diferentes funções – habitar, trabalhar, cultivar o corpo e o espírito, e circular – levando a um zoneamento estrito da cidade.

Em relação à circulação Le Corbusier propôs a construção de um sistema de vias que, colocado acima do nível do solo, não interfere em nada com o funcionamento da cidade. Além disso, a implantação da cidade e arquitetura dos edifícios devem assegurar as boas condições de insolação e ventilação.



Figura 11 – Cidade Racionalista. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/787030/classicos-da-arquitetura-ville-radieuse-le-corbusier>>. Acesso em: 20 jan. 2020

No Brasil, um exemplo de cidade inspirada pela “Cidade Racionalista” é Brasília, capital do Distrito Federal (Figura 12). Foi apresentada em 1957 pelo arquiteto e urbanista Lúcio Costa e construída de raiz sob a direção de Oscar Niemeyer - um dos mais conhecidos seguidores de Le Corbusier.



Figura 12 – Plano Piloto de Brasília. Disponível em: <<http://arquiteturaurbanismotodos.org.br/plano-piloto/>>. Acesso em: 20 jan. 2020

O plano piloto de Brasília era composto por dois eixos (Rodoviário e Monumental) que se cruzam de forma transversal, que embora na concepção original ilustrasse o gesto de quem assinala uma cruz, ficou conhecida por ter formato de um avião, lembrando duas cidades lineares. O eixo rodoviário ou residencial é composto por sequências de grandes quadras dentro das quais os blocos residenciais podem ser dispostos, obedecendo a dois princípios: gabarito máximo de seis pavimentos e separação entre trânsito de veículos e de pedestres. Ao fundo das quadras estende-se a via de serviços para caminhões. Em contrapartida, o eixo monumental abriga os centros Cívico, Administrativo, Cultural e a zona destinada às pequenas indústrias.

O 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, etc. Lateralmente à interseção 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 habitantes - atualmente, tem quase 2,5 milhões de habitantes. Para preservar esse planejamento limite, projetou-se a expansão de Brasília através de cidades-satélites, que apesar de ter uma acentuada interação com o plano piloto, lembram o conceito de unidades de vizinhança.

#### **1.4. SISTEMA VIÁRIO: HIERARQUIZAÇÃO E FUNCIONALIDADE**

A distribuição espacial das atividades humanas geradoras de um grande número de viagens que são feitas com regularidade, também denominadas de viagens pendulares, faz surgir elevadas concentrações do tráfego em porções limitadas do sistema viário. Nestas áreas, podemos distinguir dois tipos de tráfego:

- O tráfego local, originado a partir de atividades desenvolvidas internamente à área considerada, resultando em viagens com origem e/ou destino na área.
- O tráfego de passagem que tem sua motivação localizada externamente à área, sendo formado por viagens que possuem origem e destino fora dela.

Assim, numa área residencial cujo sistema viário esteja sendo utilizado por estes dois tipos de tráfego, simultaneamente, tem-se que:

- O tráfego local é constituído basicamente por viagens baseadas no lar (residência), localizadas no sistema viário interno à área.

- O tráfego de passagem tende a se concentrar ao longo das vias de menor percurso, no atravessamento da área, com características de intensidade e velocidade muito superiores. Além disso, demanda velocidades de deslocamento mais elevadas que o tráfego local.

Portanto, a natureza desses dois tipos de tráfego é distinta e demandam espaços viários de características diferentes. Por outro lado, no deslocamento de uma pessoa entre uma origem e um destino específicos, é possível distinguir parcelas da viagem que apresentam características dos dois tipos de tráfego:

- “Circulação”, que está associada ao período intermédio das viagens motorizadas, que decorre desde as proximidades do ponto de partida até às proximidades do ponto de chegada, onde o nível de serviço oferecido depende da garantia da fluidez de deslocamento.
- “Acesso” aos espaços urbanos adjacentes ou aos espaços de estacionamento pelos veículos motorizados, que pode ocorrer no início, ou no final das viagens, e em que a qualidade de serviço oferecida se mede, nomeadamente, pelas condições oferecidas para uma circulação segura em marcha reduzida e para a execução das manobras de acesso aos espaços adjacentes ou aos lugares de estacionamento.

Além das funções de deslocamento motorizado, também devem ser atendidas aquelas relacionadas aos deslocamentos pelos modos não motorizados (ativos: a pé, por bicicleta), além de todas as atividades de vivência urbana. Essas funções requerem um ambiente urbano seguro e agradável que, genericamente, está associado à existência de níveis reduzidos dos volumes e velocidades de tráfego motorizado. Assim, essas características são razoavelmente compatíveis com a função de acesso, enquanto são incompatíveis com a função circulação, sendo essa incompatibilidade tanto maior quanto maiores forem as velocidades e os fluxos do tráfego motorizado existente.

Portanto, pode-se concluir que é necessária uma classificação funcional no sistema viário, com o objetivo de separar esses tráfegos que se distinguem em: intensidade, velocidade, periodicidade, tipos de veículos, etc. Nesse sentido, as características operacionais dessas vias (projeto geométrico, sinalização, grau de controle de acesso, etc.) serão uma consequência do perfil do tráfego que flui sobre elas.

Do ponto de vista funcional surgem dois principais conjuntos de vias: as vias estruturantes (destinadas à circulação) e as vias locais (destinadas ao acesso e à vivência local).

Porém, na maioria dos casos não é possível proceder a uma segregação completa das funções nem a classificação rígida das vias em alguma das duas categorias. Então, é usual adotar um número maior de tipologias de vias, dentre as quais cada uma é adequada para determinados pesos relativos das funções circulação e acesso.

Propõe-se a adoção de uma grelha de classificação funcional das vias baseada num conjunto de quatro tipologias (Figura 13):

- Vias expressas e vias arteriais: ligadas predominantemente, mas com pesos diferentes, à função de circulação e constituindo a rede estruturante do conjunto do espaço urbano.
- Vias coletoras e de acesso local: ligadas predominantemente, mas também com pesos diferentes, ao serviço dos espaços onde se pretende dar prioridade à vivência urbana e que constituirão as redes viárias locais.

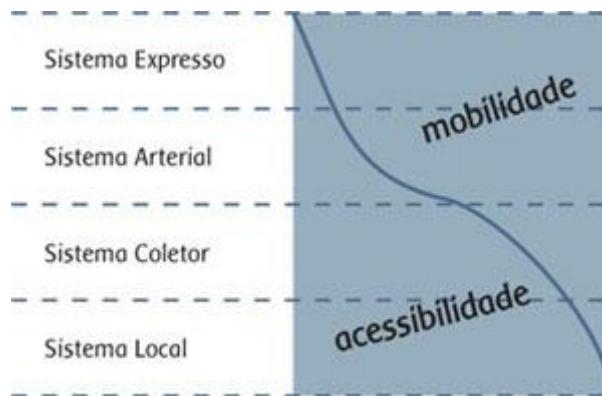


Figura 13 – Classificação funcional das vias. Disponível em:

<<http://www.transitoideal.com.br/pt/artigo/2/passageiro/86/classificacao-das-vias>>. Acesso em: 20 jan. 2020

Basicamente, as vias expressas representam as vias de circulação por excelência, onde a função de acesso é residual. Por outro lado, as vias de acesso local representam as vias de acesso por excelência, e, portanto, a função de circulação é residual. Diferentemente, as duas outras categorias, arteriais e coletoras, apresentam uma funcionalidade mista, com preponderância da função circulação na primeira e da função acesso na segunda, mas de forma gradativa e não excludente.

Outra particularidade importante deste tipo de grelha de classificação funcional é a de que, genericamente, é possível identificar um grande conjunto de vias (arteriais, coletoras e

locais) que têm um funcionamento integrado em um ambiente urbano e, assim, poder ser genericamente classificadas como “Ruas”, além de um outro conjunto (correspondente às vias expressas) que tende a ter maior grau de segregação física e funcional, de forma que também tendem a ser denominadas como “Estradas” ou “Rodovias”.

Outros dois critérios de classificação viária também são igualmente relevantes:

- Padrão da via: físico, relevante por eventualmente excluir o atendimento a determinados tipos de veículos ou usuários, como as vias exclusivas para pedestres e ciclistas.
- Legal: o Código de Trânsito Brasileiro de 1997 estabelece dois grandes grupos: vias urbanas (ruas, avenidas e caminhos, caracterizados principalmente por possuírem imóveis edificados ao longo de sua extensão) e rurais (rodovias e estradas, situadas fora de área urbana). Além disso, nas vias urbanas há a divisão das vias em: de trânsito rápido, vias arteriais, vias coletoras e vias locais (aproximando, intencionalmente, a terminologia legal da funcional). Entretanto, essa classificação tem de ser comunicada ao usuário da via através de sinalização, ou ainda, a via precisa ser reconhecida pelas suas características físicas ou de controle de tráfego, para então o usuário entender as normas vigentes.



## **2. ASPECTOS GERAIS DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES**

O transporte é o principal responsável pela movimentação de um fluxo material (pessoas ou bens). Deve funcionar de forma eficaz e eficiente, desde um ponto fornecedor até um ponto consumidor. Ele depende intrinsecamente dos crescimentos demográfico e de renda como impulsionadores, seja pelo hábito de viajar, seja pelo consumo. Esse consumo engloba toda a gama dos setores produtivos, consumidores de matérias primas, de bens intermediários e de serviços e produtores de bens finais. Esses fatos fazem com que exista uma estreita correlação entre grau de desenvolvimento de países e regiões e a disponibilidade de redes de transportes eficientes.

### **2.1. TRANSPORTE DE PASSAGEIROS E DE CARGAS - MATRIZ BRASILEIRA DE TRANSPORTES**

O setor de transportes encontra-se inteiramente ligado ao desenvolvimento de uma nação, proporcionando acessibilidade e mobilidade entre pessoas e mercadorias, afirmindo o seu grau de importância na economia, viabilizando o progresso nos diversos setores de um país. Um país torna-se competitivo na medida em que sua infraestrutura viária atende as necessidades e demandas para escoamento de sua produção.

O Brasil, assim como outros países da América Latina, possui uma desconexão entre os seus sistemas de transporte. Cerca de 60% das cargas do país são transportadas por um único modal de transporte: o rodoviário. Esse modo está longe de atender a todas as necessidades das empresas brasileiras, além de contribuir com o aumento do custo interno do transporte, de forma que esse custo chega a ser o dobro do de outros países de dimensões semelhantes às do Brasil.

No transporte de passageiros há, também, a predominância do modal rodoviário, em que o serviço de transporte interestadual e internacional movimenta mais de 140 milhões de passageiros por ano. Desde 2002, o órgão competente para a regulação e fiscalização do setor é a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, responsável pelas outorgas de permissão e de autorização para a operação desses serviços.

Pelo não recebimento de recursos significativos durante muitos anos, o sistema de transporte brasileiro vivenciou o sucateamento da malha ferroviária e da estrutura portuária, tornando-se dependente do transporte rodoviário, conforme expõe a Figura 14.

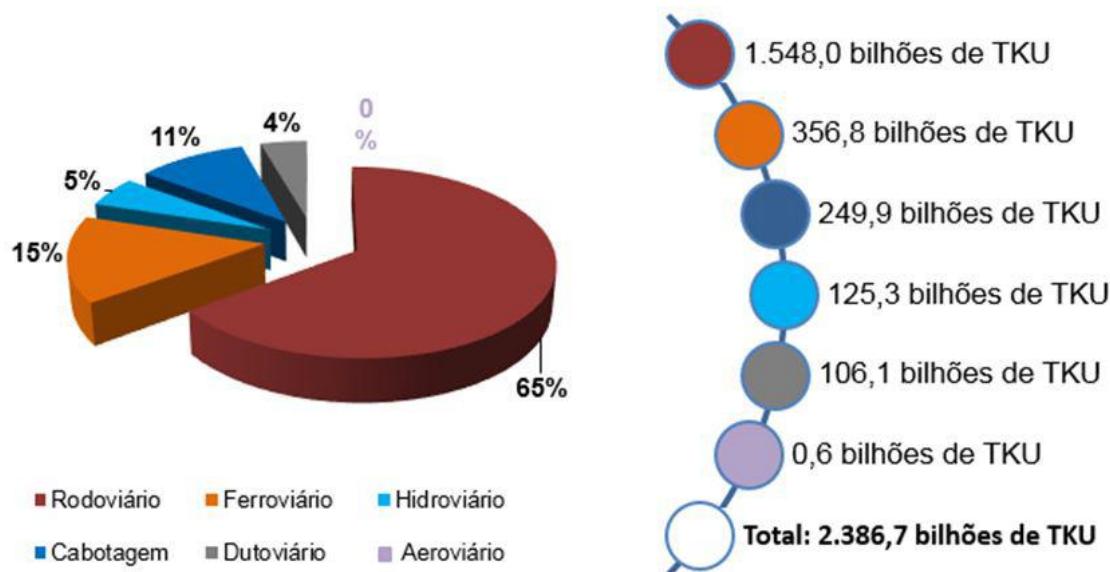


Figura 14 – Matriz de Transporte de cargas brasileira em 2015. Fonte: EPL, 2018.

## 2.2. CLASSIFICAÇÃO UNIVERSAL DAS CARGAS

A fim de que se tenha uma uniformidade no transporte de cargas entre diferentes países, surgiu a necessidade de uma classificação das cargas de forma universal, atendendo aspectos como: perecibilidade, fragilidade, periculosidade, dimensões e pesos especiais.

Segundo sua natureza, a carga pode ser a granel ou geral; e quanto à forma de transporte é dividida em granel, individual (*Break-bulk*) ou agrupada (unitizada). Devido à necessidade de um manejo diferenciado, há uma classificação especial das cargas em frigoríficas e perigosas.

De acordo com essas classificações, podemos diferenciar os seguintes tipos de cargas:

- Carga geral: conhecida também por carga seca, mercadorias embarcadas separadamente por meio de embalagens (caixas, pacotes, sacas, etc.), sendo feita a contagem de unidades, cada uma delas com marca de identificação (Figura 15). Esse tipo de carga, muito comum, apresenta o inconveniente da perda de tempo nas operações de carga, descarga e transferência, devido à grande quantidade de volumes.



Figura 15 – Carga geral. Disponível em: <<http://estivadoresaveiro.blogspot.com.br/2013/07/carga-geral.html>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

- Granéis: mercadorias transportadas sem embalagem individual, nem acondicionamento, sendo o próprio veículo o elemento de contenção, sem marca de identificação e sem contagem de unidades, conforme ilustra a Figura 16. Podem ser granéis sólidos, minerais ou agrícolas, como grãos e minérios; granéis líquidos, minerais ou vegetais, como derivados claros e escuros de petróleo e óleos vegetais; e granéis gasosos, de alta ou baixa pressão, como o GLP e o cloro.



Figura 16 – Carga de granéis. Disponível em: <<http://www.ccibj.com.br/ccibj/porto-paranagua-realiza-o-maior-embarque-de-granel-da-historia/>>. Acesso em: 21 jan. 2020

- Cargas unitizadas: obtidas a partir do agrupamento da carga, seja a granel ou geral, em uma unidade adequada. Assim, formam um conjunto de cargas que são arranjadas e acondicionadas por meio de equipamentos contentores, de modo a possibilitar a movimentação e armazenagem por meios mecanizados como uma única unidade. Os mais comuns são: contêineres, padrões ou específicos, estrados ou “pallets” (ilustrado na Figura 17), pré-lingadas e outros sistemas especiais.

A unitização da carga apresenta-se como importante ferramenta capaz de agregar eficiência na movimentação de carga. Iniciada em 1956, em New Jersey (Estados Unidos), teve como impulsionadora a necessidade de ser encontrada uma alternativa mais econômica para o transporte exclusivamente rodoviário. Portanto, o uso de contêineres surge como a forma mais rápida de movimentar a carga de um caminhão para um navio. A eficiência agregada pela movimentação de contêineres transformou as relações comerciais e impulsionou a intermodalidade e a multimodalidade.



Figura 17 – Carga unitizada. Disponível em: <<http://diccionario-empresarial.blogspot.com.br/2014/05/carga-unitizada.html>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

- Cargas individuais (“break bulk”): são um tipo específico de carga que designa produtos transportados a granel, por não terem diferenciação específica das suas unidades, mas que cada uma delas apresentam volume expressivo. Nesse tipo encontramos cargas como bobinas de papel e de aço, tubos metálicos, produtos

siderúrgicos em barras longas, toras de madeira, etc., conforme exemplifica a Figura 18.

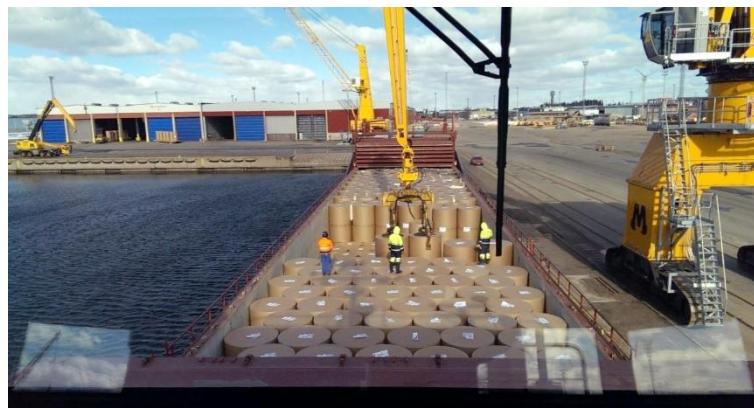


Figura 18 – *Break bulk*. Disponível em: <<https://www.bisnow.com/houston/news/industrial/breaking-down-breakbulk-cargo-along-the-gulf-coast-69929>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

- Cargas frigoríficas: além de serem classificadas nos tipos anteriores, a necessidade de se manterem permanentemente a temperaturas baixas exigem um manuseio diferenciado do resto (Figura 19). Nesse tipo de cargas encontramos aquelas que precisam do frio controlado para manter suas propriedades durante o transporte, como pescados, carnes, frutas ou alguns tipos de medicamentos.



Figura 19 – Carga frigorífica. Disponível em:  
<<http://aeroblogbrasil.blogspot.com.br/2009/06/terminal-de-cargas-do-galeao-inaugura.html>>. >  
Acesso em: 21 jan. 2020.

- Cargas perigosas: são aquela que, por causa de sua natureza, podem resultar em situações de riscos para as pessoas, os veículos, outras cargas ou as infraestruturas ou, em caso de acidentes, que estes sejam mais graves. A IMCO (Organização Marítima Consultiva Internacional) estabelece as seguintes classes:
  - I. Explosivos;
  - II. Gases (vide a Figura 20);
  - III. Líquidos inflamáveis;
  - IV. Sólidos inflamáveis;
  - V. Substâncias oxidantes;
  - VI. Substâncias infecciosas;
  - VII. Substâncias radioativas;
  - VIII. Corrosivos;
  - IX. Variedades de substâncias perigosas.



Figura 20 – Carga perigosa. Disponível em: <<https://fetropar.org.br/nao-basta-apenas-dirigir-e-preciso-ter-qualificacao-para-transportar-cargas/>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

Toda carga classificada como perigosa passa a ser identificada de acordo com a simbologia demonstrada pela Figura 21.



Figura 21 – Classe de risco e rótulos da carga perigosa. Disponível em:

<<http://blogwlmscania.itaipumg.com.br/transporte-de-cargas-perigosas-o-que-todo-caminhoneiro-precisa-saber/>>. Acesso em: 21 jan. 2020.



### **3. ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES**

Desde os primórdios da humanidade, o homem foi obrigado a transportar mercadorias, além de se transportar. Com o avanço tecnológico, os meios de transportes foram ajustando-se às necessidades de cada época, tornando-se uma atividade essencial à sociedade.

Em meados do século XIX, originou-se o conceito de sistemas de transporte, que teve como marcos históricos mundiais:

- 1807 – Invenção da máquina a vapor.
- 1830 – Início do transporte ferroviário.
- 1865 – Início do transporte dutoviário.
- 1917 – Início da utilização comercial do automóvel.
- 1926 – Início da aviação comercial.

A importância desses sistemas para uma civilização deve-se ao fato de que o desenvolvimento dela está totalmente ligado ao desenvolvimento dos seus meios de transportes. É necessário o contínuo aprimoramento e evolução das suas tecnologias, pois além de ligar zonas produtoras e consumidoras, o setor de transporte gera empregos, contribui com a distribuição de renda, reduz a distância entre a zona rural e urbana e melhora a qualidade de vida da população.

São cinco os principais modais de transporte de cargas – e que serão abordados neste capítulo: o rodoviário, o ferroviário, o aquaviário, o aéreo e o dutoviário. De cada modal serão estudadas as principais características, atendendo às vias, veículos e terminais, assim como serão introduzidos dados específicos sobre a história, evolução e particularidades do Brasil, do Estado do Rio Grande do Sul e da cidade de Cachoeira do Sul.

Além desses cinco modais principais, também serão estudados os não motorizados e outros modais menos destacados.

#### **3.1. TRANSPORTE RODOVIÁRIO**

O transporte rodoviário foi o primeiro a se desenvolver e inicialmente se utilizava da própria força humana e posteriormente a de animais para o deslocamento de pessoas e cargas, com ajuda ou não de veículos. Assim continuou até a Revolução Industrial, em que apareceram

os primeiros motores, primeiro de combustão a gás e posteriormente de explosão, entrando assim na era do automóvel, de grande expansão desde inícios do século XX.

A definição do modal pode ser realizada como aquele que é feito por ruas, estradas e rodovias – pavimentadas ou não – com a intenção de movimentar materiais, pessoas ou animais de um determinado ponto a outro.

As vantagens próprias desse transporte são o serviço porta-a-porta, com possibilidade de carga e descarga diretamente em origem e destino, garantindo a frequência e a disponibilidade do serviço, a flexibilidade de escolha de rotas e horários e elevada comodidade. O transporte rodoviário permite serviço personalizado, com possibilidade de consolidar diferentes lotes em pontos distintos, conectando os outros modais de transportes, e é ágil e rápido na entrega de mercadorias em pequenos lotes e a curtas distâncias. No entanto, não é competitivo para longas distâncias, visto que possui menor capacidade de carga e menor segurança, além do permanente desgaste de sua infraestrutura.

Em relação aos custos desse transporte, temos que o custo fixo é baixo, pois a construção das rodovias tem investimentos relativamente baixos e, em muitos casos, já estão estabelecidas e construídas pelos investimentos dos fundos públicos. Já o seu custo variável como combustível, manutenção da frota, etc. é elevado, além de apresentar gastos extras devido a congestionamentos, má conservação das rodovias e com a segurança do veículo e da mercadoria, exigindo o gerenciamento de riscos, como seguros, escoltas, monitoramento... Além desses custos diretos, apresenta externalidades muito importantes devido à importante poluição ao meio ambiente que provocam seus veículos e o alto consumo energético, muito dependente do petróleo.

### **3.1.1. Vias**

Segundo o Código de Trânsito Brasileiro, via terrestre é a superfície por onde transitam veículos, pessoas e animais, compreendendo pistas de rolamento, acostamentos, calçadas ou passeios públicos, ilhas e canteiros centrais. As vias podem ser vias internas de condomínios, ruas, avenidas, logradouros, caminhos, passagens, estradas, rodovias e quaisquer outras praias abertas à circulação pública.

As vias do transporte rodoviário possuem disponibilidade linear, com restrições de acesso em geral reduzidas, ditadas geralmente por fatores de segurança operacional ou de topografia, podendo ser considerada de acessibilidade linear. Em relação aos graus de liberdade,

são permitidos apenas dois, pois o movimento se produz em uma superfície. Essa configuração demanda a fixação de regras para os veículos se moverem, a fim de reduzir ao máximo as interferências conflitantes entre estes ou com o entorno das vias, provenientes da liberdade relativa de percurso.

Quanto à classificação das vias rurais, temos dois tipos principais:

- Rodovias: são vias rurais pavimentadas. Tem como velocidade máxima de circulação 110 km/h para automóveis, camionetas e motocicletas, 90 km/h para ônibus e micro-ônibus e 80 km/h para os demais veículos.
- Estradas: vias rurais não pavimentadas. Tem como velocidade máxima de circulação 60 km/h.

Sobre a classificação das vias urbanas, uma das mais estendidas é a classificação funcional das vias, segundo a qual temos quatro tipos:

- Vias de trânsito rápido: não possuem cruzamentos diretos, nem semáforos, nem travessias de pedestre em nível (diretamente sobre a pista de rolamento), conforme exemplifica a Figura 22. Tem como velocidade máxima de circulação 80 km/h.



Figura 22 – Via de Trânsito Rápido. Disponível em: <<http://viatrolebus.com.br/2017/03/cet-desmente-boatos-de-mudancas-em-rodizio-municipal/>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Vias arteriais: ligam diferentes regiões de uma cidade, com cruzamentos ou interseções geralmente controladas por semáforos, conforme ilustra a Figura 23. Tem como velocidade máxima de circulação 60 km/h.



Figura 23 – Via arterial controlada por semáforo. Disponível em: <http://ribeiraotopia.blogspot.com.br/2016/08/vias-marginais-paralelas-via-norte.html>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Vias coletoras: coletam e distribuem o trânsito dentro das regiões da cidade e dão acesso a vias de maior porte, conforme ilustra a Figura 24, um exemplo da cidade de Cachoeira do Sul, RS. Tem como velocidade máxima de circulação 40 km/h.



Figura 24 – Via coletora. Disponível em: <http://mapio.net/pic/p-15231716/>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Vias locais: vias de trânsito local, com cruzamentos geralmente sem semáforos, conforme demonstrado na Figura 25. Tem como velocidade máxima de circulação 30 km/h.



Figura 25 – Via local. Disponível em: <<http://carollamas9.wixsite.com/fawarqurb/analise-de-bairros-jucutuquara>>. Acesso em: 27 jan. 2020

Essas vias são administradas por órgãos que podem ser classificados em federais, estaduais e municipais, sendo esses órgãos, respectivamente, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), os Departamentos de Estradas de Rodagem (DER) e os departamentos específicos das Prefeituras.

### **3.1.1.1. Estrutura das vias**

A via é formada pela infraestrutura e pela superestrutura.

A construção da infraestrutura rodoviária é denominada subleito e faz-se necessário realizar obras de terraplenagem para construção do leito sobre o qual a superestrutura da via se assentará. Já a superestrutura é projetada para transmitir a carga dos veículos para o subleito. São dispostas em camadas, conforme demonstra a Figura 26.

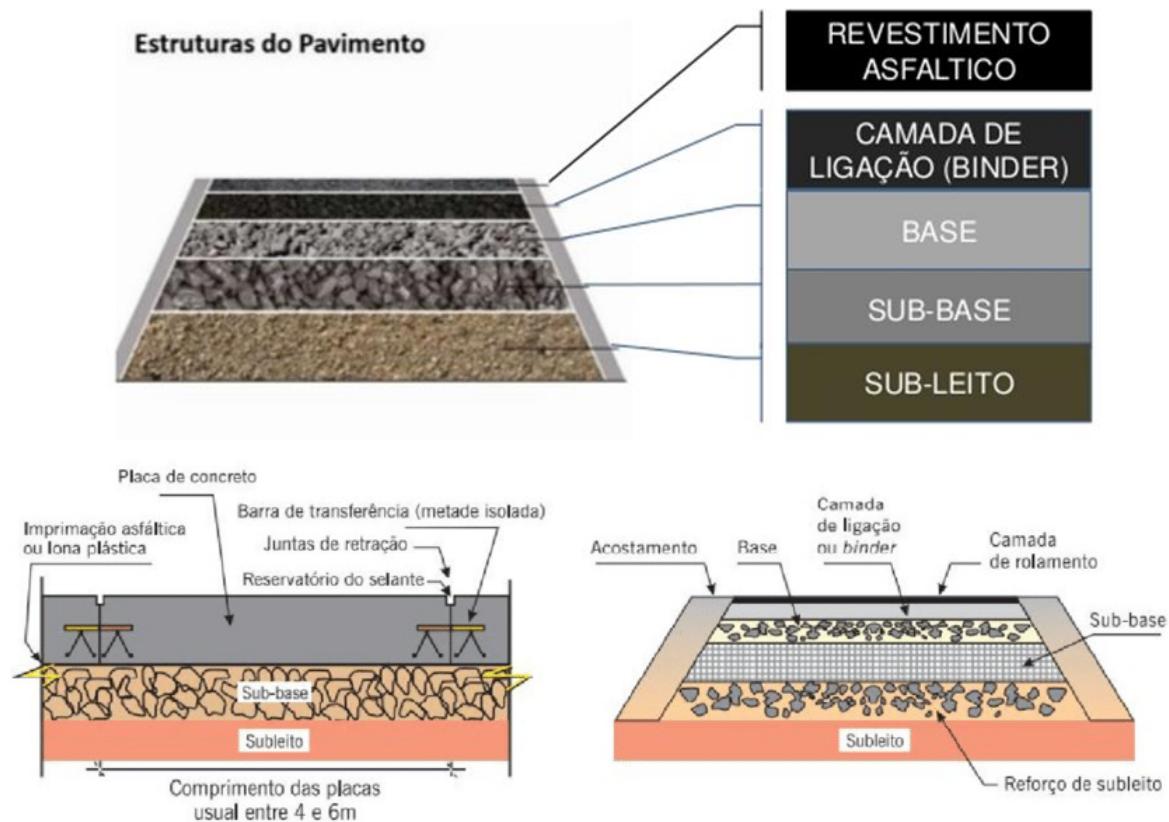


Figura 26 – Estrutura de pavimento rígido e flexível de via de transporte rodoviário. Fonte: adaptada de JÚNIOR, ARAÚJO, AYRES, 2018

A construção da via em camadas, subleito e pavimento, é realizada por motivos econômicos. As camadas superiores são constituídas com material de melhor qualidade e maior capacidade de carga, sendo também, mais caras. Também é de extrema importância verificar as condições geométricas que a via apresentará, uma vez que essas condições garantem o conforto e segurança aos seus usuários.

Para escolher o traçado da via, representa-se a mesma em:

- Planta baixa – representação plana dos elementos do terreno e projeto.
- Perfil longitudinal – representação gráfica de um corte vertical no corpo estradal, através de uma superfície perpendicular e coincidente com o eixo da rodovia.
- Seção transversal – interseção da superfície do terreno natural com um plano vertical, normal e transversal ao eixo da rodovia.

### 3.1.1.2. Nomenclatura das vias federais e estaduais

A malha rodoviária federal é composta pelas rodovias conhecidas pelo prefixo BR seguindo-se de um traço e uma centena (BR-XYY). O primeiro número dessa centena (X) indica a disposição da rodovia no território brasileiro. Os dois outros algarismos (YY) indicam a posição da rodovia relativamente à Capital Federal e aos limites territoriais do país. Assim temos as seguintes nomenclaturas:

- Radiais: com o ponto de início em Brasília, a numeração começa por 0 (BR-0YY), de 001 a 090, de 10 em 10, proporcional ao azimute da rodovia, conforme esquematiza a Figura 27.



Figura 27 – Rodovias radiais. Disponível em: <<http://rodovia-brasil.blogspot.com.br/2012/04/nomenclatura-das-rodovias-federais-sao.html>>. Acesso em: 27 jan.

2020

- Longitudinais (BR-1YY): se desenvolvem em sentido norte-sul, numeradas de 101 a 199, aumentando de leste a oeste, com 50 em Brasília, conforme esquematiza a Figura 28.

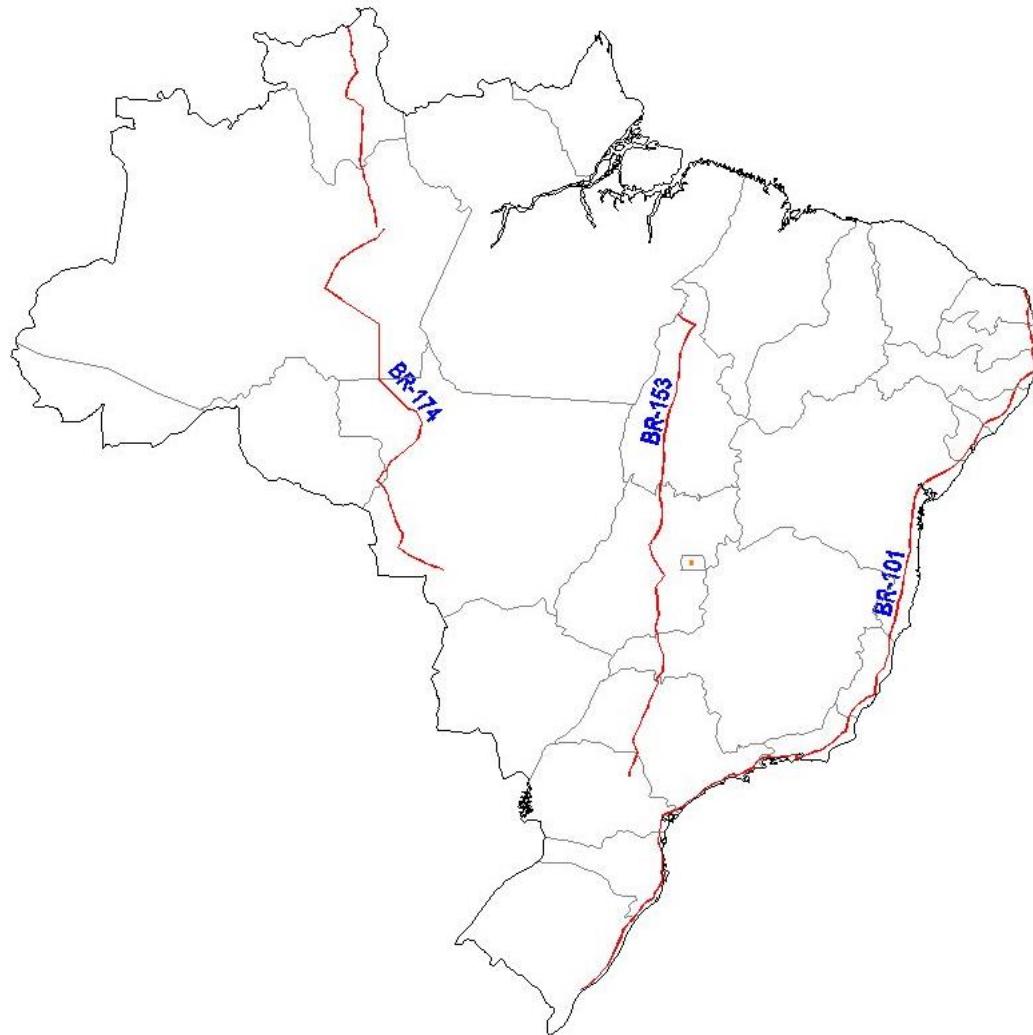


Figura 28 – Rodovias longitudinais. Disponível em: <<http://rodovia-brasil.blogspot.com.br/2012/04/nomenclatura-das-rodovias-federais-sao.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Transversais (BR-2YY): percorrem o território em sentido Leste-Oeste, numeradas de 201 a 299, crescente de norte a sul, com 50 em Brasília, conforme esquematiza a Figura 29.



Figura 29 – Rodovias transversais. Disponível em: <<http://rodovia-brasil.blogspot.com.br/2012/04/nomenclatura-das-rodovias-federais-sao.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Diagonais (BR-3YY): em sentido diagonal, numeradas de 301 a 399, de forma que as rodovias pares (de 02 a 98, sempre par) se desenvolvem de nordeste a sudoeste, com 50 em Brasília; e as rodovias ímpares (de 01 a 99, sempre ímpar), vão de noroeste a sudeste, com 51 em Brasília (Figura 30).

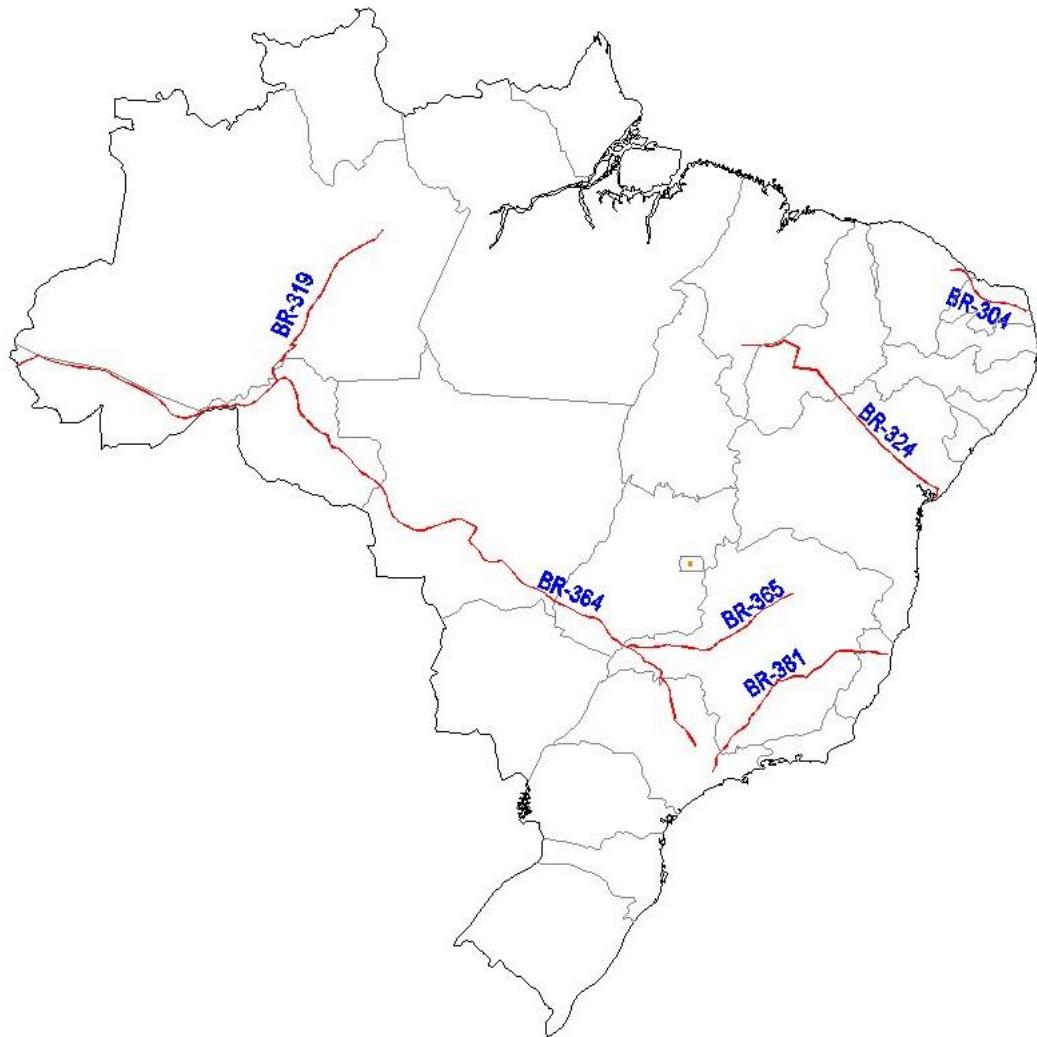


Figura 30 – Rodovias diagonais. Disponível em: <<http://rodovia-brasil.blogspot.com.br/2012/04/nomenclatura-das-rodovias-federais-sao.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- De ligação (BR-4YY): unem as anteriores, numeradas de 401 a 499, com YY indicando a posição da rodovia (de 01 a 50, acima do paralelo de Brasília; e de 50 a 99, abaixo do paralelo de Brasília). Por exemplo, a BR-448, chamada Rodovia do Parque, que une a BR-290 com a BR-116 na região metropolitana de Porto Alegre – RS.

Já a malha rodoviária estadual utiliza 3 letras e 3 algarismos para identificação das vias, de forma similar às rodovias federais. No Rio Grande do Sul encontramos:

- ERS: rodovias estaduais.
- RSC: rodovias estaduais coincidentes.

- VRS: rodovias vicinais.
- Rodovias radiais: são as que partem da capital do Estado, em qualquer direção, e a ligam a outros municípios e pontos relevantes do Estado. Tem como primeiro algarismo o 0 e variam de 010 a 080.
- Rodovias longitudinais: são as que estão orientadas na direção norte - sul. Tem como primeiro algarismo 1 e variam de 100 a 199.
- Rodovias transversais: são as que estão orientadas segundo a direção leste - oeste. Tem como primeiro algarismo o 2 e variam de 200 a 299.
- Rodovias diagonais: são as que estão orientadas segundo as direções nordeste - sudoeste e noroeste - sudeste. Tem como primeiro algarismo o 3 e variam de 300 a 399.
- Rodovias de ligação: são aquelas que, tendo extensão inferior a 100 quilômetros, e podendo ser dispostas em qualquer direção, proporcionam acesso da sede de um município à rede federal ou estadual, ligam pontos importantes de duas ou mais rodovias e permitem acesso a pontos de atração turística ou a terminais marítimos, fluviais ou ferroviários. São também consideradas como ligações às rodovias entre dois ou mais de dois municípios que distem menos de 30 quilômetros. São identificadas pelos números de 4 a 7.

### 3.1.2. Veículos

De acordo com o Artigo 96 do Código de Trânsito Brasileiro, os veículos são classificados:

1. Quanto à tração:
  - Automotor (Figura 31).
  - Elétrico (Figura 32).
  - De propulsão humana (Figura 33).
  - De tração animal (Figura 34).
  - Reboque (Figura 35).
  - Semirreboque (Figura 36).



Figura 31 – Veículos automotores. Disponível em:  
<<http://rodobensconsorcio.blogspot.com.br/2013/04/rodobens-consorcio-fecha-primeiro.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 32 – Veículos elétricos. Disponível em: <<http://inergiae.com.br/site/vantagens-e-desvantagens-do-veiculo-eletrico/>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 33 – Bicicleta (veículo de propulsão humana). Disponível em:  
<<http://www2.recife.pe.gov.br/noticias/29/07/2012/comecam-valer-mudancas-de-transito-nas-estradas-do-arraial-e-encanamento>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 34 – Veículo de tração animal. Disponível em:

<<http://crisantoteixeira.blogspot.com/2013/03/veiculo-de-tracao-animal-luta-para-nao.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 35 – Reboque para automóvel. Disponível em: <<https://autopapo.com.br/noticia/carretinha-para-carros-motos-regras-reboque/>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 36 – Semirreboque. Disponível em: <[https://http2.mlstatic.com/carreta-semi-reboque-ls-graneleira-randon-6x2-cavalo-trucado-D\\_NQ\\_NP\\_647905-MLB25088490917\\_102016-F.jpg](https://http2.mlstatic.com/carreta-semi-reboque-ls-graneleira-randon-6x2-cavalo-trucado-D_NQ_NP_647905-MLB25088490917_102016-F.jpg)>.

Acesso em: 27 jan. 2020

2. Quanto à espécie:

- De passageiros.
- De carga.
- Misto de passageiros e carga.
- De competição.
- De tração.
- Especial.
- De coleção.

3. Quanto à categoria:

- Oficial.
- Particular.
- De aluguel.
- De aprendizagem.

No transporte de cargas, a definição do tipo de equipamento a ser utilizado é função da capacidade de carga, distância correta que o veículo irá percorrer e exatamente a finalidade para que se destinará. Essa análise deve ser bem rigorosa, pois depois do investimento ou solicitação, qualquer equipamento inadequado para a operação poderá comprometer os custos tanto da empresa fornecedora do serviço, quanto da empresa contratante.

No Quadro 1 e nas imagens 37 a 43 estão descritos e demonstrados os veículos mais utilizados no transporte rodoviário de cargas.

Veículo	Finalidade
Caminhão plataforma	Faz o transporte de contêineres e cargas de grande volume ou peso unitário
Caminhão baú	Sua carroceria possui uma estrutura semelhante à dos contêineres, que protege das intempéries toda a carga transportada
Caminhão caçamba ou tremonha	Transporta cargas a granel, descarregando-as por gravidade, pela basculação da caçamba
Caminhão aberto	Utilizado para transporte de mercadorias não perecíveis e pequenos volumes
Caminhão refrigerado	Transporta cargas perecíveis. Possui mecanismos próprios para a refrigeração e a manutenção da temperatura no compartimento de cargas
Carretas	São veículos articulados e, portanto, possuindo unidades de tração e de carga em módulos separados. Estas duas unidades são denominadas cavalos mecânicos e semirreboques

Quadro 1 – Veículos mais utilizados no transporte rodoviário de cargas.



Figura 37 – Caminhão plataforma comum. Disponível em:

<[http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/transportadores\\_elevacao\\_e\\_manipulacao\\_industrial/kabi-industria-e-comercio-s-a/produtos/construcao/caminhao-guincho-auto-socorro](http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/transportadores_elevacao_e_manipulacao_industrial/kabi-industria-e-comercio-s-a/produtos/construcao/caminhao-guincho-auto-socorro)>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 38 – Caminhão plataforma para transporte de contêineres. Disponível em: <<https://blogdocaminhoneiro.com/2017/01/coopercarga-esta-agregando-caminhoes-para-transporte-de-conteneires/>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 39 – Caminhão baú. Disponível em: <<https://rodotransporte.loja2.com.br/4489380-Locacao-de-caminhao-3-4-bau-com-motorista>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 40 – Caminhão caçamba. Disponível em: <<http://www.robsonpiresxerife.com/notas/prefeitura-de-cruzeta-adquire-caminhao-cacamba-para-a-secretaria-de-infraestrutura/>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 41 – Caminhão aberto. Disponível em: <[https://galeria.cuiket.com.br/foto/caminhao-aberto-21-2210-1964\\_35088.html](https://galeria.cuiket.com.br/foto/caminhao-aberto-21-2210-1964_35088.html)>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 42 – Caminhão refrigerado. Disponível em: <<https://portalgoverno.com.br/product/caminhao-com-bau-refrigerado/>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 43 – Carreta. Disponível em: <<http://www.fetransul.com.br/denatran-suspende-multa-para-carreta-ls-com-quarto-eixo/>>. Acesso em: 27 jan. 2020

### **3.1.3. Terminais**

Os terminais do transporte rodoviário podem ser de carga, passageiros e mistos, segundo a finalidade do transporte, e subdivididos em públicos e privados segundo a propriedade e a utilização. Encontramos, portanto, genericamente as estações rodoviárias, terminais de estacionamento e outros tipos de terminais logísticos ligados por rodovia.

Como é uma modalidade de acesso linear, existe ainda o chamado terminal informal, no qual acesso ao sistema se processa independente de instalações específicas, como nas paradas junto às calçadas de carros, ônibus ou caminhões.

As estações rodoviárias intermunicipais e/ou interestaduais geralmente localizam-se próximos às regiões centrais da cidade, facilitando assim o acesso dos passageiros, tanto para sair da cidade de origem quanto para chegar ao seu destino.

As rodoviárias devem oferecer conforto aos passageiros que aguardam a partida dos veículos, como área de estacionamento, sanitários, bares e restaurantes, bancos de espera, informações sobre partidas, entre outros. Nas grandes metrópoles a infraestrutura dos terminais tende a ser mais completa, além de poderem estar integradas a outros terminais de transporte, como ferroviário e metroviário.

### **3.1.4. Sistemas de operação e controle**

Os controles no sistema rodoviário, além dos próprios dos veículos são:

- Legislação (regras de trânsito, como o CTB).
- Sinalização.
- Sistemas inteligentes, como painéis eletrônicos e outros equipamentos.
- Poder de polícia (Polícia Rodoviária Federal, Polícia Militar e agentes dos órgãos executivos rodoviários).
- Pedágios.
- Educação: de vital importância neste modal devido aos seus graus de liberdade.

Também é importante citar que existem múltiplos órgãos que realizam a operação e controle do sistema de transporte rodoviário, como a ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres), cuja missão é regular e fiscalizar a prestação dos serviços de transportes terrestres, tanto de passageiros em âmbito interestadual e internacional como de cargas, assim como atua na exploração da infraestrutura rodoviária federal. A infraestrutura é responsabilidade dos

órgãos executivos, que em âmbito federal corresponde ao DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes); na jurisdição dos Estados, aos Departamentos de Estradas de Rodagem (DER); e, na instância municipal, aos departamentos específicos das Prefeituras.

Em relação ao trânsito, o Sistema Nacional Viário brasileiro conta com órgãos nas três instâncias jurisdicionais, federal, estadual e municipal: DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito), DETRAN (Departamento Estadual de Trânsito) e os órgãos municipais de trânsito, respectivamente. Finalmente, desde o ponto de vista normativo, o Sistema conta com o CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito), em âmbito federal, e os CETRAN (Conselhos Estaduais de Trânsito), em âmbito estadual (no caso particular do Distrito Federal, toma o nome de CONTRANDIFE).

No Quadro 2 podem se verificar os diferentes órgãos que compõem o Sistema Nacional Viário.

Instância	Órgãos consultivos e normativos	Órgãos Executivos		Agentes de Fiscalização
		Trânsito	Rodoviário	
Federal	Contran	Denatran	DNIT	Polícia Rodoviária Federal e DNIT
Estadual	Cetran e Contrandife	Detran	DER	Polícia Militar, agentes dos Detrans e DER
Municipal	-	Órgão Municipal de trânsito e rodoviário		Polícia Militar e agentes dos órgãos municipais

Quadro 2 – Órgãos do Sistema Nacional Viário brasileiro

### 3.1.5. Transporte rodoviário no Brasil

No Brasil colonial, a má situação econômica de Portugal, aliada ao desinteresse na aplicação de recursos para o desenvolvimento de uma colônia, que não apresentava proporcionar o retorno financeiro, acarretou em um sistema precário de vias terrestres. Os caminhos abertos

no Brasil até 1822 estavam relacionados às necessidades dos engenhos de açúcar, às atividades de apreensão de indígenas, à criação de comércio de gado e à procura de metais e pedras preciosas, e o transporte deles até os principais portos

Em 1835 iniciou-se o esboço de uma linha de planejamento quanto à política de transportes, sem que fosse efetivada. O governo da época enviou emissários do Brasil para o exterior com a missão de atrair peritos de construção de pontes e calçadas.

Até o ano de 1950, o modal rodoviário não dominava o mercado de transportes brasileiro, como ocorre atualmente, e, a partir de então, foi adotada a estratégia de privilegiar as rodovias. Naquela época, o símbolo da modernidade e do avanço em termos de transporte era o automóvel. Isso provocou uma especial atenção dos citados governantes na construção de rodovias. Além dos investimentos no desenvolvimento de estradas, fatores como a expansão da indústria automobilística, o baixo preço do petróleo e o crescimento econômico da década de 1970 foram fatores primordiais para ao desenvolvimento desse modal, de foram a ter predominância na matriz de transporte brasileira.

Em 1973 passou a vigorar o Plano Nacional de Viação, que modificou e definiu o sistema rodoviário federal. As dificuldades econômicas do país a partir do final da década de 1970 causaram uma progressiva degradação da rede rodoviária. A construção de novas estradas foi praticamente paralisada ou se manteve apenas setorialmente e em ritmo muito lento, e a manutenção deixou de obedecer a requisitos elementares.

As rodovias brasileiras, que possuem alto custo de manutenção, em maior parte, não garantem que as cargas sejam transportadas com eficiência, rapidez e segurança. Dentre os 1.580.964 quilômetros de rodovias brasileiras, somente 212.738 quilômetros são pavimentados.

Sobre o estado desse pavimento, segundo dados da CNT, em 2019, de um total de 108.863 quilômetros de rodovias pavimentadas pesquisadas no país, 52,4% da extensão apresentou algum tipo de problema (57.080 quilômetros), sendo 35,0% considerados regular; 13,7%, ruim; e 3,7%, péssimo. A má condição do pavimento das rodovias deve-se, principalmente, ao grande volume de tráfego, e causa externalidades como baixa qualidade da viagem, depreciação dos veículos, aumento do risco de acidentes e roubo de cargas.

### **3.1.6. Transporte rodoviário no Rio Grande do Sul**

O Rio Grande do Sul possui 5.500 km de rodovias federais e 11.113 km de rodovias sob jurisdição estadual, totalizando 16.613 km de rodovias.

É a principal modalidade de transporte no Estado, ocupando 85,30% da matriz modal gaúcha. Porém, mesmo que a rede rodoviária do estado cubra quase a totalidade do território estadual, alguns municípios ainda não possuem acesso pavimentado, pois a distribuição é muito pouco homogênea.

A integração aos demais estados brasileiros é feita através de duas rodovias principais: a BR-116 e a BR-101. Pela BR-101 trafegam cargas oriundas ou destinadas à Região Metropolitana de Porto Alegre e região sul do Estado. Pela BR-116 trafegam as cargas da região da Serra Gaúcha e da região nordeste do estado. Os principais trechos rodoviários de articulação com o exterior são configurados pela BR-290 e a BR-287, que percorrem transversalmente o estado desde a região metropolitana de Porto Alegre até as cidades de Uruguaiana e de São Borja, respectivamente, na fronteira com a Argentina, e pelas BR-290/BR-158 (Santana do Livramento), BR-116/BR-471 (Chuí) e BR-116 (Jaguarão), na fronteira com o Uruguai.

### **3.1.7. Transporte rodoviário em Cachoeira do Sul**

Cachoeira do Sul possui atualmente uma malha rodoviária municipal de aproximadamente 3.500 quilômetros, tendo como principal via de acesso à cidade a rodovia federal BR-153, que atravessa a cidade e une a BR-290 e a rodovia estatal RS-287. Além dela, também destaca a RS-403, que une o município com o vizinho de Rio Pardo, embora não esteja totalmente pavimentada.

No ano de 1950 iniciou-se o serviço de transporte coletivo na cidade, por meio da criação da empresa Transporte Nossa Senhora das Graças. Já no ano de 1955, entra em funcionamento a Estação Rodoviária de Cachoeira do Sul, que se localizava onde hoje é a Praça Honorato, na Rua David Barcelos. Após sua demolição, em 1975 passou a operar na localização atual, na rua Bento Gonçalves, próxima à BR-153 (Figura 44).

Dentre a infraestrutura rodoviária do município destaca especialmente a Barragem-Ponte do Fandango (Figura 45), uma obra em concreto e aço, que faz a ligação da cidade com a BR-290 e é considerada a primeira do gênero a ser construída no Brasil. No ano 1961, marcado pela inauguração oficial do projeto, a mesma era considerada a segunda maior ponte em extensão deste modelo no mundo.



Figura 44 – Estação rodoviária de Cachoeira do Sul. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/rafaelferreiraviva/16358888655>>. Acesso em 27 jan. 2020



Figura 45 – Ponte do Fandango no seu ano de inauguração, 1961. Fonte: Museu Municipal de Cachoeira do Sul

Já na década de 70, foi inaugurada a Rodovia Transbrasiliana, a BR-153, no trecho entre Rincão dos Cabrais (hoje município de Novo Cabrais) e a BR-290, ligando Cachoeira a Santa Cruz do Sul e Porto Alegre. Ainda nessa época, a Estação Rodoviária foi demolida e uma nova foi construída onde hoje é a atual Estação Rodoviária, localizada no bairro Gonçalves, próximo à BR-153.

### 3.2. TRANPORTE FERROVIÁRIO

O transporte ferroviário é o segundo modo de transporte terrestre mais utilizado, tanto para pessoas como cargas, que opera em trens que circulam por vias férreas.

O desenvolvimento da máquina a vapor (Figura 46) ocasionou o estopim do transporte ferroviário. No ano de 1705, Thomas Newcomen idealizou a máquina de vapor, que foi aperfeiçoada por James Watt em 1765, com o objetivo de aumentar a eficiência da máquina e minimizar os custos com o carvão utilizado como combustível.

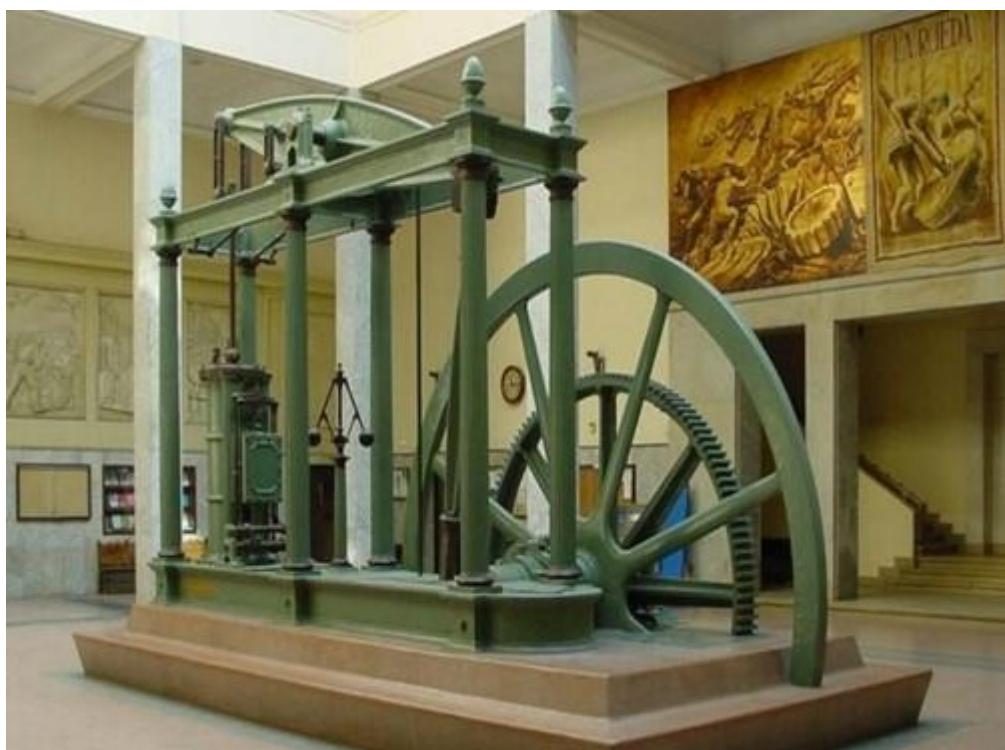


Figura 46 – Máquina a vapor idealizada por Thomas Newcomen. Disponível em:

<<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/historia/revolucao-industrial-na-inglesa/attachment/f1-a-maquina-a-vapor-nao-foi-so-inventada-por-james-watt-mas-tambem-thomas-newcomen-a quem-raramente>>. Acesso em: 27 jan. 2020

Já em 1804, foi apresentada a primeira locomotiva ao público (Figura 47), que foi inventada por Richard Trevithick. A expansão do novo veículo foi graças a George Stephenson, a partir de 1814. Porém, a ferrovia nasceu anteriormente à máquina de vapor, e sobre ela moviam-se veículos de tração humana e mais tarde de tração animal, destinados às minas europeias durante a idade média.

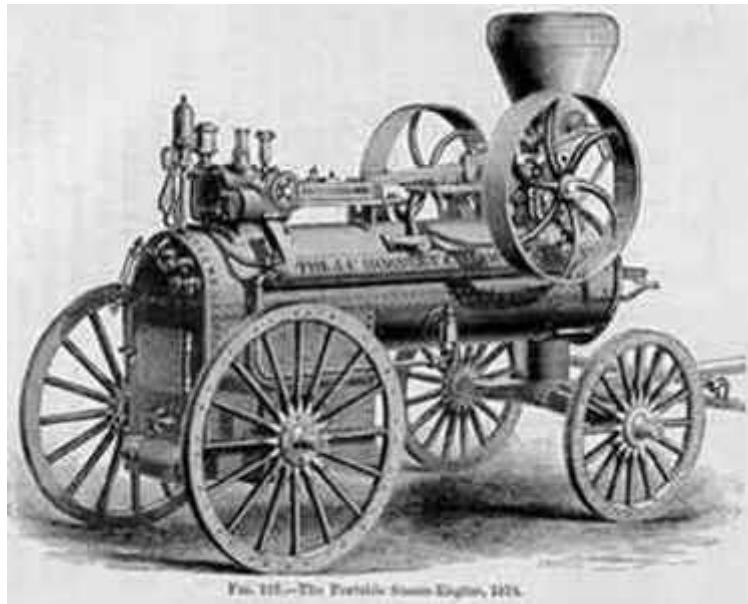


Figura 47 – Primeira locomotiva apresentada ao público, inventada por Richard Trevithick. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/calendario-comemorativo/dia-do-ferroviario>>. Acesso em:

27 jan. 2020

Durante a Revolução Industrial houve um aumento do volume da produção de mercadorias e a necessidade de transportá-las com rapidez, fazendo com que a rede ferroviária começasse a se desenvolver em primeiro lugar pela Europa. Durante cerca de um século essa modalidade de transporte cresceu e se expandiu sem qualquer possibilidade de competição, habituando-se a uma condição de monopólio que a manteve como único meio de transporte moderno e eficiente até o aparecimento dos veículos automotores, que impulsionam o transporte rodoviário, no início do século XX.

O custo de implantação desse transporte é elevado, não apenas pela exigência da construção de leitos mais elaborados (custos de terraplenagem, de drenagem, de obras de arte correntes, de obras de arte especiais, de obras complementares, de superestrutura da via, de sinalização de sistemas e de desapropriação), como também pela necessidade de aquisição do material rodante (locomotivas e vagões). Porém, o custo da manutenção é inferior, além de que a ferrovia não necessita de restauração tão frequente como o modal rodoviário, bem como o consumo de energia (elétrica ou combustível diesel) por tonelada-quilômetro transportada. Em relação com a segurança, apresenta menores riscos de acidentes em comparação ao rodoviário, assim como menos perdas devido a furtos.

O modo ferroviário é altamente competitivo no transporte de cargas de elevado peso e volume e em granel de baixo valor agregado (como minérios e derivados, grãos, cimento e *clínquer*, adubos e fertilizantes, derivados do petróleo, entre outros) assim como em contêineres (em grande quantidade), em corredores de longo percurso, pois seu custo operacional por tonelada-quilômetro transportada é relativamente baixo. Porém, apresenta um elevado custo de transbordo, quando necessário, e depende fortemente do nível de comercialização de determinados produtos com origens e destinos fixos, de forma que alterações específicas no mercado de produção ou de consumo podem tornar uma linha antieconômica ou ainda ser abandonada. No caso do transporte de passageiros é mais indicado como transporte de massa, atendendo áreas de alta demanda, como é o caso do transporte urbano em grandes cidades e regiões metropolitanas.

Uma das grandes desvantagens do modal ferroviário é a pouca flexibilidade de escolha de rotas e horários, e, portanto, menor acessibilidade. Do mesmo modo, embora livre de congestionamentos, o tempo de viagem é irregular em decorrência das demoras para a formação da composição e da necessidade de transbordos para modos de transporte complementares, notadamente o rodoviário.

### **3.2.1. Vias**

A via na ferrovia é denominada de via permanente, que consiste no conjunto das instalações e equipamentos que compõem as partes da ferrovia onde circulam os trens. A via permanente é composta por três partes principais: infraestrutura, superestrutura e obras complementares (que englobam cercas, gramagem de taludes, colocação dos marcos quilométricos e de amarração de curvas, etc.).

#### **3.2.1.1. Estrutura das vias**

A infraestrutura é resultado das obras de terraplenagem, abarcando subleito e o leito, além de camadas superiores com tratamento mecanizado, que visam oferecer maior capacidade de suporte à superestrutura e à implantação das obras de arte correntes (bueiros, pontilhões, drenos, etc.) e especiais (pontes, viadutos, túneis, contenções, etc.) para facilitar a drenagem.

A superestrutura (Figura 48) é formada pelo conjunto de trilhos montados e fixados sobre os dormentes que se apoiam sobre o lastro e o sublastro, e se destina a assegurar o

rolamento seguro dos veículos, bem como a distribuição de suas cargas sobre a infraestrutura de forma a evitar pressões excessivas, além ainda de auxiliar a drenagem superficial.

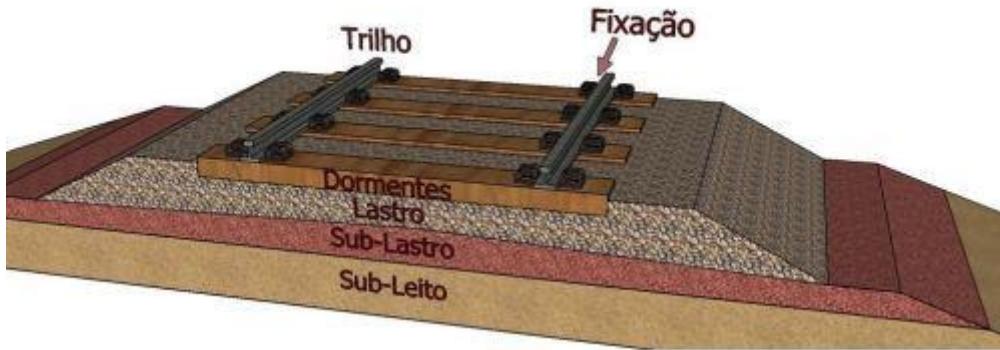


Figura 48 – Estrutura ferroviária e seus equipamentos. Disponível em: <<https://alemdainercia.wordpress.com/2019/01/28/engenharia-ferroviaria-plataforma-e-subleito/>>. Acesso em: 27 jan. 2020

O sublastro tem como funções aumentar a capacidade de suporte da plataforma, permitindo elevar a taxa de trabalho do terreno e diminuir a altura necessária de lastro, uma vez que seu custo é menor. Além disso, aumenta a resistência do leito à erosão e à penetração da água (auxiliando na drenagem da via) e permite relativa elasticidade ao apoio do lastro, para que a via permanente não seja rígida.

O lastro é normalmente formado por pedra bitolada socada e sua seção transversal é trapezoidal. Nos trechos mais modernos e de alta velocidade, o lastro vem sendo substituído por lajes de concreto.

Além disso, o lastro executa quatro funções principais: manutenção do traçado, suprimindo as pequenas irregularidades na superfície da plataforma ou do sublastro e impedindo o deslocamento dos dormentes, quer no sentido longitudinal ou transversal; transmissão atenuada das cargas dos trens ao leito estradal; compor um colchão, até certo ponto elástico, que atenua as trepidações resultantes da passagem dos veículos; e drenagem superficial.

Os dormentes podem ser de diferentes materiais, como madeira com tratamento (que é o mais comum), concreto, aço e plástico. Devem ser de fácil manuseio, para os casos de assentamento e substituição, e possuir longa vida útil. Também têm por finalidade principal a manutenção da bitola, que é a distância entre as faces internas dos boletos (parte superior dos

trilhos, ilustrada na Figura 49) que estabelece os contatos vertical e horizontal com as rodas dos veículos, medida em um plano perpendicular a essas faces, situado a 16 milímetros abaixo da superfície superior do boleto. Os dormentes asseguram também a melhor distribuição das cargas das rodas no sentido transversal e garantem uma boa inserção do conjunto com os trilhos no lastro, para evitar o deslocamento do traçado.

Existem diferentes tipos de bitola. A bitola normal tem 1,435 m (distância que procede da largura de uma parelha de cavalos, quando a ferrovia devia permitir a utilização simultânea da tração animal e a vapor), as largas 1,567 ou 1,600 m (ou 1,672 m, a ibérica), e as estreitas menores que a normal, sobressaindo por sua extensão no Terceiro Mundo a métrica (1,000 m).

Os trilhos têm como funções básicas servir de superfície de rolamento das rodas, definindo o traçado e ainda distribuindo as cargas no sentido longitudinal e são formados por patim, alma e boleto (denominado perfil Vignole) (Figura 49). São fabricados de aço carbono ou de ligas especiais de aço, o que se traduz por um atrito baixo no deslizamento nas rodas sobre o boleto. São designados pelo peso que apresentam por metro linear. Por exemplo, o TR-37 tem 37 kg em um metro de trilho. Modernamente os trilhos são interligados mediante solda de vários em seguida, de modo a formar um longo trilho soldado (LTS), o que melhora o rolamento dos veículos.

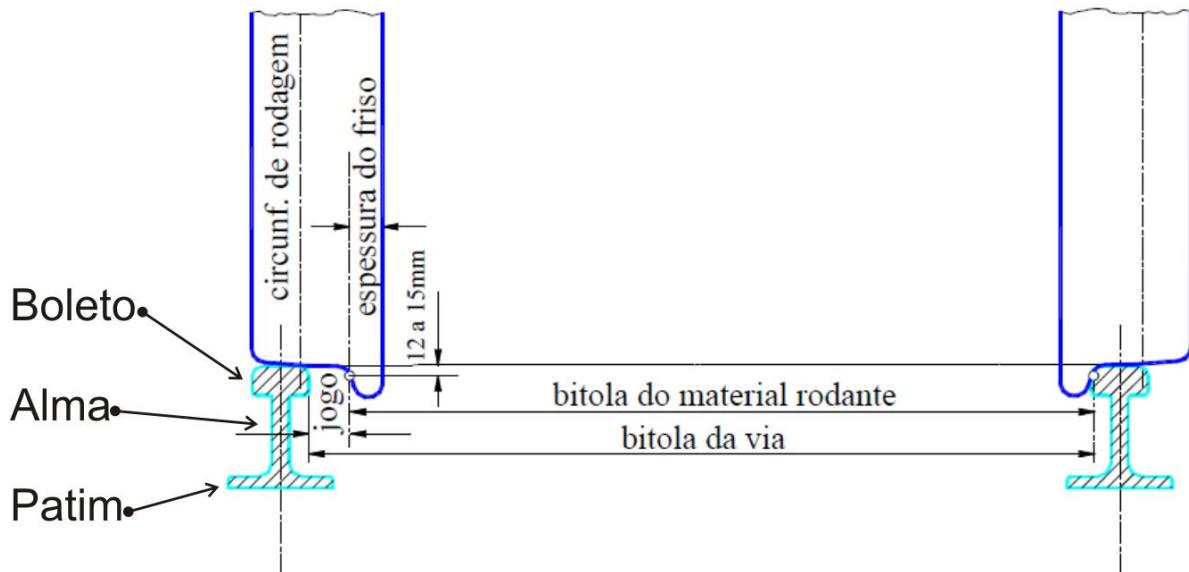


Figura 49 – Seção transversal do trilho e partes fundamentais. Disponível em:  
<http://vicosacidadeaberta.blogspot.com/2012/01/ferromodelismo-glossario-de-termos.html>. Acesso em: 27 jan. 2020

A fixação dos trilhos aos dormentes é de vital importância na ferrovia, para manter o trilho na posição correta e garantir a bitola da via, e pode ser rígida ou elástica.

A fixação rígida busca impedir qualquer movimento do trilho em relação ao dormente, sendo normalmente formada por uma placa de apoio perfurada, por onde pregos de linha ou parafusos (“*tirefonds*”) passam para penetrar nos dormentes. A fixação elástica permite uma oscilação vertical controlada do trilho, aliviando a ação cortante sobre os dormentes.

A fixação apresenta também dois elementos: as talas de junção e as placas de apoio.

As talas de junção são elementos que atuam na emenda mecânica dos trilhos. A junta é feita com duas talas de junção justapostas, montadas na alma do trilho e apertadas com quatro a seis parafusos de alta resistência. Já as placas de apoio distribuem as tensões dos trilhos aos dormentes.

Finalmente, dentre os elementos das ferrovias cabe destacar também o denominado Aparelho de Mudança de Via (AMV), que tem a função de desviar os veículos com segurança e velocidade compatível. Dá flexibilidade ao traçado, mas por ser um elemento móvel da via, é peça chave na segurança da operação e também essenciais para mudança de bitola.



Figura 50 – Aparelho de mudança de via. Disponível em:

<[http://www.hewittequipamentos.com.br/OLD\\_2010-03/produtos/prod01\\_01.php](http://www.hewittequipamentos.com.br/OLD_2010-03/produtos/prod01_01.php)>. Acesso em: 27 jan. 2020

Desde o ponto de vista das suas características elementares, a ferrovia tem também disponibilidade linear, pois se apresenta ao longo de seus eixos viários, formando linhas tronco, ligações e ramais. A linha é o segmento ferroviário que liga uma origem e um destino, podendo

ser singelas (com sentido de tráfego bidirecional) ou duplas (com sentido de tráfego bidirecional ou unidirecional).

Por sua parte, o ramal ferroviário trata-se de uma linha dependente de uma linha-tronco ou de outro ramal, para ligação de outros pontos do território pelos quais não passa essa linha principal, para conexão de duas ferrovias ou para a inversão do sentido da marcha dos trens por marcha direta. Portanto, por razões técnico-operacionais e econômicas, as ferrovias são de acessibilidade pontual em terminais, estações, pátios e desvios particulares.

### **3.2.1.2. Nomenclatura das ferrovias**

A nomenclatura das ferrovias é semelhante à das rodovias. No caso, a sigla para denominar uma ferrovia é EF seguida de um traço e uma centena. Da mesma maneira que ocorre nas rodovias, as ferrovias são divididas em: radiais, longitudinais, transversais, diagonais e de ligação, caracterizadas pelo primeiro dígito dessa centena (de forma análoga às rodovias):

- 0: Ferrovias Radiais;
- 1: Ferrovias Longitudinais;
- 2: Ferrovias Transversais;
- 3: Ferrovias Diagonais;
- 4: Ferrovias de Ligação.

### **3.2.2. Veículos**

Os veículos nas ferrovias são chamados de material rodante, se subdividindo em material rodante de tração e rebocado (Figura 51). Se movimentam sobre os trilhos através de truques, peças estruturais contendo de um a quatro rodeiros, sendo estes constituídos por um eixo com 2 rodas, normalmente tendo um friso do lado interno, que mantem o veículo nos trilhos (Figura 52).

A estrutura dos veículos é formada comumente por uma caixa, que se apoia sobre um estrado metálico, onde se fixam os truques, e os equipamentos operacionais, que são os aparelhos de choque e tração (engates) e os conjuntos de frenagem (freios, sistema de ar comprimido ou vácuo, válvulas de segurança).



Figura 51 – Veículos ferroviários. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/johannes-j-smit/22066321192>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 52 – Truque ferroviário. Disponível em: <[http://www.hewittequipamentos.com.br/?page\\_id=101&lang=pt](http://www.hewittequipamentos.com.br/?page_id=101&lang=pt)>. Acesso em: 27 jan. 2020

O material rodante de tração trata-se de um veículo ferroviário que permite colocar e manter um comboio ou trem em movimento. Pode ser nomeado como locomotivas e locotratores (apenas para movimentar o material rodante rebocado), ou automotrices e carros-motores (com capacidade própria de levar passageiros e encomendas, além de poder rebocar veículos leves de mesma finalidade). Dentre os sistemas de propulsão, as mais comuns são a diesel-mecânico e diesel-elétrico, além do tradicional a vapor.

O material rodante rebocado se classifica segundo sua finalidade, tendo assim carros, para passageiros (comuns, restaurantes, dormitórios, etc.); vagões, para carga que são diferenciados por tipo, capacidade e tamanho da carga, além dos tipos especiais para mercadorias (tanques, frigoríficos, vagões para minérios ou grãos, etc.); carros mistos, que servem para passageiros e carga simultaneamente; e os de serviços de manutenção.

### **3.2.3. Terminais**

Os terminais ferroviários são os pontos de acessibilidade ao modal, onde os veículos formando trens são compostos, manobrados, carregados e/ou descarregados, revisados ou parados por razões operacionais, como cruzamentos entre trens de sentidos opostos.

Podem ser extremos ou intermediários, conforme sua situação em relação aos trechos da via. Do mesmo modo, podem ser de propriedade do transportador, de um ou mais usuários ou ainda de firmas prestadoras de serviços. Segundo o uso, podem ser de passageiros, de carga ou mistos; e quanto ao acesso, se classificam em geral como públicos ou privados. Os terminais para passageiros possuem também local para compra de passagens, serviços para bagagens e ainda determinadas atividades comerciais.

Nos terminais ferroviários, as vias normalmente se desdobram criando os denominados desvios ferroviários (Figura 50), locais destinados ao estacionamento e ultrapassagens dos trens. Podem ser desvios vivos ou mortos, diferenciando-se pelo fato do vivo possuir saída para ambos os lados, ou apenas uma opção de saída, respectivamente.

Por sua parte, pátio ferroviário ou estações de triagem são as áreas formadas por um conjunto de vias dispostas para apoio operacional ao terminal. Os pátios podem desempenhar funções como abastecimento do material de tração, facilitar o cruzamento de comboios e organização do tráfego ferroviário, triagem ou entroncamento de dois ou mais ramais, ou estacionamento de material rodante. Também, os diferentes trechos de ferrovia interconectados permitem a formação de comboios a partir da classificação e manobras dos vagões (Figura 53).

Finalmente, os pátios são locais para realização das tarefas de regularização do tráfego, revisão e manutenção dos veículos ferroviários e troca ou alargamento de truques devido à mudança de bitola.

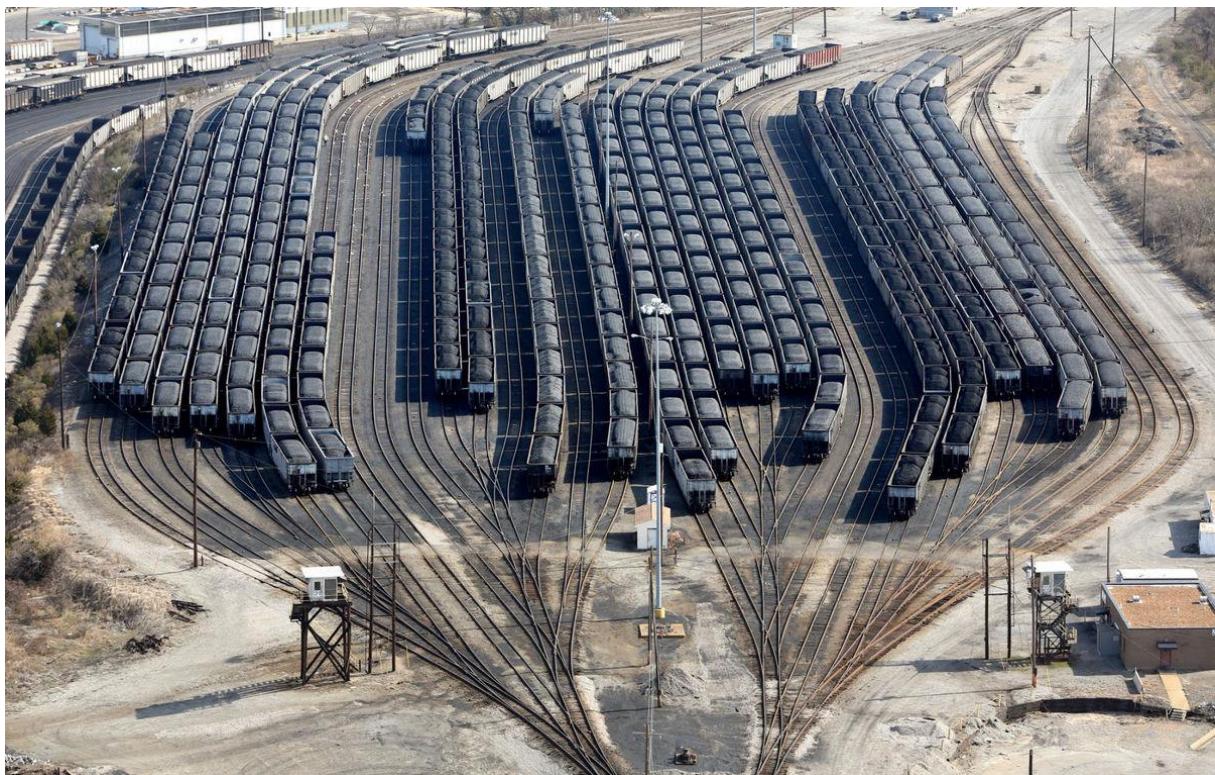


Figura 53 – Pátio ferroviário. Disponível em: <<https://www.brasilferroviario.com.br/centro-de-controle-de-patios-ccp/>>. Acesso em: 27 jan. 2020

### 3.2.4. Sistemas de operação e controle

Dentre os sistemas de operação e controle do modal ferroviário destacam os sistemas de sinalização, telecomunicações e de licenciamento (permissão de movimento), que têm como objetivo oferecer informações e condições para o deslocamento seguro dos comboios. Estão cada dia mais interligados e coordenados computacionalmente, chegando-se ao controle total dos trens, inclusive em termos de velocidade, frenagem e dirigibilidade espacial.

Igualmente, conta com sistemas de inspeção ferroviária, que se dedicam à inspeção de locomotivas e vagões para detectar possíveis defeitos, tarefa essencial para a circulação segura dos trens.

Da mesma forma que se inspeciona o material rodante, os sistemas de inspeção também alcançam as vias, com o objetivo de verificar e resolver possíveis problemas relacionados à via permanente. Nesse sentido, o sistema se utiliza dos denominados “Autos de Linha”, veículos ferroviários especiais de um só vagão, usados para inspeção e manutenção de linhas.

Finalmente, o sistema de Controle e Monitoramento de Tráfego Ferroviário visa oferecer mediante diversas operações, segurança na movimentação dos trens, tanto no tráfego ao longo das linhas como na composição dos comboios e tarefas de manutenção. 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.

### **3.2.5. Transporte ferroviário no Brasil**

A implantação de ferrovias no Brasil foi motivada pela necessidade da evolução econômica brasileira a partir de 1830-40, além da evolução mundial dos transportes terrestres. Embora o projeto não tenha ido adiante, o primeiro estudo ferroviário no Brasil foi impulsionado pela primeira concessão, em 1836, para a construção das estradas de ferro de São Paulo para Santos e para as vilas de Campinas, São Carlos, Constituição (atual Piracicaba), Itú e Feliz.

A primeira ferrovia concluída foi a Estrada de Ferro Mauá, entre Petrópolis e Rio de Janeiro. A obra foi iniciada em 1852, tendo o primeiro trecho (14,5 km) inaugurado em 1854, 20 meses após o início.

As ferrovias brasileiras tiveram importante papel na circulação de mercadorias e passageiros entre 1870 até 1930, interligando as principais cidades e os portos que garantiam a comercialização de produtos agrícolas, sobretudo o café, além de minerais. A expansão inicial da rede ferroviária foi essencial para a manutenção das atividades produtivas no país. No entanto, não houve uma interligação dos sistemas ferroviários, devido à falta de planejamento

e de exigências legais das concessões privadas, que realizavam os investimentos e as operações de forma independente. Como consequência, houve a implantação de até 8 bitolas diferentes.

Com o advento das rodovias, cuja construção foi grandemente incentivada em detrimento das ferrovias ante sua rápida implantação de menor custo inicial, as ferrovias foram gradativamente perdendo sua atratividade para novos investimentos e sofrendo falta de manutenção, acarretando as conhecidas consequências de dependência do transporte rodoviário expostas na matriz de transportes atual.

No início do século XXI, o sistema ferroviário brasileiro, de acordo com a Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT), totaliza 29.637 quilômetros, concentrando-se nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste, atendendo parte do Centro-Oeste e Norte do país. Dentre essa extensão, aproximadamente, 28.840 quilômetros das malhas são destinados para as empresas concessionárias.

### **3.2.6. Transporte ferroviário no Rio Grande do Sul**

O transporte ferroviário do estado do Rio Grande do Sul faz parte da Malha Ferroviária Sul que foi concedida em 1997 à ALL - América Latina Logística. Assim como as demais ferrovias brasileiras, as ferrovias gaúchas passaram por um declínio de importância a partir da década de 1950. Quando entregues à operação privada, tanto a infraestrutura quanto grande parte dos vagões e locomotivas apresentavam problemas de manutenção.

A ALL tem atuado de forma a recuperar o espaço ocupado pelas ferrovias no passado, concentrando a sua atuação no transporte de granéis agrícolas da região Noroeste do estado para o Porto de Rio Grande para exportação, porém sem expansão para outros mercados nem interligação com os outros Estados brasileiros. A diferença de bitolas entre as ferrovias brasileiras, argentinas e uruguaias é o principal gargalo para a integração entre os sistemas ferroviários, pois obriga a necessidade de transferência de carga entre composições.

Junto com as condições de conservação, a configuração da rede ferroviária apresenta deficiências que limitam a sua utilização. O traçado das ferrovias no estado do Rio Grande do Sul foi construído no passado em função das características geopolíticas do estado. A topografia e a hidrografia fizeram com que, historicamente, o centro ferroviário do estado ficasse próximo da cidade de Santa Maria e não houvesse uma ligação direta por trem entre Porto Alegre e o Porto de Rio Grande. Assim, a ligação de Porto Alegre com esse porto por ferrovia tem uma

extensão de 896 quilômetros, em contraposição aos 321 da ligação rodoviária e 315 da ligação hidroviária.

Apesar das deficiências de traçado existem boas possibilidades para o uso de ferrovias, pois 80% da atividade industrial gaúcha, e 52% da atividade agropecuária (em termos de valor agregado) estão localizadas a menos de uma hora de viagem por rodovia de um terminal ferroviário. Praticamente toda atividade industrial e 93% da atividade agropecuária estão a menos de duas horas de um terminal ferroviário.

O Rio Grande do Sul possui hoje uma malha de 3.259 quilômetros de linhas e ramais ferroviários, utilizada somente para transporte de cargas. A maior parte apresenta bitola de 1 metro, sendo que apenas 5 quilômetros apresentam bitola de 1,435 metros com objetivo de realizar a integração com as malhas argentinas e uruguaias.

### **3.2.7. Transporte ferroviário em Cachoeira do Sul**

O transporte ferroviário tem como marca no município a estação ferroviária de Cachoeira do Sul (Figura 54), cuja infraestrutura original foi inaugurada em 1883 para o transporte de carga agrícola e localizava-se no centro da cidade.



Figura 54 – Estação ferroviária de Cachoeira do Sul em 1883. Fonte: Museu Municipal de Cachoeira do Sul.

A ferrovia local está no caminho de ferro de Uruguaiana até Porto Alegre, como parte da malha ferroviária conhecida por Ferrovia do MERCOSUL, ligando o Rio Grande do Sul a Buenos Aires. A linha sofreu não só inúmeras alterações do trajeto original, mas também

apresenta uma infraestrutura precária, resultando em um baixo interesse das empresas locais nesse modal.

Atualmente a infraestrutura ferroviária se encontra na região periférica da cidade e está subutilizada, pois poucos trens passam por ela e não param no município. A operação e manutenção dos trilhos estão concedidas à empresa ALL (América Latina Logística, atual RUMO Logística) desde fevereiro de 1997 (Figura 55). Porém, o Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da Ferrovia Norte-Sul, no subtrecho Chapecó (SC) – Rio Grande (RS), prevê que a linha atravesse o município de Cachoeira do Sul, apontando igualmente a possibilidade de construção de um polo de cargas no seu entorno.



Figura 55 – Caminho de ferro passando abaixo da BR-153 em Cachoeira do Sul. Disponível em: <[https://www.jornaldopovo.com.br/anuarios/2016/anuario/materias/328/o\\_que\\_tem\\_de\\_ser\\_feito.htm](https://www.jornaldopovo.com.br/anuarios/2016/anuario/materias/328/o_que_tem_de_ser_feito.htm)>. Acesso em: 27 jan. 2020

### 3.3. TRANPORTE AQUAVIÁRIO

O sistema aquaviário, o terceiro modal mais utilizado no Brasil, é um sistema de transporte de passageiros ou de cargas efetuado através de meios aquáticos (hidrovias ou rotas marítimas) e conectando respectivos terminais portuários, por meio de embarcações tais como, barcos, navios e balsas seguindo as regras da navegação.

O precoce aperfeiçoamento do transporte aquático foi estimulado pela concentração da população junto ao litoral e zonas fluviais. Durante o século XIX foram dados grandes avanços graças à tecnologia da energia a vapor. O primeiro barco a empregar a propulsão a vapor, numa travessia transatlântica, foi o *Savannah*, em 1819. O motor diesel trouxe um funcionamento mais econômico para as embarcações modernas.

Em relação ao objetivo comercial do transporte, o transporte aquaviário pode se classificar em:

- Mercante: transportes de cargas (regular ou não) e de passageiros.
- Industrial: realização de operações especiais como pesca, colocação de oleodutos, navios sonda e plataformas de prospecção.
- Serviço: prestação de serviços especializados, incluindo rebocadores, embarcações de apoio a plataformas marítimas, embarcações para abastecimento de navios, etc.

Além da finalidade comercial, os deslocamentos realizados por meio aquático podem ser com objetivos de pesquisa, de recreio ou ainda com fins militares.

As principais vantagens que apresenta o transporte aquaviário, fundamentalmente em comparação com os modais terrestres são as seguintes:

- Possibilidade de grandes distâncias, permitindo o transporte internacional e intercontinental.
- Possibilidade de tráfego por 24 horas/dia, em vias descongestionadas.
- Bastante seguro: baixo nível de perdas e danos, maior controle fiscal.
- Eficiência na carga e descarga.
- Altíssima eficiência energética.
- Reduzido consumo de combustível relativo.
- Tem baixíssimo custo de implantação e manutenção quando aproveita um leito natural (via pronta), podendo aumentar seus custos conforme a necessidade de construção de canais, barragens, eclusas, etc., além das obras de dragagem e derrocamento ou as eclusas de transposição de desniveis em rios e canais artificiais.
- Maior vida útil da infraestrutura.
- Maior vida útil dos equipamentos e veículos.
- Grande capacidade de carga.
- Permite qualquer tipo de cargas, sendo especialmente competitivo para cargas volumosas e de baixo custo de tonelada por quilômetro transportado (elevada economia de escala).
- Custo operacional reduzido, o mais econômico de todos os modais de transporte, aumentando sensivelmente em vias de pequeno calado com utilização sazonal variando, também, em função do sentido principal de carga, isto é, a favor ou contra a corrente.

- Menor congestionamento de tráfego na via.
- Baixo Impacto ambiental: pouco poluente e baixo nível de ruídos emitidos.

Porém, também apresenta importantes desvantagens, entre as que destacam as seguintes:

- Baixa velocidade de operação tanto dos veículos quanto dos terminais.
- Disponibilidade limitada ao curso da via.
- Pouco flexível na escolha das rotas, pois depende dos terminais, frequentemente congestionados.
- Necessita de elevada densidade de tráfego regular. A reduzida densidade das vias navegáveis dificulta, em alguns casos, a integração direta entre as regiões produtoras e as consumidoras do País.
- Existência, às vezes, de vias terrestres implantadas na mesma diretriz, atendendo já à demanda satisfatoriamente.
- Distância dos portos aos centros de produção.
- Normalmente não oferece o transporte porta-a-porta, exigindo uma complementação de transporte para conexão com origens e destinos das cargas através de outros sistemas de transporte, como ferrovias e rodovias.
- A implantação de uma hidrovia é condicionada pela topografia da superfície, que deve ser plana (ou quase plana); caso contrário pode tornar-se inviável, devido à velocidade da água.
- Precisa da construção de portos, obras de engenharia e infraestrutura caríssimas.
- A implantação de um porto traz implicações ao meio físico, biológico, social e econômico adjacente.
- Necessidade de transbordo nos portos para salvar as descontinuidades das vias.
- Ineficiência da integração modal existente e gastos elevados para a utilização dos terminais.
- Serviços complexos.
- Maior exigência de embalagens.
- Manuseio elevado das cargas devido aos transbordos, que propicia avarias.
- Influência do clima.
- Investimento inicial elevado nos veículos. Necessidade de grandes frotas modernas.

- No caso hidroviário, problema do assoreamento dos rios e falta de divulgação das suas potencialidades, o que dificulta seu uso.

### 3.3.1. Vias

Excluindo algumas exceções, como o acesso a certos portos e canais artificiais ou naturais, não há uma via materializada na qual os veículos do transporte aquaviário se movimentam. Tem-se uma linha calculada a ser seguida pela embarcação, denominada rota, que se caracterizam por:

- Calado máximo das embarcações;
- Largura da rota de navegação;
- Raios das curvas;
- Declividade / Velocidade da água.

Em relação à via, o transporte aquaviário pode se denominar:

- Transporte hidroviário (fluvial e lacustre, pelas hidrovias interiores, além dos canais artificiais).
- Transporte marítimo (nos mares e oceanos), que por sua vez pode ser:
  - Cabotagem: entre pontos do próprio país, ao longo de uma mesma costa.
  - Navegação de Longo Curso: é a navegação internacional realizada através dos oceanos, entre continentes, abrangendo navios regulares (*liners*) e os de rotas irregulares (*tramps*).

Hidrovia interior é um curso d'água (rio, lago, lagoa) navegável que dispõe de cartas de navegação e que foram balizadas e sinalizadas para uma determinada embarcação tipo, isto é, aquelas que oferecem boas condições de segurança às embarcações, suas cargas e passageiros ou tripulantes. Além disso, pode precisar serviços especiais de dragagem e transposições.

As hidrovias podem se apresentar de duas maneiras:

- Artificiais: não eram navegáveis, mas adquiriram essa condição em função de obras de engenharia.
- Regularizadas ou melhoradas: são aquelas que tiveram suas condições de navegação ampliadas.

As hidrovias e rotas marítimas apresentam disponibilidade superficial, sobre os corpos de água de oceanos, mares, lagos, rios e canais, porém como o acesso só se pode dar, por

questões técnicas ou impedimentos geográficos, em certos pontos (portos e embarcadouros - os terminais -), são consideradas de acessibilidade pontual.

### 3.3.2. Veículos

Navio ou barco é o veículo apropriado para a navegação em mares, rios e lagos. O transporte pode ser através de embarcações unitárias ou comboios.

A unidade de velocidade em navegação é usualmente expressa em nós. Sendo a média de 20 a 22 nós (um nó equivale a uma milha náutica/hora que é igual a 1,852 km/h), os mais velozes alcançam 26 nós ou 48,15 km/h.

Os navios podem ser de vários portes, tipos e finalidades. São propulsionados por motores de grande potência, capazes de impulsionar e locomover embarcações de todos os tamanhos, com dezenas e até centenas de milhares de toneladas. Também os navios podem ser tracionados ou empurrados/puxados.

Em relação à sua função, os navios podem ser de:

- Passageiros, dentre os quais se diferenciam os seguintes
  - Navios de Cruzeiro (Figura 56): transportam pessoas e suas bagagens em viagens normais ou de turismo.



Figura 56 – Navio de Cruzeiro. Disponível em: <<http://www.cruzeiros.com.pt/navios-de-cruzeiros-em-construcao/>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Hidrofólios (Figura 57): também utilizados para transporte de passageiros, mas em menores distâncias. Utilizam uma espécie de “asas” que facilitam ao barco desenvolver maior velocidade graças à redução de atrito do casco com a água.



Figura 57 – Hidrofólio. Disponível em: <<https://pt.dreamstime.com/imagem-de-stock-hidrof%C3%B3lio-de-kometa-image40338331>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Catamarãs (Figura 58): igualmente empregados no para transporte de passageiros, como a travessia fluvial entre Porto Alegre e Guaíba.



Figura 58 – Catamarã. Disponível em: <<http://www.catsul.com.br/travessias/default.asp>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Carga, com os seguintes tipos principais:
  - Navios de Carga Geral ou Cargueiros (Figura 59): destinados ao transporte de carga geral seca, normalmente vários tipos, embalada e transportada em volumes individuais (*breakbulk*) ou paletizada (*unitizada*), mas não congelada.



Figura 59 – Navio Cargueiro. Disponível em:  
<<http://barcosnoriosado.blogspot.com.br/2013/07/norstar.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Navios Porta Contêiner (Figura 60): especializados no transporte de contêineres. Sua particularidade reside na disposição dos contêineres no convés e porões do barco.



Figura 60 – Navio Porta Contêiner. Disponível em: <<https://portogente.com.br/portopedia/92847-tipos-de-navios-e-sua-classificacoes-e-terminologias>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Navios Frigoríficos (Figura 61): são um tipo de navio semelhante ao convencional para cargas secas, porém, os seus porões são devidamente

equipados com maquinários para refrigeração. Apropriado para transporte de cargas que exigem controle de temperatura tal como carnes, sucos, frutas, verduras, laticínios, etc.



Figura 61 – Navio Frigorífico. Disponível em:  
<<http://barcosnoriosado.blogspot.com.br/2012/08/elsebeth.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Navios Graneleiros (Figura 62): utilizados para transporte de mercadorias sólidas a granel (grãos, açúcar, minérios, etc.).



Figura 62 – Navio Graneleiro. Disponível em:  
<<https://gigantesdomundo.blogspot.com.br/2013/12/maior-navio-graneleiro-do-mundo.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Navios Gaseiros (Figura 63): especialmente projetados para transporte de gases liquefeitos mediante tanques semiesféricos sobre o convés.



Figura 63 – Navio Gaseiro. Disponível em:

<<https://logisticaemundo.wordpress.com/2017/08/13/navios-de-carga-graneleiro-gaseiro-e-tanque/>>.

Acesso em: 27 jan. 2020

- Navios Petroleiros (Figura 64): têm a finalidade de transportar granéis líquidos derivados do petróleo, contando com especiais equipamentos para bombeá-los nas operações de carregamento e descarregamento dos navios.

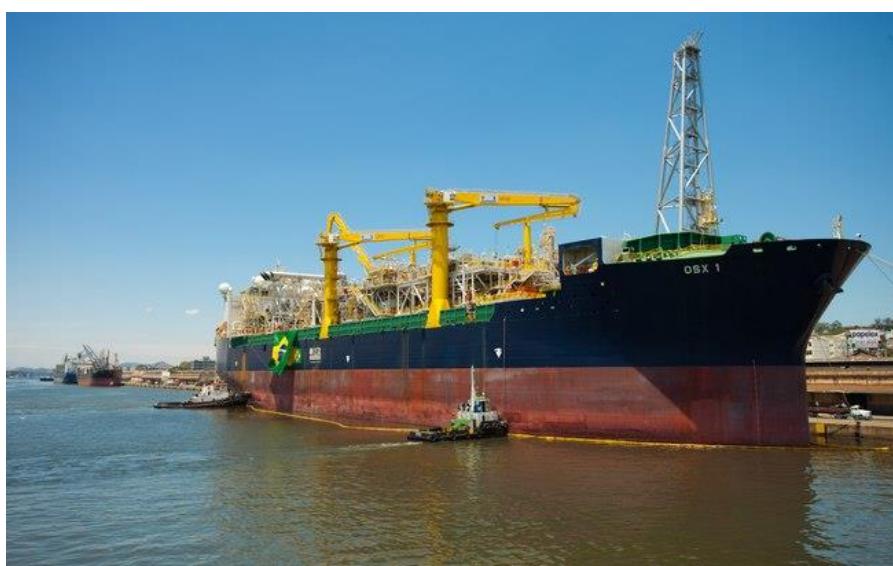


Figura 64 – Navio Petroleiro. Disponível em: <<http://economia.ig.com.br/empresas/infraestrutura/por-dentro-do-navio-petroleiro-de-eike-batista/n1597382476146.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Navios de Operação por Rolamento *Roll-on Roll-off* (Ro-Ro) (Figura 65): são navios utilizados especificamente para transportar veículos, pois contam com rampas que permitem acesso direto ao convés ou aos porões. Dessa forma, os processos de embarque e desembarque economizam custos e tempo já que os veículos são deslocados, rodando com suas próprias rodas ou mediante esteiras.



Figura 65 – Navio Ro-Ro. Disponível em: <<http://www.efficienza.com.br/embarques-ro-ro/>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Navios Multicarga ou *Multi Purpose Ships* (Figura 66): navios versáteis, destinados ao transporte de carga com características de diversos outros tipos de navios, como os convencionais, frigoríficos, Ro-Ro, porta contêineres, podendo transportar as mais variadas cargas simultaneamente, como carga geral, carga frigorífica, *pallets*, veículos em geral, contêineres, etc.



Figura 66 – Navio Multicarga. Disponível em: <<http://www.abcmaritime.ch/vessel/helvetia/>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Lazer.
- Pesca.
- Militares, como os de guerra e os de patrulha costeira.
- Serviços ou operações especiais, como os seguintes:
  - Rebocadores (Figura 67): pequenos barcos, mas com motores de grande potência, que atuam na facilitação das manobras de grandes navios no acesso e movimentação dentro dos portos.



Figura 67 – Rebocador. Disponível em: <<https://www.cnet.com/pictures/towing-giant-ships-with-little-tugboats-pictures/>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Navios Porta Aviões (Figura 68): são navios militares que tem como funcionam como base aérea móvel no mar.



Figura 68 – Navio Porta Aviões. Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2017/08/21/o-futuro-porta-avioes-type-002-da-china/>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Navios Porta Barcaças/Chatas (Figura 69): são navios especiais, com capacidade para o transporte de barcaças ou chatas até de grande porte.



Figura 69 – Navio Porta Barcaças. Disponível em:

<<http://www.navioseportos.com.br/site/index.php/uteis/glossarios/chata>>. Acesso em: 27 jan. 2020

- Navios *Float-on Float-off* (Flo-Flo) (Figura 70): trata-se de um tipo especial de navio, cuja característica fundamental é a capacidade de ficar parcialmente submerso com o objetivo de que a carga (normalmente plataformas petrolíferas, outros navios ou materiais especiais) seja recolhida enquanto seu convés está abaixo do nível da água. Uma vez que a carga está situada acima do barco, este volta à posição normal, permitindo o transporte em segurança (Figura 71).



Figura 70 –Navio Flo-Flo. Disponível em: <<http://industrialscenery.blogspot.com/2016/10/float-onfloat-off-ships-semi.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020

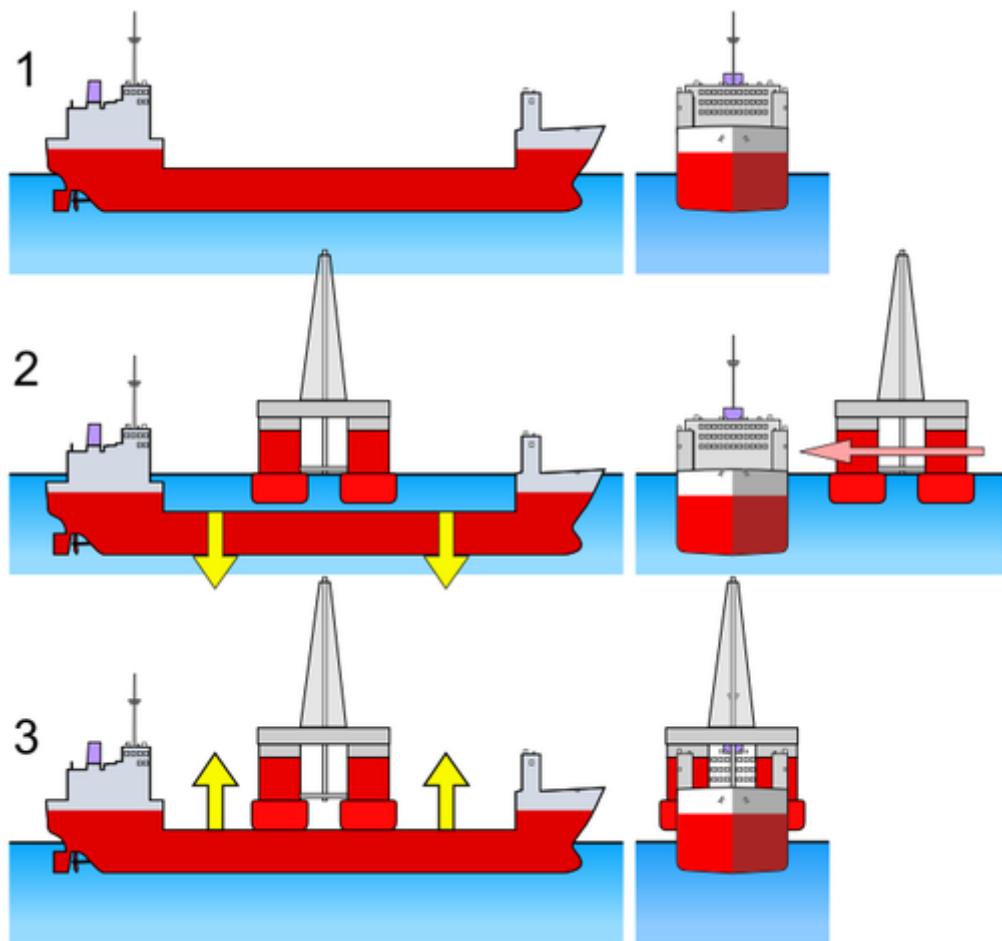


Figura 71 – Esquema de navio Flo-Flo. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Float\\_on\\_Float\\_off\\_Ship\\_NT.PNG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Float_on_Float_off_Ship_NT.PNG). Acesso em: 27 jan. 2020

Por outro lado, conforme a possibilidade de uso geral ou não, são classificados como públicos e privados.

A nacionalidade dos navios é dada pelo país do porto em que foram registrados, cuja bandeira hastearão e de cujo território nacional passam a fazer parte para efeitos de legislação civil, tributária, trabalhista, etc., e para aplicação do Direito Internacional.

Quanto à capacidade de Carga, os navios apresentam características específicas, definidas a partir dos seguintes conceitos:

- Deslocamento Bruto: peso total que pode ser deslocado pelo navio: peso próprio (casco, motor e equipamentos), equipagem (tripulação e pertences), combustível e carga.

- Deslocamento Líquido: peso total deslocado somente pelo navio (casco, motor e equipamentos).
- Toneladas de Porte Bruto: corresponde à diferença entre o deslocamento bruto e o líquido, ou seja, o que pode ser transportado em carga, combustível e equipagem.
- Toneladas de Porte Líquido: Significa o peso máximo de carga e passageiros que a embarcação pode transportar (parte do porte bruto utilizável comercialmente).
- Tonelagem de Porte Operacional: Significa a diferença entre a tonelagem de porte bruto e a de porte líquido, ou seja, o peso da equipagem e combustível.

Especificamente das embarcações utilizadas para transporte hidroviário (navegação interior), podemos destacar as seguintes características gerais:

- Calado compatível com a hidrovia.
- Dimensões adequadas aos raios de curvatura da hidrovia.
- Proteção para os apêndices do casco (lemes, hélices).
- Boa manobrabilidade.
- Ampla visibilidade.
- Recursos para desencalhe.
- Capacidade de armazenamento de combustível,
- Tratamento da água do rio,
- Radar.
- Holofote com foco direcional.
- Ecobatímetro (sondagem, mensura a profundidade da água).

### 3.3.3. Terminais

Denominados genericamente portos, os terminais do transporte aquaviário servem de conexão entre os sistemas de transporte terrestres (como o rodoviário e o ferroviário) e o sistema de transporte aquaviário.

O conceito de porto está ligado a:

- Abrigo: proteção da embarcação frente a ventos, ondas e correntes, para facilitar o acesso à costa (acostagem) e a movimentação de cargas ou passageiros.

- Profundidade e acessibilidade: devem ser compatíveis com as dimensões da embarcação tipo (comprimento, boca e calado) no canal de acesso, bacias portuárias e nos berços de acostagem.

Os componentes gerais dos portos são (Figura 72):

- Anteponto: que compreende o canal de acesso e os fundeadouros de espera.
- Porto (propriamente dito): composto pela bacia de evolução e as dársenas (partes resguardadas artificialmente através de escavações, usadas para tarefas de carga e descarga).
- Retroporto: áreas terrestres próprias para movimentação de cargas, que se subdividem em: acessos terrestres; locais de armazenagem; instalações auxiliares; administração.



Figura 72 – Componentes de um porto. Fonte: SINAY, CARVALHO, BRAGA, 2017

Os portos podem ser classificados em função de diferentes critérios:

- Quanto à natureza dos portos:

- Portos naturais: são aqueles em que as obras de melhoramento ligadas a abrigo e acessos às obras de acostagem são inexistentes ou de reduzida monta, pois as condições naturais já as provêm para a embarcação tipo. Frequentemente são portos estuarinos com canais de boa estabilidade.
- Portos artificiais: são aqueles em que as obras de acostagem devem ser providas de obras de melhoramento de abrigo e acessos para a embarcação tipo.
- Quanto à localização do porto:
  - Portos marítimos, diferenciando os seguintes tipos:
    - Portos exteriores: diretamente na costa, junto ao mar. Podem ser do tipo:
      - Salientes à costa (ganhos à água): quando são implantados aterros que avançam sobre o mar.
      - Encravados em terra (ganhos à terra): quando são compostos por escavações formando dârsenas, canais e bacias.
    - Portos ao largo (*Off shore*): são portos ao largo da zona de arrebentação, distantes da costa, podem até mesmo não ser providos de abrigo.
  - Portos interiores: portos fluviais e lagunares.
- Quanto à finalidade:
  - Terminais comerciais: de passageiros, carga ou mistos. Os de cargas podem ser de carga geral ou específica.
  - Terminais de serviço: pesqueiros, reparos e de abastecimento.
  - Terminais militares: bases navais e de guardas costeiras.
  - Terminais de lazer: representados principalmente pelas marinas.
- Quanto à atividade:
  - Terminais regionais ou alimentadores ou distribuidores: são os de menores dimensões, atendem a navios de menor porte, que levarão a carga ao seu ponto final de consumo regional, no litoral de um país ou estado.
  - Terminais de transbordo: poderão ser de transbordo puro, mas também servir de alimentadores da região em que se localizam.
  - Terminais concentradores ou *Hub Ports*: são portos concentradores de cargas e de linhas de navegação. O termo decorre das estratégias das principais companhias marítimas de aumentar o tamanho dos navios, concentrar rotas,

reduzir o número de escalas adotadas e reduzir o tempo de viagens internacionais dos navios de longo curso.

- Quanto aos serviços oferecidos:
  - Terminais de primeira geração ou tradicionais: apenas a execução de suas funções básicas de transporte: acesso, carga, descarga e estocagem.
  - Terminais de segunda geração ou polarizadores: se preocupam em gerar em seu entorno usuários comerciais e industriais de suas facilidades, tornando se um centro portuário regional.
  - Terminais de terceira geração ou logísticos: empenhados em se integrar com seu *hinterland* (região terrestre de influência do porto), visando tornar-se o motor de seu desenvolvimento e um centro de serviços logísticos para a comunidade envolvida.

Como foi visto, em relação com sua localização, os portos podem ser marítimos ou interiores, sendo, portanto, ligados ao transporte marítimo ou ao hidroviário, respectivamente. Entre as principais diferenças entre os portos fluviais e os portos marítimos podemos destacar as seguintes:

- Os portos marítimos têm predominância de embarcações de grande calado, que exigem condições de abrigo e de profundidade que só se encontram em raros pontos da costa. No entanto, os rios são normalmente abrigados em toda a sua extensão e os barcos são de menor calado.
- Os rios e oferecem facilidade de acostamento ao longo de todo ele, ao lado de lugares mais diversos, disseminando-se seus benefícios por uma vasta área de bacia.
- Em razão da propriedade anterior, o projeto de um porto fluvial não deve ter a preocupação de centralização de serviços, salvo em casos especiais e em grandes concentrações urbanas ou industriais à margem da via navegável, pois o recomendável nos portos fluviais é que se multipliquem os terminais, de preferência especializados.

### **3.3.4. Sistemas de operação e controle**

Nos primórdios da navegação, dada a ausência de instrumentos para cálculo da rota, esta se fazia à vista de terra, tomando como referência pontos notáveis, como as elevações costeiras.

Este processo se chama “pilotagem”, ainda hoje usado por pequenos barcos e pescadores artesanais.

Seguiu-se o emprego de agulhas imantadas, as bússolas primitivas, que, mostrando o norte magnético, permitiam uma estimativa do rumo seguido.

Hoje a navegação se faz com precisão e facilidade a partir de satélites especializados, geoestacionários, que substituíram os astros e que dão instantânea e automaticamente a posição bastante precisa do navio, independente das condições atmosféricas e de sua posição geográfica. Além disso, são definidas regras do controle do tráfego de embarcações com o intuito de evitar colisões e garantir a possibilidade de cada barco escolher sua rota.

Os progressos da eletrônica, principalmente o radar que permite a detecção de obstáculos fixos e móveis na circunvizinhança do navio, independente da visibilidade disponível, e o sonar com percepção do fundo, aumentaram consideravelmente as margens de segurança a partir da própria embarcação, auxiliando as convenções universais. Por sua vez, permitiram a obtenção de cartas náuticas mais precisas e detalhadas.

Em relação com os órgãos de operação e controle do transporte aquaviário, o marítimo é regulamentado pela IMO (*International Maritime Organization*). Para o transporte interior, é a Marinha do Brasil a responsável. Normalmente a infraestrutura é implantada e mantida pelo poder público, sendo operado pelo setor privado.

Os órgãos anteriores estabelecem, executam e fiscalizam os diferentes marcos regulatórios e normativos existentes para o transporte aquaviário, como são:

- Normas sobre as vias, os portos, a navegação, as embarcações, os fretes.
- Legislação comum aos transportes marítimo e fluvial.
- Convenções e Convênios Internacionais sobre a navegação internacional.

No caso das hidrovias, assim como nas rodovias, também precisam de orientação para serem devidamente operadas. Conceituamos balizamento e sinalização náutica como o conjunto de sistemas e recursos visuais, sonoros, radioelétricos, eletrônicos ou combinados, destinados a proporcionar ao navegante informações para dirigir a sua embarcação com segurança e economia.

O balizamento de uma via aquática é entendido como sendo basicamente a demarcação da área (canal) de navegação, da foz para montante, através de dispositivos luminosos ou cegos, compostos por faróis, faroletes, balizas e boias. Por sua parte, a sinalização é composta

basicamente pelas placas colocadas nas margens dos rios, nas pontes e no próprio rio (afixadas em boias), para orientação dos navegantes.

### **3.3.5. Transporte aquaviário no Brasil**

Desde o ponto de vista do transporte aquaviário no Brasil, cabe destacar sobretudo as características que oferecem as vias interiores de navegação, além dos portos, marítimos e fluviais que existem no país e que permitem ligar com as hidrovias e com as rotas marítimas internacionais. No Brasil há 38 portos públicos, sendo:

- 18 portos marítimos administrados pelas sete Companhias Docas Federais (CODESP, CDRJ, CODESA, CODEBA, CODERN, CDC e CDP) e pelo DNIT.
- 16 portos marítimos e 4 fluviais administrados por estados e municípios.

Embora a natureza tenha ofertado uma imensa riqueza de vias naturais fluviais ao Brasil, sua utilização para o transporte hidroviário de cargas e passageiros é muito reduzida, não sendo registrados importantes investimentos na regularização de canais e leitos de rios.

O Brasil conta com aproximadamente 43.000 quilômetros de rede hidroviária potencialmente navegável, já que podem adquirir a condição de navegabilidade mediante a implantação de barragens ou outras obras destinadas a propiciar quaisquer usos de recursos hídricos, construção de canais, eclusas e demais dispositivos de transposição de níveis. Dos 27.000 quilômetros de vias atualmente navegáveis, o Brasil utiliza, de fato, apenas cerca de 10.000 quilômetros para o transporte regular de carga.

Os principais problemas que atingem o sistema de transporte hidroviário interior brasileiro são:

- Maior desenvolvimento econômico na faixa litorânea, o que deixa as vias navegáveis em posição geoeconômica desfavorável.
- A maioria dos rios brasileiros não permitem a navegação entre o interior e o litoral, o que dificulta a continuidade entre o transporte fluvial e o marítimo.
- Excessiva, complexa e dispersa legislação que trata sobre a navegação interior.
- Existência de conflito de interesses não harmonizados sobre os usos múltiplos dos recursos hídricos do país (como vias de transporte, para movimentar as turbinas de geração de energia elétrica, como fontes potenciais de insumo para produção

agrícola através de irrigação, para abastecimento e saneamento residencial e industrial, para piscicultura, etc.).

- Inexistência de políticas de financiamento adequadas. A fonte principal, quase única, para o financiamento das obras de implantação e manutenção das infraestruturas é os Recursos Gerais do Tesouro, que possui um orçamento pequeno.

A rede hidroviária estrutura-se segundo as bacias hidrográficas do país:

- Bacia Amazônica: hidrovias do Amazonas, Madeira, Solimões, Tapajós – Teles Pires, Marajó e Branco – Negro.
- Bacia do Nordeste: hidrovias do Parnaíba, Itapecuru, Mearim e Pindaré.
- Bacia do Tocantins e Araguaia, que inclui também as hidrovias do Rio das Mortes e do Guamá / Capim.
- Bacia do São Francisco.
- Bacia do Paraná: hidrovia Tietê – Paraná.
- Bacia do Paraguai, interligada à do Paraná.
- Bacia do Atlântico Sudeste: nos rios Vaza – Barris, Itapicuru e Paraguaçu.
- Bacia do Atlântico Sul: Hidrovia Jacuí – Taquari – Lagoa dos Patos.

A maior parte da carga está concentrada na Amazônia e no Sul, sendo as mais importantes Madeira, São Francisco, Tocantins-Araguaia, Paraná-Tietê e Paraná-Paraguai.

No caso específico dos órgãos de administração e operação que intervêm no Sistema Hidroviário Interior, encontramos:

- Ministério dos Transportes;
- Departamento Nacional de Infraestruturas do Transporte (DNIT);
- Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ);
- Agência Nacional de Águas (ANA);
- Administrações Hidroviárias (de cada hidrovia).

### **3.3.6. Transporte aquaviário no Rio Grande do Sul**

Assim como o transporte ferroviário, o transporte hidroviário também teve reduzida sua importância no estado no passado recente. A principal hidrovia do estado é a Bacia Sudeste formada pela Lagoa dos Patos, o Lago Guaíba e os rios Jacuí e Taquari. No passado essa hidrovia foi a principal forma de acesso às cidades como Pelotas, Porto Alegre, Rio Pardo e

Estrela, localizadas ao longo de suas margens. Os portos fluviais da Bacia Sudeste do Estado têm acesso ao Porto de Rio Grande e ao mar através da Lagoa dos Patos.

A importância econômica desses portos, em especial o de Porto Alegre, reduziu-se a partir da segunda metade do século XX em função da falta de investimentos, da competição com o transporte rodoviário e do aumento das dimensões das embarcações marítimas.

Atualmente os portos fluviais estão sendo utilizados principalmente para transporte de granéis em terminais privados ou de cargas industriais de grandes dimensões. Mas, embora o calado da hidrovia impeça a operação de grandes navios oceânicos, existe um potencial de utilização desses portos principalmente para transporte de produtos industrializados, pois cerca de 70% da atividade industrial gaúcha se encontra a menos de 60 minutos desses portos.

O Estado divide seu território entre duas bacias principais (Figura 73):

- A região hidrográfica do Uruguai, compreendida pela bacia do rio Uruguai, que abrange a metade do Estado. Só poderá ser navegado comercialmente para o transporte de carga com a execução de intervenções estruturais e/ou implantação de aproveitamentos hidrelétricos com usos múltiplos: canalização do rio Ibicuí e construção de um canal de 200 km dotado de eclusas para interligação com a Hidrovia do Jacuí-Taquari. Nela localiza-se o Porto Internacional de Porto Xavier, ligando mediante balsas de travessia de cargas com a cidade argentina de San Javier.
- A região do Atlântico Sul, compreendida pela bacia Jacuí-Taquari-Guaíba, com cerca de 980 km, onde ocorre a movimentação de material de construção, soja e carvão mineral; e a região hidrográfica do litoral. Compreende os portos de Rio Grande, Pelotas, Estrela e Cachoeira do Sul.

### **3.3.7. Transporte aquaviário em Cachoeira do Sul**

O ano de 1843 marca o início da navegação no Rio Jacuí, ligando as cidades de Rio Pardo e Cachoeira do Sul, e em 1882 foi iniciado o tráfego regular de embarcações entre Cachoeira e Porto Alegre no antigo porto da cidade. Já no ano de 1875, foi inaugurado o primeiro armazém de carga e descarga de mercadorias, dando início a uma época de grande desenvolvimento da navegação no Jacuí. Dentre as mercadorias transportadas via fluvial constavam açúcar, arame, aguardente, café, farelo, fazendas, farinha de trigo, mandioca, querosene, louças, sal, vidros e vinho.

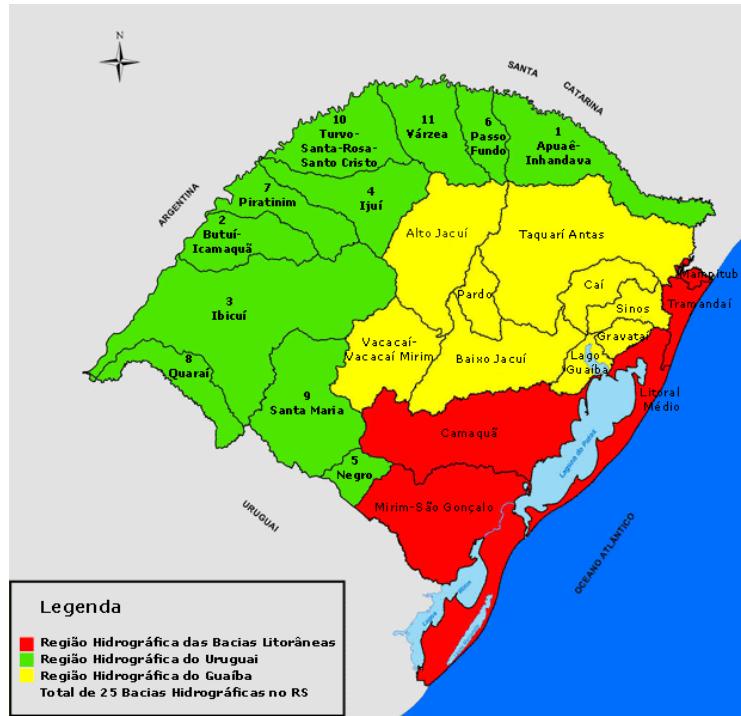


Figura 73 – Bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.priorouruguai.rs.gov.br/portal/modelo.php?cont=nossasaguas>>. Acesso em: 27 jan. 2020

Na década de 90 do século XX, foi inaugurado o novo porto fluvial da cidade, localizado na região da antiga Centralsul, o qual foi planejado para conectar-se com Porto Alegre através do rio Jacuí, que deságua no Guaíba, e, de lá, ir até Rio Grande via Lagoa dos Patos. O terminal hidroviário de Cachoeira do Sul apresenta estrutura de cais composta por uma plataforma (Figura 74 e Figura 75) de 70 metros de comprimento por 30 metros de largura e calado de 8,2 pés (aproximadamente 2,5 metros). No entanto, atualmente o novo porto encontra-se desativado.



Figura 74 – Plataforma do Porto de Cachoeira do Sul. Disponível em: <<https://mapio.net/pic/p-7839352/>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 75 – Vista aérea da infraestrutura do Porto de Cachoeira do Sul. Disponível em: <<http://historiadecachoeiradosul.blogspot.com/2018/04/um-predio-enigmatico.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020

### 3.4. TRANPORTE AEROVIÁRIO

O sistema de transporte aéreo (ou aerooviário) é aquele desenvolvido no ar (por aerovias) mediante veículos denominados genericamente aeronaves, tanto para passageiros quanto cargas. Atualmente constitui o modal menos utilizado para transporte de cargas no Brasil (470,9 mil toneladas em 2018). Porém, transportou mais de 100 milhões de passageiros em 2018.

Os primeiros esforços associados ao transporte aéreo datam do século XV, quando Leonardo da Vinci realizou esboços esquematizando o funcionamento de aparelhos bem semelhantes ao helicóptero e o paraquedas, mas que nunca se transformaram em realidade. No século XVIII, pela utilização dos balões, mediante o emprego de gases mais leves que o ar (H, He), o homem alcançou finalmente seu desejo de voar.

No entanto, não seria até o início do século XX quando surgiram os aviões. Assim, em 1903, os irmãos Wright apresentaram o considerado primeiro avião nos Estados Unidos e conseguiram voar por 12 segundos a uma altura de 37 metros com ajuda de uma catapulta. Porém, o primeiro voo de forma autônoma foi realizado pelo brasileiro Alberto Santos Dumont em 1906, que conseguiu voar com um artefato mais pesado que o ar a bordo do avião 14-Bis por um percurso de 60 metros a 80 centímetros do solo (sem ajuda externa).

O modal teve sua notabilidade após a Primeira Guerra Mundial, e sobretudo a partir da Segunda Guerra Mundial, com o desenvolvimento da aviação comercial, e hoje é considerado

o transporte mais rápido e moderno. O transporte aéreo é a forma de transporte mais recente e que mais rapidamente se desenvolveu.

Entre suas características principais, destacamos a disponibilidade superficial, pois tem capacidade de alcançar todo o território, mas por razões técnicas, topográficas e ambientais tem acessibilidade pontual apenas nos aeroportos. Os helicópteros e aparelhos de tecnologia VTOL (*vertical take-off and landing*, como os drones) têm uma acessibilidade também superficial.

O transporte aéreo possui uma maior rapidez, sendo ideal para transportar mercadorias de urgência assim como passageiros a médias e grandes distâncias, ligando diferentes países e continentes com grande conforto.

Além disso, também é utilizado para o transporte de mercadorias com pouco peso e volume em longas distâncias. Comparado com outros modais, sua capacidade de carga é reduzida, daí que seja utilizado para mercadorias de maior custo e alto valor agregado.

No transporte aéreo é permitido transportar qualquer tipo de mercadoria, desde que não ofereça risco à aeronave, aos passageiros, aos operadores, às cargas, ou a quaisquer outros envolvidos. No entanto, para certas mercadorias perigosas, magnéticas, perecíveis, animais vivos, entre outras, há em alguns casos a necessidade de autorização por parte da empresa aérea e terão de ser perfeitamente identificadas para que possam ser tomados todos os devidos cuidados.

Embora apresente três graus de liberdade nos seus deslocamentos, sua flexibilidade efetiva é limitada, pois depende de terminais, do apoio terrestre (para operação e controle) e fortemente das condições meteorológicas. No entanto, apresenta alto grau de segurança, confiabilidade e eficiência. O fato da movimentação ser altamente mecanizada contribui com a redução do índice de avarias e possui fácil acesso a regiões inatingíveis por outros modais e a maiores distâncias.

Desde o ponto de vista econômico, seus fretes são relativamente altos em comparação aos outros modais (da ordem de 3 vezes maior do que o do rodoviário e 14 vezes do que o ferroviário), mas sua demanda é crescente. Tem também elevados custos de aquisição, operação e manutenção de veículos, assim como os ligados ao uso dos terminais e aos sistemas de proteção ao voo. É operado pelo setor privado.

Entre outras desvantagens, cabe destacar que o transporte aéreo obedece a um conjunto de regulamentos extremamente rígido e tem importantes externalidades, como poluição atmosférica, poluição sonora nas imediações dos terminais e eficiência energética reduzida.

### 3.4.1. Vias

Como no caso do transporte aquaviário, o transporte aeroviário tem suas vias calculadas, constituindo as rotas, localizadas através de satélites geoestacionários. Nas rotas muito frequentadas, regras mais restritas de navegação foram impostas, com determinação de horários, altura de voo e faixas de largura bem delimitada. São essas rotas que constituem as aerovias, que têm como procedimento na aproximação dos aeroportos a formação de cilindros virtuais de aeronaves em espera de aterrissagem.

De acordo com os níveis de atuação dessas rotas, podemos diferenciar:

- Linhas domésticas regionais: conectam cidades de pequeno e médio porte ou as ligam a outras linhas de maior percurso, domésticas nacionais ou internacionais.
- Linhas domésticas nacionais: presentes em aeroportos de grandes cidades ou polos econômicos de importância.
- Linhas internacionais: transporte interligando aeroportos de diferentes países, geralmente, através de grandes aeronaves, com acompanhamento e fiscalização também de Órgãos Internacionais.

### 3.4.2. Veículos

Os veículos do transporte aéreo recebem o termo genérico de aeronaves. Elas podem ter tração própria como os aviões, dirigíveis e naves espaciais, ou utilizarem as correntes aéreas, especialmente as térmicas, como o fazem planadores, balões aerostáticos e asas delta. Os propelidos ou usam motores de combustão interna com hélices, ou turbinas de jato-propulsão a querosene de aviação, enquanto as naves espaciais utilizam foguetes com propelentes químicos, como o oxigênio líquido.

Segundo sua finalidade, as aeronaves podem ser classificadas como: militares, gerais, comerciais e de serviço. Em relação à sua propriedade, podem ser de empresas comerciais de aviação, organismos governamentais, pessoas físicas e jurídicas diversas. Como os navios, constituem território do país em que estão registrados.

Em relação a sua configuração e utilização são classificados em três tipos:

- *Full Pax* — avião de passageiros (Figura 76): aeronaves exclusivamente para transportar passageiros. Possuem a parte superior destinada para o transporte de passageiros e a inferior para as cargas como bagagens e pacotes.



Figura 76 – Avião *Full Pax*. Disponível em: <[https://www.lepoint.fr/economie/les-pelerinages-de-la-mecque-vont-il-sauver-l-airbus-a380--03-09-2017-2154228\\_28.php](https://www.lepoint.fr/economie/les-pelerinages-de-la-mecque-vont-il-sauver-l-airbus-a380--03-09-2017-2154228_28.php)>. Acesso em: 27 jan. 2020

- *All Cargo* ou *Full Cargo* — avião de carga (Figura 77): aeronaves com a única finalidade de realizar o transporte de cargas, consequentemente, não transportando passageiros. Possuem uma forma robusta, e uma grande capacidade.



Figura 77 – Avião All cargo/Full cargo. Disponível em: <<http://universodosmodais.blogspot.com.br/>>.

Acesso em: 27 jan. 2020

- *Combi* ou avião misto (Figura 78): utilizadas para o transporte de passageiros e cargas. Semelhante ao Full Pax, o andar inferior é destinado as cargas. Já no andar superior, separadamente da ala de passageiros, também há um local com o propósito de acondicionar as cargas.

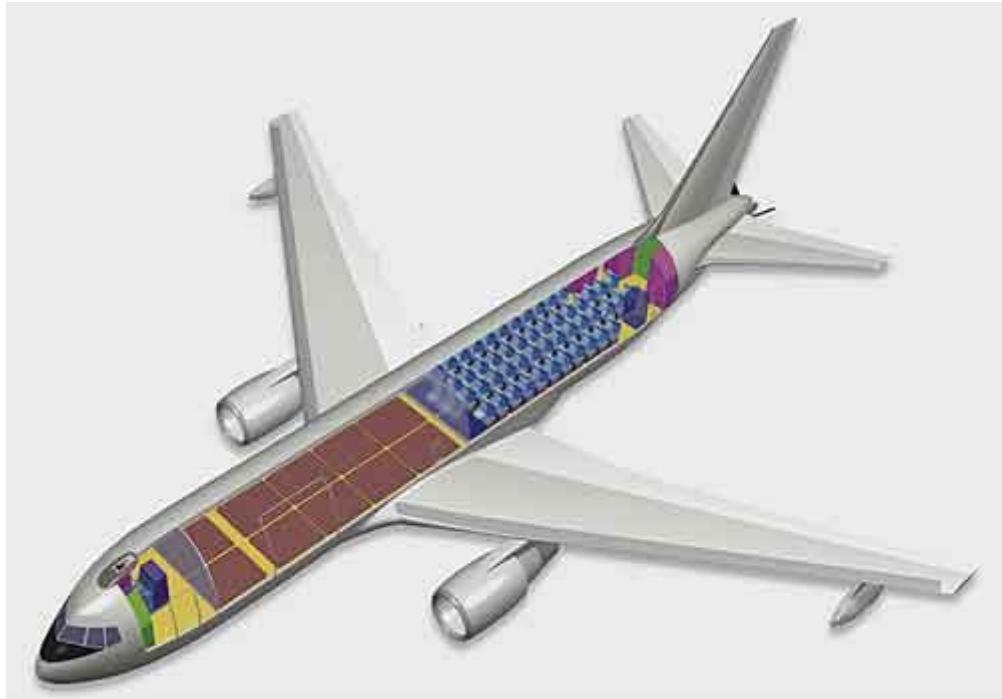


Figura 78 – Avião misto ou combi. Disponível em: <<http://rsbals.weebly.com/aeronaves.html>>.

Acesso em: 27 jan. 2020

A capacidade de carga de uma aeronave depende de seu tamanho, potência, distância a ser percorrida, configuração e tipo de utilização/finalidade a que está reservada. Com isso é perceptível que os aviões destinados somente ao transporte de cargas (*Full/All Cargo*) têm uma capacidade superior, seguidos pelas aeronaves tipo Combi e *Full Pax*.

O peso de uma aeronave é definido por sete componentes:

- Peso Operacional Vazio (POV): é o peso próprio da aeronave, com todos os itens e equipamentos necessários ao voo, excluídos a carga paga e o combustível (inclui assentos, tripulação, etc.).
- Peso Zero Combustível (PZC): é o peso da aeronave carregada sem o combustível. Matematicamente seria POV mais a carga paga.
- Carga Paga (CP): é o peso composto pela soma dos pesos dos itens que produzem renda para o transportador, tais como: passageiros e bagagens, carga e correio.
- Carga Paga Máxima Estrutural (CPM): é o máximo peso que a carga paga pode alcançar.

- Peso Máximo Estrutural de Decolagem (PMED): é o peso máximo autorizado para decolagem por razões de integridade estrutural. É composto do POV mais CP mais o peso do combustível.
- Peso Máximo Estrutural de Aterrissagem (PMEA): é o peso máximo autorizado de modo a garantir a integridade do conjunto dos trens de pouso.
- Peso Máximo de Rampa (PMR): é o peso máximo autorizado para a aeronave manobrar no solo, inclusive do táxi à cabeceira da pista. É pouco superior ao PMED.

### 3.4.3. Terminais

O terminal do transporte aéreo, que permite a intermodalidade com os transportes terrestres é denominado genericamente de aeródromo, que abrange toda a área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves.

Em relação à finalidade, podem ser de diferentes tipos:

- Civil: aeródromo destinado, em princípio, ao uso de aeronaves civis.
- Militar: aeródromo destinado, em princípio, ao uso de aeronaves militares, também denominado de base aérea.

Em relação ao uso, podem ser de diferentes tipos:

- Privado: aeródromo civil que só poderá ser utilizado com permissão de seu proprietário, sendo vedada sua exploração comercial. Denominados de campos de pouso, com instalações simplificadas.
- Público: aeródromo civil destinado ao tráfego de aeronaves em geral. Dentre eles destacam os aeroportos, todo aeródromo público dotado de instalações e facilidades para apoio de operações de aeronaves, embarque e desembarque de passageiros e cargas, em especial os aeroportos comerciais.

Um aeroporto se caracteriza pelos seguintes parâmetros técnicos de sua(s) pista(s) e instalações:

- Número, orientação e altitude das pistas.
- Comprimento, largura, pavimento e capacidade de suporte destas.
- Pistas de taxiamento de aeronaves e pátios para seu estacionamento.
- Iluminação de pistas e equipamentos fixos de aproximação.
- Radares de localização e aproximação; equipamentos de radiocomunicação.

- Edifícios de administração, embarque, desembarque e armazenagem.
- Serviços alfandegários, de controle sanitário e de polícia de fronteira.
- Tancagem, serviços de abastecimento, de bombeiros e de emergência.
- Hangares para aeronaves, oficinas de reparação e manutenção, etc.

Sobre os tipos de pistas, temos que há os seguintes tipos:

- Pistas de pouso e decolagem.
- Pista de taxiamento: por onde as aeronaves se deslocam desde a pista de pouso e decolagem até os terminais de passageiros, de cargas e hangares.
- Pista de manobra: dão acesso às áreas de manobra e espera das aeronaves junto à pista de pouso e decolagem.
- Pista de estacionamento: dão acesso aos locais de estacionamento das aeronaves junto aos terminais.

Além desses aspectos específicos de infraestrutura, um aeroporto também está caracterizado pelo seu espaço aéreo, que tem por finalidade regulamentar e organizar o uso do solo nas áreas circunvizinhas aos aeródromos, sendo um documento de aplicação genérica ou conjunto de superfícies imaginárias, bi ou tridimensionais, que estabelece as restrições impostas ao aproveitamento das propriedades localizadas dentro da denominada Zona de Proteção de um aeródromo.

O espaço aéreo de um aeroporto define uma série de gabinetes que não podem ser ultrapassados, impondo limites quanto à presença de edificações e outros objetos, naturais ou artificiais, que venham a representar perigo ou risco às operações aéreas.

#### **3.4.4. Sistemas de operação e controle**

Devido ao transporte aerooviário apresentar três graus de liberdade em virtude da sua capacidade de deslocamento no espaço, são necessárias especiais medidas de operação e controle, muito rígidas, como foi comentado anteriormente.

A capacidade horária de uma dada configuração de pista é definida de acordo com as condições de operação do tráfego aéreo no local, podendo ser:

- Visual - *Visual Flight Rules* (VFR): operação de aeronaves sujeita a regras de voo visual.

- Por instrumentos - *Instrument Flight Rules* (IFR): operação de aeronaves em aproximação sujeita às regras de voo por instrumento. Este tipo de controle pode ser realizado mediante aproximação de não precisão (baseada em auxílios de rádio que não possuem indicação eletrônica de trajetória de planeio) ou aproximação de precisão (sistema de pouso automático do aeroporto, usado para pouso em baixa visibilidade).

Por outro lado, dentro do sistema de controle aparece como fator essencial o treinamento de pilotos e copilotos, junto com o nível técnico e disciplinar dos controladores de voo, em especial nas áreas circunvizinhas dos aeroportos.

O emprego de radares de identificação e controle de aproximação de alta precisão, e os modernos sistemas de telecomunicações torre-aeronave, acoplados a processadores digitais, têm contribuído à eficiência e segurança das fases críticas de aterrisagem e decolagem, mesmo sob condições meteorológicas e de visibilidade críticas e com frequências de operação na casa dos segundos.

O sistema de operação e controle do modal aerooviário tem a atuação de cinco Organismos Internacionais de Controle:

- OACI/ICAO – Organização de Aviação Civil Internacional / *International Civil Aviation Organization*. Órgão da Organização das Nações Unidas (ONU) com sede em Montreal – Canadá, criada a partir da Convenção de Chicago em 1944. Congrega mais de 150 países, que discutem e fixam direitos e deveres de seus membros com o objetivo de homogeneizar o transporte aéreo internacional.
- Convenção de Chicago. A Carta da Convenção de Aviação Civil Internacional determina regras acerca do espaço aéreo, passagem e aterrisagem por outras nações, registro de aeronaves e segurança de voo, bem como detalha os direitos dos signatários com respeito ao transporte aéreo. De forma geral, trata das denominadas liberdades do ar. O tratado foi firmado em 7 de dezembro de 1944, em Chicago, EUA, por 52 Estados, e entrou em vigor em 4 de abril de 1947.
- IATA - Associação Internacional do Transporte Aéreo. Congrega companhias aéreas de quase todo o mundo, e define tarifas e condições de serviço para os transportadores. Sediada em Genebra (Suíça).

- ACI - Conselho Internacional dos Aeroportos. Reúne as principais companhias administradoras de aeroportos. A INFRAERO é a representante brasileira. Tem sua sede em Montreal.
- FAA - Administração Federal da Aviação. Órgão regulamentador norte-americano cujos regulamentos e circulares técnicas sobre aeronaves, tripulação, espaço e tráfego aéreo, etc. são reconhecidos internacionalmente.

As regras de operação da OACI são complementadas pelos regulamentos internos de cada país, que organizam e disciplinam a utilização de seu espaço aéreo. No Brasil, o gerenciamento do Transporte Aéreo Brasileiro (TAB) é feito pelo Ministério da Defesa (Comando da Aeronáutica) com a finalidade de apoiar, controlar e desenvolver a aviação civil no Brasil.

Outros órgãos brasileiros de controle do modal aeroviário são:

- A SAC/PR (Secretaria de Aviação Civil da Presidência da República), ligada à Presidência da República, que elabora estudos e projeções relativos aos assuntos de aviação civil e de infraestruturas aeroportuárias e aeronáutica civil. Dela dependem os dois seguintes órgãos.
- A ANAC (Agência Nacional da Aviação Civil), principal organismo brasileiro que substituiu o antigo DAC (Departamento da Aviação Civil). É uma autarquia especial, vinculada à SAC/PR, que tem como atribuições regular e fiscalizar as atividades de aviação civil e de infraestrutura aeronáutica e aeroportuária. Funcionando como ANAC no âmbito regional, existem as sete Gerências Regionais da ANAC (GERs), que substituíram os Serviços Regionais de Aviação Civil (SERAC) e atuam como elo entre a agência e a comunidade aeronáutica, exercendo as funções de fiscalização e orientação nas diversas áreas de atuação do sistema de aviação civil.
- A INFRAERO (Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária), também vinculada à SAC/PR, tem a 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/PR.
- O DECEA – Departamento do Controle do Espaço Aéreo é o órgão que tem a responsabilidade da gerência de todo o sistema de proteção ao voo no Brasil.

Em relação com o sistema aéreo desde o ponto de vista militar, as bases aéreas, por sua vez, estão organizadas através de uma divisão regional do território brasileiro, onde cada região (em um total de sete) fica subordinada a um Comando Aéreo Regional (COMAR). São eles:

- I. Pará, Amapá e Maranhão;
- II. Piauí, Rio Grande Do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia;
- III. Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais;
- IV. São Paulo e Mato Grosso do Sul;
- V. Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul;
- VI. Mato Grosso, Tocantins e Goiás; e
- VII. Amazonas, Acre, Rondônia e Roraima.

### **3.4.5. Transporte aeroviário no Brasil**

O transporte aéreo no Brasil começou a ser explorado durante a década de 1920, através de *Compagnie Générale Aéropostale* e a *Condor Syndikat*. Em 1927 foi fundada a Viação Aérea Rio Grandense (VARIG) e em 1933 passou a operar a Viação Aérea São Paulo (VASP). A partir da década de 1940, o mercado aéreo passou a ser ocupado por entidades nacionais e estrangeiras. Com o fim da Segunda Guerra, muitas outras companhias foram criadas no país.

O Sistema Aeroportuário Brasileiro é constituído pelo conjunto de aeródromos do país, tanto comerciais como bases aéreas. Sua importância faz dele um dos cinco maiores sistemas de aviação civil do Mundo:

- 4º maior transportador doméstico.
- 2500 aeródromos.
- 742 588 aeródromos públicos.
- 99 aeroportos, sendo 18 internacionais e 81 para voos regionais, o que faz do Brasil o segundo país do mundo com maior número de aeroportos, só depois dos Estados Unidos.
- 2ª maior frota de aviação.

### **3.4.6. Transporte aeroviário no Rio Grande do Sul**

O Rio Grande do Sul possui um total de 67 aeródromos, sendo 52 aeroportos em operação. Os aeroportos de Porto Alegre, Santa Maria, Pelotas, Caxias do Sul, Passo Fundo e

Santo Ângelo possuem tamanhos de pista capazes de possibilitar a utilização de aeronaves de maior porte para transporte de carga.

Esses seis terminais são os aeroportos com maior movimentação de cargas no Estado, com exceção do aeroporto de Santa Maria, que não possui terminal de carga, e o aeroporto de Caxias do Sul, que possui pequena movimentação de mercadorias, devido à limitação de espaço de seu terminal de cargas, porém possui relevante movimentação de passageiros.

Existem quatro aeroportos internacionais no Estado: Salgado Filho – Porto Alegre; Comandante Gustavo Kraemer – Bagé; João Simões Lopes Neto – Pelotas; e Rubem Berta – Uruguaiana.

No Governo do Estado, vinculado à Secretaria dos Transportes, existe o Departamento Aeroportuário (DAP), que, dentre outras atribuições, propõe e executa, uma vez aprovada, a política de transporte aéreo do Estado, assim como planeja, projeta e constrói aeroportos de interesse do Estado.

### **3.4.7. Transporte aeroviário em Cachoeira do Sul**

Na década de 40, mais precisamente no ano de 1945, iniciou-se o transporte pelo modal aeroviário em Cachoeira do Sul, a princípio como um ponto facultativo no plano de viagem da empresa VARIG na linha Porto Alegre – Cachoeira do Sul – São Gabriel – Alegrete – Uruguaiana, e também foi utilizado no mesmo período pela SAVAG, outra empresa gaúcha de aviação.

O Aeroporto Municipal de Cachoeira do Sul, também conhecido como Aeroporto Nero Moura, localiza-se a 10 quilômetros do centro da cidade, possui pista pavimentada e sinalizada de 1.018 metros de comprimento (Figura 79), sendo disponível para aterrissagem e decolagem de aviões de médio porte. Porém, nos últimos anos, a pista de pouso e decolagem está sendo utilizada exclusivamente por uma escola formadora de pilotos agrícolas e por empresas de aplicação de agrotóxicos. A administração é responsabilidade da Prefeitura.

## **3.5. TRANSPORTE DUTOVIÁRIO**

O modal dutoviário é o meio de transporte que conduz produtos através de canos/tubos cilíndricos ocos desenvolvidos de acordo com normas internacionais de segurança. A diferença dos modais anteriores, é utilizado unicamente para o transporte de cargas, como produtos

derivados do petróleo (conhecidos como oleodutos) para derivados de minério (chamados de minerodutos), também para gases (gasodutos) e grãos. O produto se desloca, seja por gravidade ou por pressão ou ainda por arraste pelo elemento transportador no interior do duto.



Figura 79 – Vista aérea da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Nero Moura de Cachoeira do Sul.

Disponível em: <<http://voarnaoeolimite.blogspot.com/2010/11/cachoeira-do-sul-porto-alegre.html>>.

Acesso em: 27 jan. 2020

Trata-se de modalidade de emprego bastante antigo na área de equipamentos urbanos, em especial na adução e distribuição de água à população e na captação e deposição de esgotos domiciliares, funções que o caracterizam até hoje como a modalidade de maior uso em tonelagem e volume, embora por suas características nestes campos tenha saído da órbita dos transportes para a do saneamento urbano.

Com o passar do tempo e a descoberta do petróleo, de grande importância na economia mundial, este modal passou a transportá-lo também na forma bruta entre os campos de extração e as estações processadoras. Em 1865 foi construído o primeiro oleoduto, com 2" de diâmetro, de ferro fundido e ligando um campo de produção à uma estação de carregamento de vagões, com uma extensão de 8 km na Pensilvânia (EUA). Em 1930, teve início o transporte de produtos refinados entre a Refinaria de Bayway, próximo à Nova York e a cidade de Pittsburgh (EUA).

O transporte dutoviário tem disponibilidade linear em seu eixo geométrico. Como oferece poucas restrições de acesso, pode-se dizer que tem disponibilidade linear. Em relação a sua estrutura de custo, possui custo fixo elevado por conta dos direitos de acesso, construção, requisitos para controle de estações e capacidade de bombeamento. Porém, o custo variável é baixo, graças à escassa mão de obra empregada, ao baixo consumo de energia em relação ao volume transportado de carga e a grande capacidade de transporte. A implantação da

infraestrutura é relativamente fácil, mas com investimento inicial elevado, permitindo atravessar até os terrenos mais difíceis entre os pontos de origem e destino pelo caminho mais direto possível. Possui longa vida útil.

A utilização do transporte dutoviário é ainda limitada a poucos produtos. Destina-se principalmente ao transporte de líquidos e gases em grandes volumes e materiais que podem ficar suspensos (petróleo bruto e derivados, minérios). A movimentação via dutos é bastante lenta, sendo contrabalançada pelo fato de que o transporte opera 24 horas por dia e sete dias por semana.

Como vantagens, o transporte dutoviário é o mais confiável de todos, pois não oferece o risco de paralisação por alternâncias climáticas ou atmosféricas, diurnas ou noturnas. Além disso, os danos e perdas de produtos são baixos, sendo o fluxo de produtos monitorado e controlado por computador. Como desvantagem está a lentidão na movimentação dos produtos (em geral entre 2 e 10 km/h, o que inviabiliza seu uso para o transporte de perecíveis), mas, como funciona continuamente 24 horas por dia, o volume transportado se compara com o dos demais transportes. Assim, é extremamente econômico para volumes expressivos.

O processo de carga e descarga é simplificado, pois devido ao fato do produto se deslocar, seja por gravidade ou por pressão, faz com que seja reduzida a necessidade de manuseio da carga e pode-se reduzir a necessidade de armazenamento e de utilização de mão de obra. Porém, o pessoal atuante é de alta especialização, já que suas operações envolvem tecnologias avançadas para implantação e acompanhamento de todo processo.

O acionamento para impulsão do produto pode ser feito por moto-bombas elétricas, o que elimina problemas de emissão de gases, que também não existem durante o transporte. Sua via tem pouca interferência nos demais modais e sua operação é tipicamente gerida pelo setor privado.

### **3.5.1. Vias**

As vias do transporte dutoviário são as dutovias, que são compostas por tubos que percorrem um traçado pré-definido em projeto. A movimentação dá-se por gravidade e através de sistemas de bombeamento (Figura 80). Os sistemas de bombeamento baseiam-se na variação de pressão entre zonas, onde os produtos propagam-se das zonas de mais elevada pressão para zonas de pressão mais reduzida. Com certa frequência, portanto, há a necessidade de

interromper as vias a fim de realizar bombeamento em alguma estação propulsora ou armazenamento em silos.



Figura 80 – Dutovias e estação de bombeamento. Disponível em:

<<https://www.opetroleo.com.br/gasoduto-e-inaugurado-para-gerar-mais-empregos-em-tres-lagoas/>>.

Acesso em: 27 jan. 2020

As dutovias recebem o nome do produto que transportam em razão das particularidades que estabelecem para elas, principalmente no que diz respeito ao sistema propulsor e ao material que as formam. Assim, temos os seguintes tipos de dutovias:

- Oleodutos: transportam petróleo e seus derivados líquidos, como óleo, combustível, gasolina, diesel ou etanol. Utilizam-se do sistema de bombeamento.
- Gasodutos: transportam gás natural, entre outros tipos de gases. Seu funcionamento é muito similar aos oleodutos, mas contando com especiais sistemas de propulsão de carga (compressores).

- Polidutos: por definição, são capazes de transportar mais de um produto, havendo necessidade da decisão de como os produtos são sequenciados dentro desses polidutos. Por exemplo, petróleo e derivados como gasolina, querosene, diesel, etc. e outras cargas não derivadas do petróleo, como etanol, CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono) e CO<sub>3</sub> (Trióxido de Carbono),
- Minerodutos: voltados ao transporte de material sólido como, por exemplo, o minério de ferro ou cimento. Este produto sólido ou em pó é transportado no duto por meio de um fluido portador, como água ou ar, dependendo da carga, a curtas distâncias, ou também mediante bombas especiais.
- Carboduto: transportam carvão e resíduos sólidos. A diferença com os anteriores é a utilização de cápsulas que contêm a carga. Portanto, a dutovia transporta realmente o material encapsulado, impulsionada por um fluido portador, água ou ar.
- Dutos de água potável: que realizam o transporte da água para o consumo da população, desde a origem (mananciais ou fontes) até as estações de tratamento, assim como desde elas até reservatórios intermediários ou diretamente para distribuição nos clientes finais. As tubulações envolvidas na coleta e distribuição são denominadas adutoras.
- Dutos de esgoto: transportam as águas servidas ou esgotos produzidos pelo homem até o destino final, em princípio uma estação de depuração ou, infelizmente em muitos casos, vertidos nos rios ou poços, sem controle adequado.

Além desses produtos, atualmente existem estudos de implantação de dutos para a movimentação de grãos da produção agrícola de determinadas regiões.

Quanto ao material, encontramos os seguintes tipos de dutos:

- Duto de aço: é resistente a intempéries e a alta pressão, sendo, portanto, mais adequado quando requer intenso uso de bombeamento. Pode ter grande extensão e a emenda usual é a solda. Exemplos de aplicação são nos oleodutos, gasodutos e minerodutos.
- Duto de concreto armado: mais utilizado para distâncias menores e quando se tem maior uso da gravidade. A emenda usual é a argamassa de cimento. Exemplos de aplicação temos na condução de águas pluviais e esgoto sanitário.
- Duto de PVC: sistema mais usual em gravidade, bastante utilizado para pequenas distâncias, pouca pressão e baixa temperatura. Apresenta a vantagem da fácil

aquisição e instalação. A emenda usual é com uso de luvas. Alguns exemplos de aplicação são a condução de água potável, esgoto, instalações residenciais, prediais e industriais.

- Duto de cobre: mais utilizado para distâncias menores, os dutos são acoplados por conexões de cobre ou bronze por soldagem capilar. Exemplos de aplicação temos para refrigeração e ar condicionado, instalações de água fria, água quente, gás, incêndio e energia solar.

Quanto à posição também podemos classificar as dutovias. Assim, muitas dutovias são subterrâneas e/ou submarinas, considerado uma vantagem, pois minimizam os riscos causados por outros veículos. Dutos subterrâneos são enterrados de forma a serem mais protegidos contra intempéries e acidentes provocados por outros veículos e máquinas agrícolas, contra a curiosidade e vandalismo. Os dutos enterrados estão mais seguros em caso de rupturas ou vazamentos do material transportado devido à grande camada de terra que os envolve, o que também diminui o impacto ao meio ambiente. Geralmente este duto é enterrado de 80 a 90 cm abaixo do solo, portanto não há muita remoção de terra no local em que está sendo instalado.

Por sua parte, os dutos submarinos são aqueles onde a maior parte da tubulação encontra-se submersa, embaixo da água (mares, rios, lagos), fixos no solo. São bastante utilizados para transporte de petróleo junto às plataformas marítimas e até suas refinarias e para atravessar baías ou canais de acesso a portos.

Também encontramos dutos aparentes, que são aqueles visíveis no solo, o que normalmente acontece nas chegadas e saídas das estações de bombeio, nas estações de carregamento e descarregamento e nas estações de lançamento/recebimento de “PIG’s” - aparelhos/sensores utilizados na limpeza e detecção de imperfeições ou amassamentos na tubulação. Dependendo do terreno, se muito acidentado ou rochoso, a instalação de dutos subterrâneos torna-se difícil e até mesmo inviável economicamente. Sendo assim, a linha é suspensa acima do solo, fixada em estruturas que servirão de sustentação e amarração para a tubulação (chamadas de berço de concreto).

Finalmente, os dutos aéreos são aqueles colocados bem acima do solo, necessários para vencer grandes vales, cursos d’água, pântanos ou terrenos muito acidentados. Sua sustentação é feita por torres metálicas nas extremidades, e se for necessário devido à distância, torres intermediárias. O duto é preso a essas torres por cabos de aço para poder manter sua suspensão

a muitos metros do solo. Os terminais, junções e equipamentos de propulsão ficam todos em solo.

### **3.5.2. Veículos**

O veículo do modal dutoviário é outra das principais particularidades deste modal, pois não existe propriamente dito. Assim, o veículo é o próprio produto bombeado, seja o petróleo e seus derivados, gás natural ou ar, os minérios e grãos, etc. Cada partícula impulsiona as que a antecedem, assim formando uma corrente contínua, direcionada pela tubulação, que é a via.

### **3.5.3. Terminais**

Como foi comentado anteriormente, os terminais do modal dutoviário são pontos estrategicamente construídos, segundo normalmente as condições de mercado, destinados a abrigar os equipamentos de propulsão do produto, assim como para a armazenagem do produto para:

- Ser redistribuído por redes de dutovias menores ou por outros modais para o consumo ou exportação.
- Aguardar a demanda de mercado para ser transportado posteriormente.
- Abastecer as linhas de produção de produtos derivados, nas indústrias consumidoras.

### **3.5.4. Sistemas de operação e controle**

Como se trata de uma modalidade com apenas um grau de liberdade em sua movimentação, os controles se restringem a:

- Controle da velocidade imprimida pelas bombas, evitando tanto as baixas que permitiriam a sedimentação, como as altas que, conforme o produto, levariam à erosão dos tubos.
- Encaminhamento às derivações de tubulação para alcançar instalações de tancagem ou sistemas de distribuição.

### **3.5.5. Transporte dutoviário no Brasil**

A participação de dutovias no Brasil iniciou-se na década de 1950, evoluiu gradativamente nos anos 60, tendo apresentado importante incremento e aperfeiçoamento deste modo de transporte na década de 70 e início de 80, com importantes obras como a construção do Oleoduto São Sebastião / Paulínia (SP) (226 km) e Angra dos Reis / Caxias (RJ) (125 km), entre outros. Destaca-se a recente construção do gasoduto Brasil-Bolívia, o maior da América Latina, com 3.150 km, sendo 2.593 km (82,3%) no Brasil.

No Brasil, a malha dutoviária é atualmente de aproximadamente 22.000 quilômetros, ocupando o 16º posto no ranking mundial, o que ainda é pouco se for levada em consideração a produção massiva nos setores do petróleo e da mineração, principais demandantes deste tipo de transporte. De fato, atualmente, aproximadamente 95% do etanol brasileiro, por exemplo, é transportado por rodovias.

É competência da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, que se articula com entidades operadoras do transporte dutoviário, para resolução de interfaces intermodais e organização de cadastro do sistema de dutovias do Brasil.

Como atualmente os oleodutos e gasodutos são os dois tipos de dutovias que representam maior importância neste segmento, outros assuntos relacionados são de responsabilidade da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP.

### **3.5.6. Transporte dutoviário no Rio Grande do Sul**

O modal dutoviário é responsável no Rio Grande do Sul por grande parte do transporte de petróleo cru e derivados de petróleo que abastecem a refinaria e o Polo Petroquímico do Estado. A rede dutoviária também é responsável pelo transporte de gás natural para a geração de energia, fornecimento industrial e para o abastecimento de veículos e uso doméstico.

A rede dutoviária atual do Rio Grande do Sul é constituída basicamente por 14 dutovias, oito delas operando com petróleo cru e derivados e seis dutovias operando com gás natural. Cinco dutovias de gás natural são derivadas do gasoduto Brasil-Bolívia, que percorre 1176 quilômetros entre Paulínia (SP) até a Canoas (RS) e teve o início das suas operações no ano de 2000; e uma única dutovia é proveniente do gasoduto Brasil-Argentina, nas imediações de Uruguaiana, para o qual existe o planejamento de conexão até Porto Alegre.

### 3.5.7. Transporte dutoviário em Cachoeira do Sul

O modal dutoviário é o único dos transportes de cargas que não se encontra disponível atualmente no município de Cachoeira do Sul, porém, está como parte integrante como uma das cidades que abrigará a infraestrutura do gasoduto entre Porto Alegre a Uruguaiana, que, proporcionará a interligação das jazidas do Brasil, da Argentina e da Bolívia (Figura 81).



Figura 81 – Infraestrutura do gasoduto Uruguaiana – POA (Concessão: Sulgás). Disponível em: <[https://www.jornaldocomercio.com/\\_conteudo/economia/2020/01/719077-projeto-de-gasoduto-uruguaiana-porto-alegre-volta-a-ganhar-forca.html](https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/economia/2020/01/719077-projeto-de-gasoduto-uruguaiana-porto-alegre-volta-a-ganhar-forca.html)>. Acesso em: 27 jan. 2020

## 3.6. MODOS DE TRANSPORTE NÃO MOTORIZADOS

Priorizar os modos de transporte não motorizados constitui um dos elementos estruturadores da Política Nacional de Mobilidade Urbana, estabelecida pelo Ministério das Cidades, a qual indica a importância de se proporcionar o acesso amplo e democrático aos espaços urbanos, de forma efetiva, que não gere segregações espaciais, que sejam socialmente

inclusivas e ecologicamente sustentáveis. Os modos de transporte não motorizados correspondem aos deslocamentos dos pedestres (Figura 82), por bicicleta (Figuras 83 e 84) e mediante veículos de tração animal (Figura 85), assim como os recentes patinetes elétricos (Figura 86).

A infraestrutura relacionada a este modais é compartilhada comumente com o modal rodoviário, mas existem algumas vias específicas, como são as calçadas, calçadões e áreas de passeio (para pedestres, em vias urbanas, normalmente segregada e em nível diferente, não destinada à circulação de veículos, mas frequentemente utilizada para implantação de mobiliário urbano, sinalização, vegetação, etc.) (Figura 82), ciclovias (pista própria destinada à circulação de ciclos, separada fisicamente do tráfego comum), ciclofaixas (quando compartilha da estrutura viária existente, podendo ser separada fisicamente ou não com a utilização de tachões, piquetes e outros elementos, porém sempre sinalizada horizontalmente através de pintura) (Figura 84) e ciclorrotas (junto com o tráfego motorizado normal, apenas com sinalização específica advertindo da presença expressiva de ciclistas na via).



Figura 82 – Área de passeio. Disponível em:

<<http://blogs.diariodepernambuco.com.br/mobilidadeurbana/2014/07/calçada-com-faixa-exclusiva-para-usuarios-de-celular-nos-usa/>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 83 – Ciclovia. Disponível em: <<https://www.thecityfixbrasil.org/2016/10/18/como-a-bicicleta-esta-incluida-nos-planos-de-mobilidade-urbana/>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 84 – Ciclofaixa. Disponível em: <<http://vadebike.org/2014/08/fotos-inauguracao-ciclovia-vergueiro-liberdade-centro-viaduto-cha/>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 85 – Veículo de tração animal. Disponível em: <<https://www.peixeurbano.com.br/sao-bernardo-do-campo/rancho-do-comanche/passeio-a-cavalo-ou-charrete>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 86 – Patinetes elétricos. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/923044/as-regras-para-o-uso-de-patinetes-eletricos-em-sete-cidades-brasileiras>>. Acesso em: 27 jan. 2020

Os modos de transporte não motorizados, fundamentalmente a pé e de bicicleta, estão obtendo grande importância nas sociedades atuais, pois geram poupança de energia e recursos

econômicos, diminuem os custos do transporte, a dependência dos combustíveis fósseis, as emissões poluentes (gases, ruído...), os congestionamentos de tráfego e os acidentes de trânsito, enquanto ao mesmo tempo aumentam a mobilidade e acessibilidade da população e favorecem a preservação ambiental. Por essa razão, são chamados de modos de transporte sustentáveis, pois permitem satisfazer as necessidades presentes sem comprometer a satisfação das necessidades das gerações futuras.

Porém, para que isso seja viável, é necessária uma mudança de cultura e conscientização da sociedade acerca dos benefícios desses modos de transporte e que sistemas de transporte mais atrativos geram mais deslocamentos e consequentemente mais comercialização de bens, especialização, concorrência, empregos, saúde e qualidade de vida, entre outros benefícios. Além dessa mudança de pensar, mas aliada à mesma, se mostra indispensável a construção, manutenção e melhora das infraestruturas para pedestres e ciclistas nas cidades, junto a divulgação dos seus benefícios à população.

### **3.7. OUTROS MODAIS DE TRANSPORTE**

Além dos cinco modais de transporte principais e dos não motorizados, existem outros menos destacados ou menos estendidos, mas que também formam parte do sistema de transporte em geral. São chamados de modais de transporte secundários ou periféricos. Entre eles encontramos os teleféricos, elevadores e esteiras.

Os teleféricos são cabines suspensas por cabos, usadas no transporte de passageiros ou cargas. Sua utilização se dá em locais íngremes (Figura 87), áreas de preservação, florestas, vales e montanhas (suportando inclinações maiores que 45 graus), ou em locais planos, para traslados em terminais ou entre fábricas em áreas densamente urbanizadas.

As correias ou esteiras transportadoras (Figura 88) servem tanto para o transporte de cargas quanto para transporte de pessoas. No transporte de cargas, normalmente são empregados para o transporte de carga geral ou materiais a granel sólidos, como grãos não embalados, a distâncias bastante reduzidas.

Para o transporte de pessoas, uma variante das esteiras é a escada rolante (Figura 89), presente em aeroportos e outros terminais de transporte de grandes dimensões, shoppings, acessos a prédios públicos, entre outros locais.



Figura 87 – Teleférico. Disponível em: <<https://www.mobilize.org.br/noticias/10345/salvador-inicia-projeto-de-teleferico-integrado-ao-metro.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 88 – Correia transportadora. Disponível em: <<https://www.logismarket.ind.br/equipecon/correia-transportadora/2942278712-1179618388-p.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 89 – Escadas rolantes. Disponível em: <<https://extra.globo.com/noticias/economia/shopping-condenado-pagar-indenizacao-de-3-mil-cliente-que-ficou-presa-em-escada-rolante-9052731.html>>.

Acesso em: 27 jan. 2020

E, finalmente, temos os elevadores, que transportam pequenos volumes de cargas (Figura 90) e pessoas (Figura 91) em diferentes locais. Por causa das leis da física, elevadores não podem se deslocar a alturas maiores do que cerca de 500 metros, pois, genericamente, alturas maiores que essa fariam com que os cabos ficassem muito pesados a ponto de não sustentar o próprio peso.



Figura 90 – Elevador de carga. Disponível em: <<http://tanner.com.br/>>. Acesso em: 27 jan. 2020



Figura 91 – Elevador de pessoas. Disponível em: <<http://www.inspenge.com.br/2015/11/elevadores-o-preco-total-que-voce-paga.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020

Juntamente com as esteiras e escadas rolantes, são considerados os modais de transporte mais seguros do mundo, pois diariamente transportam milhões de pessoas e toneladas de carga com índices baixíssimos de acidentes.

## 4. COORDENAÇÃO DAS MODALIDADES DE TRANSPORTES

A redução do custo de transportes é essencial para garantir a competitividade das federações em suas relações comerciais, buscando soluções inovadoras e otimizadas. O transporte combinado, conceito utilizado para designar o transporte de mercadorias em que grande parte do itinerário percorrido se efetua de comboio ferroviário, ou por via marítima e, o menos possível, por rodovia, sendo esta utilizada só na etapa inicial e final, é uma das alternativas de redução de custo.

Cada modal apresenta suas próprias características, que os tornam mais adequados para certos tipos de operações e produtos. A coordenação das modalidades de transporte permite distribuir os meios de transporte por estradas, ferrovias, dutovias, aquavias e aerovias, procurando aproveitar melhor as qualidades das diversas modalidades, de forma a aperfeiçoar técnica e economicamente os deslocamentos de pessoas e bens.

Quanto ao relacionamento das modalidades de transporte, os modais de transporte podem ser:

- Substitutivos: o uso de uma modalidade dispensa o uso de outra.
- Complementares: quando os serviços não podem ser realizados por apenas um meio (dando origem, portanto, ao transporte intermodal e/ou multimodal).

### 4.1. INTERMODALIDADE E MULTIMODALIDADE

A intermodalidade no transporte de cargas descreve um carregamento que utiliza vários modais de transporte, dentre as cinco opções principais, do ponto de partida ao ponto de destino. Recentemente, o significado evoluiu para limitar o uso desse termo à carga para qual é emitido um documento para cada uma das atividades executadas, de forma que cada transportador assume responsabilidade exclusivamente por seu transporte. Assim, a responsabilidade do trajeto completo entre a origem e o destino recai no embarcador.

No entanto, há falta de unicidade tanto na definição do conceito quanto na nomenclatura na literatura especializada, de forma que muitas vezes a intermodalidade é abordada também pelo termo multimodalidade. O conceito de multimodalidade no Brasil é definido pela Lei 9.611 de 19 de fevereiro de 1998, a qual diz que o “transporte multimodal de cargas é aquele que é

regido por um único contrato, utiliza duas ou mais modalidades de transporte, desde a origem até o destino e é executado sob a responsabilidade única de um Operador de Transporte Multimodal (OTM)”. Dessa forma, na Multimodalidade é emitido apenas um documento de conhecimento de carga pelo próprio OTM.

## **4.2. OPERAÇÕES DE COORDENAÇÃO DOS TRANSPORTES**

Em todas as operações de coordenação dos transportes os terminais representam um elemento fundamental. Portanto, para uma boa performance, é necessário que os terminais sejam projetados e equipados adequadamente, assim como seus acessos. Do mesmo modo, o funcionamento ininterrupto dos terminais e os sistemas em geral, a simplificação dos procedimentos burocráticos e o treinamento do pessoal especializado favorecem a coordenação e integração dos transportes.

Quando possuem características específicas que favorecem a integração dos diferentes modais de transportes de cargas, os terminais recebem nomes como “centros logísticos”, “plataformas logísticas” ou “zonas de atividades logísticas” (ZAL), em que existem instalações físicas que atendem o transbordo de cargas, além de outros serviços, como gestão da informação, o armazenamento, a preparação de pedidos, o agrupamento, a embalagem, a etiquetagem, alfândega e fiscalização aduaneira, apoio às transportadoras e trabalhadores do sistema e outras. No caso de Operadores de Transporte Multimodal, todos estes serviços ficam sob sua responsabilidade.

Assim, nos terminais podemos encontrar as seguintes operações fundamentais:

- Conexão: termo utilizado no transporte de passageiros quando há troca de veículo no terminal para completar a viagem.
- Escala: também na operação de transporte de passageiros, mas no caso em que há uma parada intermediária na viagem sem necessidade da troca de veículo.
- Transbordo: termo utilizado no transporte de carga para designar a operação onde a mercadoria é retirada de um veículo A e colocada em um veículo B, no mesmo terminal. Podem ser dos seguintes tipos:
  - Quanto à armazenagem: direto (do veículo A ao veículo B sem armazenagem) ou indireto (a carga, após ser retirada do veículo A, é armazenada e posteriormente carregada no veículo B).

- Quanto à modalidade: unimodal (veículo A e veículo B do mesmo modal), multimodal (veículo A e veículo B de modais diferentes, envolvendo a emissão de um único conhecimento) ou intermodal (veículo A e veículo B de modais diferentes, com emissão de diferentes documentos).
- Consolidação de cargas: consiste em criar conjuntos de cargas a partir de várias outras de menor tamanho. Favorece economias de escala, reduzindo custos pela repetitividade das operações que seriam realizadas com as unidades individuais. Para evitar atrasos desnecessários, é preciso um bom gerenciamento, pois é necessário saber se as cargas podem esperar para serem consolidadas ou não.
- *Crossdocking*: representa uma operação onde produtos, muitas vezes por serem perecíveis, não são armazenadas no terminal, de forma que passam diretamente ao transporte para os pontos de venda. Ou seja, se dá quase um transbordo direto, reduzindo o processo de armazenagem ao mínimo possível.

No caso específico das cargas, com apoio ou não das técnicas anteriores, são três as operações de coordenação de transporte possíveis:

- Transferência: deslocamento de longa distância em um determinado veículo, no qual a carga é embarcada em um terminal A e apenas desembarcada em um terminal B de diferentes cidades.
- *Milk Run*: é a operação em que a empresa não espera receber seus insumos por parte dos fornecedores, mas os procura diretamente neles. Para isso o empresário programa o momento exato em que vai retirar os insumos desejados na quantidade especificada de cada origem, de forma que realiza uma sequência de retiradas junto aos seus fornecedores.
- *Piggy-Back*: é a operação em que o transporte de um veículo é feito por outro. Por exemplo, quando um vagão ferroviário transportar uma carreta sobre uma chapa chata, ou quando um *ferry boat* transporta essa carreta.

### **4.3. EQUIPAMENTOS E TÉCNICAS DE COORDENAÇÃO DE TRANSPORTES**

Nas operações necessárias para facilitar a coordenação do transporte de cargas em viagens intermodais ou multimodais, assim como para o carregamento e descarregamento das

mercadorias nos terminais de transporte, jogam um papel fundamental determinados equipamentos que serão estudados na presente seção.

### **4.3.1. Para cargas unitizadas**

Os equipamentos de coordenação de transportes apresentam particularidades diferentes de acordo com o tipo de carga movimentada. Os mais destacados são os projetados para cargas unitizadas, como contêineres, paletes ou *pallets*, *piggy-backs* e *roadrailers*.

A unitização das cargas apresenta interessantes vantagens, como as seguintes:

- Melhor utilização e racionalização do espaço destinado à carga.
- Redução do tempo de carga e descarga, armazenamento e movimentação, cujas operações ficam simplificadas.
- Redução da necessidade de mão de obra ao diminuir a quantidade de volumes manipulados.
- Aumento da produtividade dos transportes.
- Redução dos custos de transporte.
- Redução da ocorrência de perdas e roubo.
- Redução de acidentes pessoais.
- Facilidade no uso integrado dos diversos meios de transporte.

#### **4.3.1.1. Contêineres**

Os contêineres consistem em caixas de carga construídas em aço, alumínio ou fibra com a suficiente robustez que permitam sua reutilização continuada com a adequada segurança. O material mais utilizado é o aço, por ser resistente e durável, embora mais pesado que os outros. A fibra é a opção mais barata e também é usado material de borracha para o transporte de líquidos em contêineres infláveis, que propiciam o retorno vazio. Muito empregado na integração com a modalidade aquaviária, mas já estendido nos modais terrestres, sendo atualmente utilizados cerca de 200 milhões de unidades ao ano em todo o mundo.

Possui dimensões padronizadas pela ISO (*International Standardization Organization*), de forma que simplifica os transportes internacionais, pois podem ser utilizados navios, vagões e caminhões especialmente projetados de acordo com essas medidas, assim como equipamentos apropriados para carregamento, descarregamento e movimentação das mercadorias.

O tamanho padrão de contêiner intermodal de 20 pés é chamado por TEU (*Twenty Foot Equivalent Unit*). Tem uma capacidade de 33 m<sup>3</sup> (aprox. 24 toneladas). As dimensões (em pés) são 20x8x8. Também é muito utilizado o contêiner de 40 pés (dimensões 40x8x8 pés, com capacidade de 67 m<sup>3</sup>, aproximadamente 30 toneladas), por caber em uma carreta. Denominado *Forty Foot Equivalent Unit*.

Quanto à utilização, há contêineres do tipo:

- *Dry-box* (Figura 92): o primeiro a ser criado, é totalmente fechado. Usado para cargas secas gerais que são introduzidas pelas portas nos fundos.



Figura 92 – Contêiner *Dry-box*. Disponível em: <<https://containerauction.com/auction/20-storage-container-new-20-dry-box-container4>>. Acesso em: 28 jan. 2020

- Ventilado (Figura 93): equipado com portas ventiladas, muito utilizado para cargas que requerem proteção contra avaria de condensação, como cacau, cebola, alho, fumo, café, entre outros. Seus ventiladores aspiram o ar fresco e expelem o ar saturado.



Figura 93 – Contêiner ventilado. Disponível em: <[http://jmlogisticanet.com.br/?page\\_id=167](http://jmlogisticanet.com.br/?page_id=167)>. Acesso em: 28 jan. 2020

- *Bulk* (graneleiro, Figura 94): fechado em quase sua totalidade, com aberturas apenas no topo. Usado para transporte de cargas como produtos agrícolas.



Figura 94 – Contêiner *Bulk*. Disponível em:  
<[http://www.v3shipping.com.br/containers.html#bulk\\_container](http://www.v3shipping.com.br/containers.html#bulk_container)>. Acesso em: 28 jan. 2020

- *Open Top* (Figura 95): sem teto ou com uma tampa de abertura no teto. Utilizado para transportar cargas que excedam a altura do contêiner ou com dificuldades de entrar pela porta dos fundos, por conta de sua altura. Neles são transportadas máquinas para construção, barcos, vidro, toras de madeira, etc., assim como granéis.



Figura 95 – Contêiner *Open Top*. Disponível em: <<http://yellowdeck.com/product/open-top-shipping-containers>>. Acesso em: 28 jan. 2020

- “*Open Side* (Figura 96): sem uma parede lateral, ou com abertura para estas, adequado para aquelas cargas que excedam a sua largura. Transportam peças grandes como máquinas, granito, madeira, etc.



Figura 96 – Contêiner *Open Side*. Disponível em:

<http://www.budgetshippingcontainers.co.uk/sales/20ft-side-opening-shipping-containers-new-one-trip/>. Acesso em: 28 jan. 2020

- Refrigerado ou *Reefer* (Figura 97): 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 congeladas ou resfriadas, podendo chegar a 20°C negativos dentro do contêiner, mesmo que fora estejam 40°C. Este contêiner torna-se ideal para transportar cargas como carne, leite, sucos, frutas, peixes, etc.



Figura 97 – Contêiner Refrigerado. Disponível em:

[http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/conteineres\\_paletes\\_e\\_recipientes/aox-do-brasil/produtos/installacoes-e-equipamentos-industriais/fabricante-de-container-refrigerado](http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/conteineres_paletes_e_recipientes/aox-do-brasil/produtos/installacoes-e-equipamentos-industriais/fabricante-de-container-refrigerado). Acesso em: 28 jan. 2020

- Tanque: reservatório próprio para o transporte de carga líquida, podendo ou não ser perigosa, dentro de uma estrutura de tamanho padronizado ao do contêiner (Figura 98). Utilizado para produtos inflamáveis, químicos, sucos, etc.



Figura 98 – Contêiner Tanque. Disponível em:

<[http://www.loginaduana.com.br/containerdetail.php?id\\_container=6](http://www.loginaduana.com.br/containerdetail.php?id_container=6)>. Acesso em: 28 jan. 2020

- “*Flat Rack* (cargas especiais): sem paredes laterais e sem teto, com cabeceiras fixas ou dobráveis (Figuras 99). São ideais para transportar cargas pesadas, de tamanhos irregulares ou superiores aos do contêiner, e formas diversas como máquinas, aparelhos de ar condicionado, barcos, geradores, tanques, veículos, toras de madeira, etc.



Figura 99 – Contêiner *Flat Rack*. Disponível em: <<http://amplacontainers.com.br/portfolio-item/container-flat-rack/>>. Acesso em: 28 jan. 2020

- Plataforma: possui as mesmas características e materiais transportados do contêiner, só que esta possui apenas o piso (sem as laterais, conforme ilustra a Figura 100). Apropriadas para mercadorias de grandes dimensões, como, por exemplo, peças de aeronave.



Figura 100 – Contêiner Plataforma. Disponível em: <<http://cmadobrasil.com.br/site/conheca-os-varios-tipos-de-conteneires/>>. Acesso em: 28 jan. 2020

Porém, para uma boa operação com contêineres é necessária a existência de alto volume de carga nos dois sentidos, terminais e/ou embarcações com equipamentos adequados (operações *lift-on*, *lift-off*) e veículos especialmente projetados ou adaptados para este tipo de transporte. No caso de carga geral ou granel transportada em contêineres, é fundamental a operação de estufagem, que é o ato de encher o contêiner com as mercadorias, sejam embaladas, paletizadas ou não (Figura 101). Devido ao fato do contêiner estar sujeito a diversas movimentações durante o embarque e desembarque, na estufagem é imprescindível, a fim de evitar problemas e acidentes, levar em consideração o centro de gravidade do container, dando o equilíbrio necessário para que ele seja adequadamente manipulado. Além disso, as mercadorias devem ser colocadas prevendo que as mais pesadas fiquem por baixo das mais leves. Igualmente, as cargas perigosas, congeladas ou refrigeradas, ou com diferenças de umidade ou odor, devem ser estufadas separadamente.

Além disso, a operação de estufagem deve ser realizada de forma a não deixar espaços vazios no contêiner. Assim, no caso de a carga não ser suficiente para ocupar todo o container, esta precisa ser devidamente amarrada e disposta dentro dele, ou ainda ter os espaços preenchidos com outros elementos para evitar que a carga se movimente dentro do container e seja danificada, bem como danifique o próprio container.



Figura 101 – Estufagem de um contêiner. Disponível em: <<http://inteliagro.com.br/quando-um-container-se-sente-estufado/>>. Acesso em: 28 jan. 2020

Entre os equipamentos utilizados nas operações com contêineres destacamos:

- Portêiner: equipamento utilizado na movimentação principalmente de contêineres, do navio para o costado e vice-versa (Figura 102). Em formato de pórtico, possui uma lança que se prolonga até o mar, deslocando as cargas por sobre um trilho.



Figura 102 – Portêiner. Disponível em: <<http://www.inventaproducoes.com.br/projetos/eventos-corporativos/inauguracao-do-porteiner-log-in-inaugura-seu-porteiner-em-vila-velhaes>>. Acesso em: 28 jan. 2020

- Guindaste de Pórtico: equipamento de apoio a movimentação de contêineres (Figura 103), tanto no pátio, como entre o navio e o caminhão.



Figura 103 – Guindaste de Pórtico. Disponível em:  
<<https://www.directindustry.com/pt/prod/konecranes/product-16156-1988716.html>>. Acesso em: 28 jan. 2020

- Transtainer: guindaste de estrutura de pórtico com finalidade de movimentar contêineres em pátios (Figura 104). 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 104 – Transtêiner. Disponível em: <[http://www.celuladecarga.com.br/portal/?page\\_id=1892](http://www.celuladecarga.com.br/portal/?page_id=1892)>.

Acesso em: 28 jan. 2020

- Empilhadeira: equipamento específico para carregar contêineres de todos os tipos e elevá-los a uma altura de até 15 m com até 45 toneladas (Figura 105). Permite movimentação com velocidade, manobrabilidade e precisão.



Figura 105 – Empilhadeira de contêineres. Disponível em:

<<http://www.jitempilhadeiras.com.br/alugueis-de-empilhadeiras/empilhadeira-para-area-classificada>>.

Acesso em: 28 jan. 2020

#### 4.3.1.2. Paletes

Os paletes são estrados quadrados ou retangulares de madeira, plástico, fibra ou metal utilizados para movimentação de cargas, podendo ser descartáveis. Quanto às faces, podem ser simples, para acomodação das cargas; duplo, também para dar suporte; ou ainda ser reversível. São muito úteis na integração dos diferentes modais, especialmente do aéreo com os demais.

O transporte de paletes pode ser otimizado com a utilização de paleteiras e empilhadeiras, de modo que o palete deve ter uma altura livre entre as duas faces e aberturas nos lados para possibilitar a entrada dos garfos destes equipamentos (Figura 106).



Figura 106 – Empilhadeira de paletes. Disponível em: <<https://sp.olx.com.br/sao-paulo-e-regiao/autos-e-peças/onibus/empilhadeira-goodsense-2-5-toneladas-diesel-torre-duplex-nova-595033041>>. Acesso em: 28 jan. 2020

Além das paleteiras e empilhadeiras, são equipamentos utilizados com paletes:

- Cantoneiras: peças de diversos materiais, que colocadas nos cantos e arestas da mercadoria montada sobre o palete, a protegem durante o transporte e manuseio (Figura 107).



Figura 107 – Cantoneiras de papelão. Disponível em:  
[http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/conteineres\\_paletes\\_e\\_recipientes/sb-pallet/produtos/movimentacao-e-armazenagem/cantoneiras-de-papelao-1](http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/conteineres_paletes_e_recipientes/sb-pallet/produtos/movimentacao-e-armazenagem/cantoneiras-de-papelao-1). Acesso em: 28 jan. 2020

- Cintas: faixas de diferentes materiais plásticos, como nylon, polipropileno e poliéster, ou metálicos, que são passadas em volta dos paletes e seu conteúdo, de modo que preservem a integridade de todo o volume (Figura 108);



Figura 108 – Cintas. Disponível em: <http://chinasuperworker.com/portfolio/strapped-pallet-for-protection-in-logistics/>. Acesso em: 28 jan. 2020

- Filme *Shrink*: saco plástico termo-retrátil, que envolve a carga (Figura 109), impermeabilizando-a, protegendo-a e mantendo-a como um único volume, evitando sua instabilidade.



Figura 109 – Filme *Shrink*. Disponível em: <<http://www.jprembalagens.com.br/cobertura-pallet>>.

Acesso em: 28 jan. 2020

- Filme *Stretch*: filme esticável (Figura 110) de polietileno que envolve a carga e o palete, também para impermeabilização da carga como o *shrink*, diferenciando-se pelo fato de ser adequado para cargas estáveis.



Figura 110 – Filme *Stretch*. Disponível em: <<https://www.lslimaseg.com.br/filme-stretch-paletizacao>>. Acesso em: 28 jan. 2020

#### 4.3.1.3. Piggy-backs

Como foi comentado anteriormente, *Piggy-back* é uma operação na qual transporte de um veículo é feito por outro veículo (Figura 111). Por extensão, se denomina também *piggy-back* a cofres de cargas com pneus na traseira, possuindo um equipamento na dianteira que

permite o engate em um cavalo mecânico, que são utilizados na integração do sistema rodoviário com sistemas ferroviário e/ou aquaviário (completada com o uso de navios tipo *Roll-on Roll-off*).



Figura 111– Piggy-back. Disponível em: <<https://cargapesada.com.br/2016/01/28/o-caminhao-tambem-viaja-de-trem-nos-eua-2/>>. Acesso em: 28 jan. 2020

#### 4.3.1.4. Roadrailers

Análogo ao *piggy-back*, é um equipamento recente, que 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 (Figura 112). Tais características o tornam bastante útil na integração das modalidades rodoviária, ferroviária e aquaviária.



Figura 112 – Roadrailers. Disponível em: <<http://ferroviaintermodal.blogspot.com.br/2013/10/roadrailer-rodotrilho-e-transtrailer-no.html>>. Acesso em: 28 jan. 2020

#### 4.3.2. Para granéis sólidos

Para granéis sólidos, são utilizados como equipamentos de coordenação:

- Silos: tipo de depósito impermeável para armazenamento de granéis sólidos (Figura 113), normalmente com aparelhamento adequado para carregamento na parte superior e descarregamento pela parte inferior.



Figura 113 – Silos. Disponível em: <<http://univermaq.com.br/armazenagem-da-safra-preocupa-agricultores-em-varias-regioes-do-pais/>>. Acesso em: 28 jan. 2020

- Correias Transportadoras: já estudadas no capítulo anterior, apresentam grande importância no transporte de materiais a granel sólidos (Figura 114), a distâncias bastante reduzidas. Também podem ser utilizadas para materiais pequenos embalados em linhas de produção ou classificação (correios, produtos, etc.).



Figura 114 – Correia Transportadora. Disponível em: <<https://www.sibaroll.com.br/correia-transportadora>>. Acesso em: 28 jan. 2020

- “Big bag: é uma embalagem feita de material sintético (polipropileno), com fundo geralmente circular ou quadrado, semelhante a uma grande sacola (como um contêiner flexível), que acomoda as mercadorias e as protege contra materiais pontiagudos (Figura 115).



Figura 115 – Big Bags. Disponível em: <<http://impactorepresenta.com.br/old/liners-para-big-bags/>>.

Acesso em: 28 jan. 2020

- Moegas: são estruturas construídas sobre unidades armazenadoras (Figura 116) para recebimento de granéis sólidos como soja, arroz, milho, entre outros.

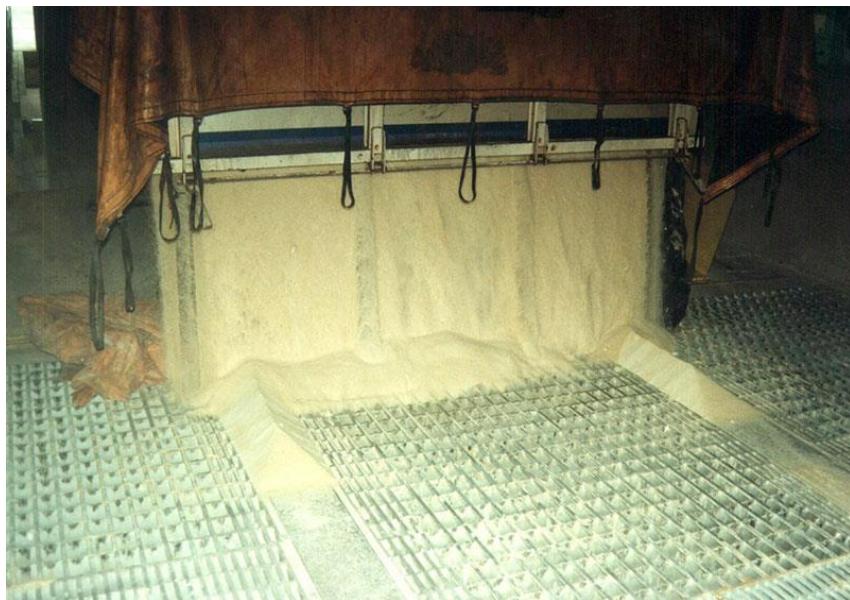


Figura 116 – Moega. Disponível em: <<http://www.corbari.com.br/exaustao-moega>>. Acesso em: 28 jan. 2020

- Tulhas: estruturas construídas nas unidades armazenadoras (Figura 117) para carregamento de caminhões ou trens, com granéis processados.



Figura 117 – Tulha. Disponível em: <<http://www.casp.com.br/armazenagem-de-graos/tulhas-metalicas/>>. Acesso em: 28 jan. 2020

- Tombadores: são plataformas elevatórias (Figura 118), dotadas de um pistão hidráulico, permitindo que os caminhões se mantenham inclinados até serem totalmente descarregados nas moegas.



Figura 118 – Tombador. Disponível em: <<http://blogdocaminhoneiro.com/2014/11/os-riscos-de-acidentes-da-carreta-com-eixos-distanciados-no-tombador/>>. Acesso em: 28 jan. 2020

- *Shiploaders*: carregador de navios de grande capacidade que permite o carregamento sem movimentação do navio (Figura 119), atingindo todos os pontos dos porões.



Figura 119 – *Shiploader*. Disponível em: <<https://morozcomunicacao.com.br/2013/02/10/porto-de-paranagua-recebe-autorizacao-para-compra-de-novos-shiploaders-carregadores/>>. Acesso em: 28 jan.

2020

#### 4.3.3. Para granéis líquidos e gasosos

Para granéis líquidos e gasosos, são utilizados como equipamentos de coordenação e de apoio em terminais:

- Barris e tambores: recipientes cilíndricos, fabricados em aço, alumínio ou polipropileno, que facilitam o manuseio sem necessidade de equipamentos especiais de movimentação de carga (Figura 120). Podem ser descartáveis ou não, e são úteis também para graneis sólidos.



Figura 120 – Barris e tambores. Disponível em: <<https://www.promtec.com.br/etiquetagem-de-tambores-de-quimicos-ghs-e-etiquetas-para-trabalho-pesado/>>. Acesso em: 28 jan. 2020

- Dutos: embora constituem um modal de transporte específico, normalmente são empregados como apoio para o transporte de materiais a granel líquidos ou gasosos entre outros modais (Figura 121).



Figura 121 – Dutos. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/terminais-e-oleodutos/>>. Acesso em: 28 jan. 2020

- Tanques: são reservatórios para líquidos, fabricados no tamanho desejado. Podem ser dispostos na posição vertical ou horizontal (Figura 122), aéreos ou subterrâneos.



Figura 122 – Tanque. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/prod/e/tanque-aereo-horizontal\\_36238\\_42048](https://www.aecweb.com.br/prod/e/tanque-aereo-horizontal_36238_42048)>. Acesso em: 28 jan. 2020

## **4.4. INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES DE PASSAGEIROS**

No transporte de passageiros, há três tipos de integração: física, tarifária e temporal.

Quando o transbordo de passageiros é realizado em local apropriado exigindo pequenas distâncias de caminhada por parte dos usuários, temos uma integração física. Esse modo de integração pode ser intermodal, quando a transferência de passageiros ocorre entre veículos de modos diferentes, ou intramodal quando do mesmo modo.

A integração física entre o transporte coletivo e o carro está caracterizada pela existência de estacionamento para carros junto a uma estação (terminal) de transporte público. A integração entre modos iguais ou diferentes de transporte coletivo é realizada nas estações (terminais), as quais, quando são utilizadas para o controle de horários de partida e chegada dos veículos, são denominadas “terminais de transferências ou de transbordo”.

Já a integração tarifária está associada à não necessidade de os usuários pagarem novamente para fazer o transbordo entre veículos de linhas distintas, ou pagarem um valor adicional significativamente menor do que o preço normal das duas passagens que teriam que pagar para completar a viagem. O principal objetivo da integração tarifária é de promover justiça social no sistema de transporte público, eliminando as discriminações geográficas e também atua no sentido de democratizar o espaço urbano, facilitando a possibilidade de deslocamento entre quaisquer pontos da cidade.

Por fim, a integração sincronizada no tempo ou integração temporal também é empregada no transporte coletivo urbano quando os veículos de linhas diferentes cumprem uma programação operacional (plano de horários) planejada para que cheguem juntos ao local de integração física, permitindo aos usuários fazer transferência entre veículos sem praticamente qualquer espera.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, H. A. **Avaliação Econômica dos Projetos de Transportes: metodologia e exemplos.** Rio de Janeiro, RJ: Livros Técnicos e Científicos, 1978.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. **Transporte Multimodal de Cargas.** Disponível em: <[http://www.antt.gov.br/cargas/arquivos\\_old/Multimodal.html](http://www.antt.gov.br/cargas/arquivos_old/Multimodal.html)>. Acesso em: 22 mai. 2019.

ALBANO, J. F. **Vias de Transporte.** Porto Alegre, RS: Bookman, 2016.

BERTAGLIA, P. R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento.** 2. ed. São Paulo, SP: Saraiva, 2009.

BRASIL. Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 set. 1997. Seção 1, p. 21201.

BRASIL. Lei 9.611 de 19 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre o Transporte Multimodal de Cargas e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 fev. 1998. Seção 1, p. 9.

BRASIL. Lei Nº 10.233, de 5 de junho de 2001. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 6 jun. 2001. Seção 1, p. 1.

BRASIL. **Plano Piloto.** Museu Virtual de Brasília. Ministério da Cultura. Disponível em: <[http://www.museuvirtualbrasilia.org.br/PT/plano\\_piloto.html](http://www.museuvirtualbrasilia.org.br/PT/plano_piloto.html)>. Acesso em 2 de fev. de 2020.

BRASIL. **Política Nacional de Mobilidade Urbana.** Ministério das Cidades. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <[https://www.cidados.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/cartilha\\_lei\\_12587.pdf](https://www.cidados.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/cartilha_lei_12587.pdf)>. Acesso em: 12 mai. 2019.

CAMPOS, V. B. G. **Planejamento de Transportes: Conceitos e Modelos.** 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2013.

CARVALHO, R. O. de. **Logística integrada na prestação de serviço de cabotagem: de porto a porto a porta a porta.** (Dissertação de Mestrado). Mestrado em Gestão de Negócios. Universidade Católica de Santos. Santos, SP, 2009.

CENTRO BRASILEIRO DE INFRAESTRUTURA. **Artigos**. Rio de Janeiro, RJ: CBIE. Disponíveis em <<https://cbie.com.br/category/artigos/>>. Acesso em: 23 jan. 2020.

COLATIVE, A. S.; KONISHI, F. **A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade**. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2015. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/802267.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2019**. Brasília, DF: CNT: SEST SENAT, 2019. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/>>. Acesso em: 04 jun. 2019.

DAVID, P.; STEWART, R. **Logística Internacional**. 2. ed. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2010.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA – EPL. **Plano Nacional de Logística – PNL 2025. Relatório Executivo**. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.epl.gov.br/download-do-relatorio-executivo-do-pnl-ja-esta-disponivel>>. Acesso em: 17 set. 2019.

FERRAZ, A. C. C. P.; TORRES, I. G. E. **Transporte público urbano**. São Carlos, SP: RiMa, 2004.

FERREIRA, L.; LEITE, A. C. **Logística internacional e engenharia de tráfego**. Londrina, PR: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

FOGLIATTI, M. C. **Avaliação de impactos ambientais aplicação aos sistemas de transporte**. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2004.

HOEL, L. A. **Engenharia de infraestrutura de transportes: uma integração multimodal**. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2012.

HUTCHINSON, B. G. **Princípios de Planejamento de Sistemas de Transporte Urbano**. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Dois, 1979.

JÚNIOR, J. M. R. O.; ARAÚJO, C. B. C.; AYRES, T. M. C. Estudo comparativo entre as misturas solo-seixo e solo-brita para fins de pavimentação. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 1-18, jun. 2018.

KEEDI, S. **Transportes, Unitização e Seguros Internacionais de Carga**. 6. ed. Porto Alegre, RS: Aduaneiras, 2015.

KOTLER, P. **Pensar globalmente atuar localmente**. São Paulo, SP: Ed. Savana, 1997.

**MOORI, R. G.; RIQUETTI, A. Estação de Transbordo de Cargas como Mediador da Logística de Fertilizantes.** Revista de Administração Contemporânea, Rio de Janeiro, v. 18, n. 6, p. 748 – 771, nov./dez. 2014.

**MOREIRA, D. A. Dimensão do desempenho em Manufatura e Serviços.** 1. Ed. São Paulo, SP: Pioneira, 1996.

**NAZÁRIO, P. Intermodalidade: Importância para a Logística e Estágio Atual no Brasil.** Rio de Janeiro, RJ: ILOS, 2000. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br/web/intermodalidade-importancia-para-a-logistica-e-estagio-atual-no-brasil/>>. Acesso em 22 nov. 2019.

**NOVAES, A. G. Sistemas de Transportes.** São Paulo, SP: Edgard Blücher, 1986.

**PORTOGENTE. Transporte Intermodal de Cargas.** 2016. Disponível em: <<https://www.portogente.com.br/portopedia/73020-transporte-intermodal-de-cargas>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

**PORUTGAL, L. da S. Estudo de polos geradores de tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes.** 1. ed. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2003.

**RODRIGUES, P. R. A. Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e à Logística Internacional.** São Paulo, SP: Aduaneiras, 2008.

**ROSA, R. de A.; RIBEIRO, R. C. H. Estradas de Ferro – Projeto, Especificação & Construção.** Vitória, ES: Edufes, 2016.

**SCHVARTZ, M. A.; SILVEIRA, C. A.; VIEIRA, J. B. F.; RUIZ-PADILLO, A.** Divulgação das características dos modais de transporte e potencialidades de intermodalidade na região aos empresários de Cachoeira do Sul. In: I Mostra de Projetos da Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul, 2017, Cachoeira do Sul. **Trabalhos da Mostra de Projetos da UFSM-CS.** Cachoeira do Sul: Universidade Federal de Santa Maria. Campus de Cachoeira do Sul, 2017. v. 1. p. 61-67.

**SENNA, L. A. dos S. Economia e planejamento dos transportes.** 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2014.

**SINAY, M. C. F.; CARVALHO, S. D.; BRAGA, I. L.** A Importância da Inclusão da Variável Ambiental na Gestão Portuária. **Revista de Administração, Sociedade e Inovação,** Volta Redonda/RJ, v. 3, n. 2, pp. 124-135, jul./dez. 2017.

**SONINO, G. Depois da turbulência: a aviação comercial brasileira aprende com suas crises.** São Paulo, SP: APVAR, 1995.

**TAKASHINA, N. T.; FLORES, M. C. X. Indicadores de qualidade e do desempenho – Como estabelecer metas e medir resultados.** 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2005.

**TRANSPORTADORA SUL-BRASILEIRA DE GÁS – TSB. Características Técnicas e Operacionais das Instalações de Transporte.** Disponível em: <<http://www.tsb.com.br/>>. Acesso em: 23 jun. 2019.

**VIEIRA, E. F. Organizações e desempenho: mudança, inovação e comportamento.** Revista Eletrônica de Gestão Organizacional, Rio Grande, RS, v.1, n. 2, p. 101-109, jul./dez. 2003.

**WANKE P.; NAZÁRIO, P. FLEURY, P. F. Papel do Transporte na Estratégia Logística.** Rio de Janeiro, RJ: ILOS, 2000. Disponível em: <<https://www.ilos.com.br/web/o-papel-do-transporte-na-estrategia-logistica/>>. Acesso em 12 mai. 2019.

**WANKE, P.; RODRIGUES, A.; FIGUEIREDO, K. F. FLEURY, P. F. Logística Empresarial: A perspectiva brasileira.** Coleção COPPEAD de Administração. São Paulo, SP: Atlas, 2000.

## DADOS DOS AUTORES



Alejandro Ruiz-Padillo é doutor em Engenharia Civil com ênfase em Transportes, professor adjunto da Universidade Federal de Santa Maria e fundador do Laboratório de Mobilidade e Logística, onde desenvolve projetos de ensino, pesquisa e extensão ligados aos sistemas de transporte, engenharia de tráfego, segurança viária, mobilidade sustentável e logística.



Caroline Alves da Silveira é acadêmica do curso de Engenharia de Transportes e Logística pela Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul. Ao longo da graduação participou de pesquisas nas áreas de Sistemas de Transportes, Logística Urbana e Metodologias de Decisão Multicritério aplicadas a Transporte.



Tânia Batistela Torres é engenheira de tráfego na Prefeitura Municipal de Canoas, e mestre em Engenharia de Produção com ênfase em Sistemas de Transportes e Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foi professora substituta no curso de Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul.





**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**  
**CAMPUS CACHOEIRA DO SUL**  
**LABORATÓRIO DE MOBILIDADE E LOGÍSTICA**



Desenvolver sistemas de transportes alinhados ao desenvolvimento sustentável é um dos principais desafios na atual conjuntura econômica e social. Nesse contexto, este livro didático tem o objetivo de contribuir com a difusão do conhecimento dos principais conceitos associados aos sistemas de transportes: desde as relações econômicas e de uso do solo até a caracterização dos modos aéreo, aquaviário, dutoviário, ferroviário, rodoviário e não motorizados, incluindo a coordenação entre eles. Além disso, é apresentado o panorama histórico e atual da realidade do Brasil, do Estado do Rio Grande do Sul e do município de Cachoeira do Sul.