

GUSTAVO PERRENOUD CORNETTI

AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE DA PORTARIA DE CARGAS DE UMA  
INDÚSTRIA ATRAVÉS DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
PESAGEM POR EIXO.

Trabalho de Graduação apresentado  
ao Conselho de Curso de Graduação  
em Engenharia Mecânica da  
Faculdade de Engenharia do  
Campus de Guaratinguetá,  
Universidade Estadual Paulista,  
como parte dos requisitos para  
obtenção do diploma de Graduação  
em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. José Elias Tomazini

Guaratinguetá  
2011

Cornetti, Gustavo Perrenoud

C816a      Ampliação da capacidade da portaria de cargas de uma indústria através da implantação de um sistema de pesagem por eixo / Gustavo Perrenoud Cornetti. - Guaratinguetá: [s.n.], 2011  
40 f.: il.

Bibliografia: f. 40

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica –  
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de  
Guaratinguetá, 2011

Orientador: Prof. Dr. José Elias Tomazini

1. Balança (Instrumentos de medição) 2. Transporte  
rodoviário de carga 3. Marketing I. Título

CDU 621.86.016

AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE DA PORTARIA DE CARGAS DE UMA  
INDÚSTRIA ATRAVÉS DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PESAGEM  
POR EIXO.

GUSTAVO PERRENOUD CORNETTI

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **GRADUADO**  
**EM ENGENHARIA MECÂNICA**

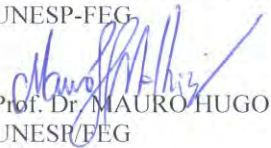
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Mauro Hugo Mathias  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. JOSÉ ELIAS TOMAZINI  
Orientador/UNESP-FEG

  
Prof. Dr. MAURO PEDRO PERES  
UNESP-FEG

  
Prof. Dr. MAURO HUGO MATHIAS  
UNESP-FEG

Guaratinguetá / SP  
Dezembro de 2011

de modo especial, à minha mãe Ildemara e ao meu pai Gilberto que possibilitaram o meu desenvolvimento pessoal e profissional ao me apoiarem constantemente nos meus estudos e na minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por mais uma etapa cumprida, por me dar saúde, alegria e conforto nas horas mais difíceis,

ao meu orientador, *Prof. Dr. José Elias Tomazini*, que esteve presente na minha graduação como professor e sempre demonstrou uma atenção e vontade de ensinar que possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho de graduação,

aos meus pais *Ildemara e Gilberto*, que mesmo com as dificuldades sempre incentivaram meus estudos e crescimento pessoal e também ao meu irmão *Renato* que mesmo com os inconstantes desentendimentos sempre me trouxe lições e aprendizados,

à minha namorada *Liana* que me ajudou a manter a tranquilidade mesmo nos momentos difíceis, sempre com muito amor e carinho,

ao meu grande amigo *Carlos Bauer* que sempre me incentivou a nunca desistir e a fazer as coisas com tranquilidade,

aos demais e não menos importantes amigos, meu muito obrigado por todos os momentos de companheirismo, estudos, festas, alegrias e lágrimas,

à todos os amigos que conheci e já fazem parte de uma vida, em especial àqueles das repúblicas *Moradia, Bahamas, Apocalypse* e agregados, que estiveram presentes em todos os momentos durante esses 5 anos,

à empresa química *Basf SA*, em particular aos colegas da Engenharia, que expandiram meus conhecimentos e auxiliaram no desenvolvimento da minha carreira, mesmo que inicial,

à Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá por fazer parte de uma grande fase vivida.

“No que diz respeito ao desempenho,  
ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não  
existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem-  
feita ou não faz.”

Ayrton Senna

**CORNETTI, G. P.** Ampliação da capacidade da portaria de cargas de uma indústria através da implantação de um sistema de pesagem por eixo. 2011. X f. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, 2011.

## **RESUMO**

Através de um minucioso estudo de cada componente, da parte estrutural e de várias tecnologias de balanças rodoviárias, desenvolveu-se um projeto para a implantação de um sistema moderno de pesagem por eixo numa empresa, visando ampliar a capacidade da sua portaria de cargas, que era restrita apenas à pesagem e fiscalização da carga máxima de cada veículo e, principalmente, com o objetivo de extinguir o número de autuações que a referida empresa sofria, por ter seus veículos de transporte logístico, flagrados trafegando com carga mal distribuída por eixo, o que além de danificar as estradas e o veículo, denegria a imagem da empresa em termos de marketing. Para atingir tais resultados, o projeto passou por um estudo de toda legislação nacional pertinente, procurando colocar a empresa sempre de acordo. Além disso, contou com investimentos iniciais e espaço físico disponível para a sua execução. Tais investimentos trariam retorno financeiro em menos de três anos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Balanças rodoviárias. Pesagem por eixo. Autuações. Marketing. Projeto. Retorno financeiro.

**CORNETTI, G. P.** Expansion of an industry cargo door capacity by implementing an axle weighing system. 2011. X f. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, 2011.

### **ABSTRACT**

Through a detailed study of each component, the structural part and various technologies for highway weighing scales, a project was developed in order to implement a modern system of axle weighing in a company pursuing to expand its cargo door capacity, which was restricted to weighing and inspection of the maximum load of each vehicle, and especially to extinguish the number of notifications that the company has been suffering, by having their transportation logistics vehicles caught traveling with poorly distributed load per axle, what it caused damage to roads and vehicles and denigrated the company image in terms of marketing. To achieve these results, the project went through a study of all relevant national legislation, seeking to put the company always in agreement. Moreover, it had investments and its physical space available for its implementation. The payback of such investments would be about less than three years.

**KEYWORDS:** Weighing scales highway. Weighing axle. Assessments. Marketing. Project. Payback.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1 – Placa educativa na RS/407 .....                                    | 15 |
| FIGURA 2 – Extensômetro ou Strain-Gage.....                                   | 24 |
| FIGURA 3 – Ponte de Wheatstone .....                                          | 25 |
| FIGURA 4 – Comparação entre diferentes células de carga .....                 | 26 |
| FIGURA 5 – Opções de instalação .....                                         | 30 |
| FIGURA 6 – Plataforma – estrutura metálica .....                              | 31 |
| FIGURA 7 – Evolução tecnológica da pesagem de caminhões .....                 | 32 |
| FIGURA 8 – Caixa de junção .....                                              | 33 |
| FIGURA 9 – Uso de diferentes células de carga num mesmo sistema eletrônico... | 34 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| TABELA 1 – Composições homologadas para transporte de carga ..... | 18 |
| TABELA 2 – Retorno financeiro .....                               | 37 |

## **LISTA DE QUADROS**

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| QUADRO 1 – Custos que compõem o custo total de propriedade ..... | 35 |
|------------------------------------------------------------------|----|

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

|          |                                                           |
|----------|-----------------------------------------------------------|
| AET      | - Autorização Especial de Trânsito                        |
| CENTRAN  | - Centro de Excelência em Engenharia de Transportes       |
| CMT      | - Carga Máxima de Tração                                  |
| CONTRAN  | - Conselho Nacional de Trânsito                           |
| CTB      | - Código de Trânsito Brasileiro                           |
| DENATRAN | - Departamento Nacional de Trânsito                       |
| DNER     | - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem            |
| DNIT     | - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes |
| IPR      | - Instituto de Pesquisas Rodoviárias                      |
| LED      | - Light Emitting Diode                                    |
| PBT      | - Peso Bruto Total                                        |
| PBTC     | - Peso Bruto Total Combinado                              |
| PIB      | - Produto Interno Bruto                                   |
| SP       | - São Paulo                                               |

## SUMÁRIO

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                   | 13 |
| 1.1 Contextualização do problema      | 13 |
| 1.2 Objetivos                         | 13 |
| 1.3 Justificativas                    | 14 |
| 1.4 Estrutura do trabalho             | 14 |
| <b>2 DESENVOLVIMENTO</b>              | 15 |
| 2.1 Histórico                         | 15 |
| 2.2 Legislação brasileira             | 17 |
| 2.3 Consequências do excesso de carga | 22 |
| 2.4 Sobre balanças                    | 23 |
| 2.5 Estudo de caso                    | 26 |
| 2.6 A balança                         | 28 |
| 2.7 Montagem                          | 36 |
| 2.8 Projeção de resultados            | 36 |
| <b>3 CONCLUSÃO</b>                    | 38 |
| 3.1 Verificação dos objetivos         | 38 |
| 3.2 Dificuldades encontradas          | 38 |
| 3.3 Sugestões para atividades futuras | 39 |
| <b>REFERÊNCIAS</b>                    | 40 |

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Contextualização do problema**

Na indústria química, objeto de estudo deste trabalho de graduação, mais especificamente na portaria de cargas, do setor logístico, existe um alto índice de multas e punições, por excesso de peso por eixo dos veículos, devido a uma má distribuição da carga a ser transportada, na carroceria do veículo transportador. Esse excesso vem sendo constantemente percebido pelas balanças rodoviárias e a empresa tem sido largamente multada. Diante disso, desenvolver-se-á um projeto, visando a implantação de uma balança de pesagem por eixo que permita a fiscalização da distribuição da carga no veículo, antes desse veículo circular por nossas rodovias, possibilitando a correção da distribuição de carga, caso seja necessário, antes do veículo ser flagrado e autuado. Além disso, com a extinção dessas multas, o projeto deverá ter um rápido retorno financeiro e uma rápida recuperação da boa imagem da empresa.

### **1.2 Objetivos**

O objetivo do estudo é traçar um plano de ação para a implantação de um sistema de pesagem por eixo moderno, que faça zerar o número de multas sofridas pela empresa, ao mesmo tempo em que resgate a boa imagem da empresa perante a legislação brasileira. Para isso são traçados alguns objetivos específicos:

- Entender o funcionamento de um sistema de pesagem por eixo moderno;
- Aplicar tal sistema numa indústria, adequando seu transporte de cargas;
- Colocar a indústria de acordo com a legislação pertinente, extinguindo as autuações sofridas.

### **1.3 Justificativas**

Para se iniciar e implantar um novo projeto, o engenheiro responsável deve sempre apresentar as garantias financeiras de seu empreendimento. Como qualquer outro projeto, este visa principalmente instalar um novo equipamento, que compense o investimento, acabando com o número de multas sofridas e resgatando a imagem da empresa perante aos órgãos estatais fiscalizadores. Para isso são definidas algumas justificativas específicas para este trabalho de graduação:

- Interesse em conhecer detalhadamente um sistema de pesagem por eixo moderno e sua aplicação numa indústria;
- Desenvolver conhecimentos relacionados à legislação brasileira sobre cargas máximas permitidas e cargas máximas permitidas por eixo;
- Minimizar/extinguir o número de autuações por distribuição incorreta da carga no veículo, que a empresa sofre, bem como, diminuir os danos que essas incorreções trazem às estradas brasileiras.

### **1.4 Estrutura do trabalho**

Este trabalho de graduação está estruturado em 2 capítulos, além deste introdutório.

O capítulo 2, denominado desenvolvimento, apresenta um breve histórico sobre pesagem no Brasil, seguido de uma passagem detalhada sobre a legislação brasileira pertinente. Em seguida, são mostradas as conseqüências do excesso de carga, não somente para as estradas, mas também para os próprios veículos e condutores. Na seqüência são discutidos conceitos sobre balanças em geral, destacando-se a parte estrutural e os principais componentes de uma balança comum de pesagem por eixo. No fim do capítulo é mostrado o estudo de caso, discutindo-se as atuais condições da empresa e propondo uma solução moderna para seus problemas.

Por fim, no capítulo 3, denominado conclusão, são apresentadas as considerações finais, a verificação dos objetivos e as sugestões para a continuidade do trabalho.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Histórico

Com o crescimento da indústria automobilística na década de 50, o governo da época se viu obrigado a investir na malha rodoviária do país. Cada vez mais carros, ônibus e caminhões passaram a utilizar as nossas estradas, as quais necessitavam de desenvolvimento para suportar tal aumento de fluxo. Começou a se perceber que o excesso de peso e o excesso de peso por eixo, principalmente dos caminhões, traziam muitos danos às nossas estradas e que, estradas danificadas, provocavam acidentes e mortes, prejudicavam a estrutura dos veículos, e retardavam viagens (DNIT, 2006).



Figura 1: Placa educativa na RS/407

Fonte: Revisando as tecnologias para pesagem de veículos Albano e Lindau (2008)

O excesso de peso danifica também a suspensão dos caminhões, sua capacidade de transporte, a direção, o sistema de freios, os pneus, além de deixar o veículo demasiadamente lento, perturbando o fluxo do tráfego, resultando, muitas vezes, em acidentes que trazem como conseqüências: prejuízo nas cargas e contratos, indenizações cíveis, processos criminais, perda do veículo e, até mesmo, mortes e mutilações (MIGUEZ, 2007).

Segundo o DNIT (Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes), do Ministério dos Transportes, um excesso médio de 10% de peso por eixo, reduz em até 40% a vida útil projetada para o pavimento. Recentes levantamentos, do próprio DNIT, concluíram que 77% dos caminhões trafegam com excesso de peso por eixo. Além disso, segundo Hélio Goltsman do CENTRAN (Centro de Excelência em Engenharia de Transportes), pode chegar até 2% do PIB de um país o valor a ser gasto por ano para reparar os danos do excesso de

peso nas rodovias. Como o PIB brasileiro em 2005, por exemplo, foi de 796 bilhões, pelas contas do técnico do CENTRAN, o excesso de peso dos veículos em nossas estradas pode custar mais de 15 bilhões por ano.

A fim de se evitar gastos desnecessários com manutenção de rodovias e evitar possíveis acidentes que um excesso de peso poderia ocasionar, um controle sobre esse assunto deveria ser urgentemente implantado. As primeiras tratativas sobre controle de peso ocorreram na década de 60 e passaram a constar no Código Nacional de Trânsito em 1974, sendo aperfeiçoadas com o passar dos anos. Tudo começou com a elaboração do Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis, feito pelo IPR (Instituto de Pesquisas Rodoviárias). Dimensionar um pavimento significa determinar as espessuras das camadas que o constituem de forma que estas camadas (reforço do subleito, sub-base, base e revestimento) resistam e transmitam ao subleito as pressões impostas pelo tráfego, sem levar o pavimento à ruptura ou a deformações e a desgastes excessivos. O IPR elaborou o método, que levava em consideração a repetição de uma carga padrão por tipo de eixo. Em função desse método foi necessária a criação de leis específicas, buscando disciplinar os pesos máximos por eixo dos veículos (DNIT, 2006).

Iniciado na década de 60, o controle de pesagem de veículos passou a ser previsto na legislação brasileira e até 1974, era efetuado com equipamentos de pesagem estática, ou seja, balanças de precisão, nas quais o veículo fica totalmente paralisado. Em 1975, o DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem) através de sua diretoria de trânsito, iniciou o desenvolvimento do Plano Diretor de Pesagem, prevendo o emprego de equipamentos que permitiam realizar a pesagem com o veículo em movimento, ou seja, a pesagem dinâmica. Em outubro de 1979, na BR-277/PR, entrou em operação o primeiro Posto de Pesagem Fixo que opera equipamentos existentes e que permanecem no local. Daí em diante, outros postos foram implantados (DNIT, 2006).

## 2.2 Legislação brasileira

Estudar a legislação brasileira com relação ao excesso de carga é dever de todo usuário de veículos relativamente pesados e, principalmente, dever de todas as empresas que utilizam o transporte rodoviário em suas operações de logística. Muitas empresas hoje em dia, são freqüentemente autuadas por não estarem de acordo com a legislação. Percebe-se que as empresas têm mostrado total cuidado em transportar seus produtos dentro da carga máxima permitida, porém não demonstram a mesma preocupação com a correta distribuição das cargas por eixo do veículo, resultando em inúmeras multas recebidas, que denigrem a imagem da empresa, e destruindo as estradas da mesma forma.

Para evitar o acúmulo dessas multas, a empresa deve seguir a legislação. No Brasil, a chamada “Lei da balança” consiste num conjunto de artigos extraídos do Código de Trânsito Brasileiro, relativos à lei 9503/97, em resoluções do CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito) e em portarias emanadas do DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito). O artigo 1º da lei 9503/97, em seu 2º parágrafo afirma que o “trânsito em condições seguras é um direito de todos e dever dos órgãos e entidades competentes do Sistema Nacional de Trânsito, a estes cabendo, no âmbito das respectivas competências, adotarem as medidas destinadas a assegurar esse direito”, ou seja, a fiscalização é um elemento básico que dá suporte a um trânsito seguro.

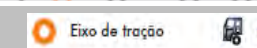
Especificamente, para a fiscalização do nosso estudo de excesso de cargas por eixo, seis artigos da lei 9503/97, Código de trânsito brasileiro (CTB) merecem destaque. São eles:

- Artigo 99º- Somente poderá transitar pelas vias terrestres o veículo cujo peso e dimensões atenderem aos limites estabelecidos pelo CONTRAN.
  - § 1º O excesso de peso será aferido por equipamento de pesagem ou pela verificação de documento fiscal, na forma estabelecida pelo CONTRAN.
  - § 2º Será tolerado um percentual sobre os limites de peso bruto total e peso bruto transmitido por eixo de veículos à superfície das vias, quando aferido por equipamento, na forma estabelecida pelo CONTRAN (CTB, Lei 9503/97).

Tal artigo explica que para cada tipo de veículo, existe um limite máximo de peso e dimensão, para que o veículo possa transitar sem problemas, estabelecido pelo Conselho Nacional de Trânsito. Limite esse que, se excedido, impede tal veículo de seguir viagem. A Tabela 1 mostra os pesos e dimensões, permitidos pelo CONTRAN.

Tabela 1: Composições homologadas para transporte de carga  
Fonte: Boreal Adaptada

| Composições                                                                         | Peso máximo permitido por eixo ou conjunto de eixos (toneladas) | Comprimento total em metros |                 |                 |                 |                 |                 |                 | CMT mínima (t) |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
|                                                                                     |                                                                 | < 14,0                      | < 16,0          | 16,0 ≤ C ≤ 18,6 | < 17,5          | 17,5 ≤ C ≤ 19,8 | 19,8 ≤ C ≤ 30,0 | 25,0 ≤ C ≤ 30,0 |                |
|                                                                                     |                                                                 | PBT limite 29 t             | PBT limite 45 t | PBT limite 53 t | PBT limite 45 t | PBT limite 57 t | PBT limite 57 t | PBT limite 74 t |                |
|    | 6+10=16                                                         | 16                          |                 |                 |                 |                 |                 |                 | 16             |
|    | 6+17=23                                                         | 23                          |                 |                 |                 |                 |                 |                 | 23             |
|    | 12+17=29                                                        | 29                          |                 |                 |                 |                 |                 |                 | 29             |
|    | 6+10+10=26                                                      |                             | 26              | 26              |                 |                 |                 |                 | 26             |
|    | 6+10+17=33                                                      |                             | 33              | 33              |                 |                 |                 |                 | 33             |
|    | 6+10+10+10=36                                                   |                             | 36              | 36              |                 |                 |                 |                 | 36             |
|    | 6+10+25,5=41,5                                                  |                             | 41,5            | 41,5            |                 |                 |                 |                 | 41,5           |
|    | 6+10+10+17=43                                                   |                             | 43              | 43              |                 |                 |                 |                 | 43             |
|    | 6+10+10+10+10=46                                                |                             | 45              | 46              |                 |                 |                 |                 | 46             |
|    | 6+17+10=33                                                      |                             | 33              | 33              |                 |                 |                 |                 | 33             |
|   | 6+17+17=40                                                      |                             | 40              | 40              |                 |                 |                 |                 | 40             |
|  | 6+17+10+10=43                                                   |                             | 43              | 43              |                 |                 |                 |                 | 43             |
|  | 6+17+25,5=48,5                                                  |                             | 45              | 48,5            |                 |                 |                 |                 | 48,5           |
|  | 6+17+10+17=50                                                   |                             | 45              | 50              |                 |                 |                 |                 | 50             |
|  | 6+17+10+10+10=53                                                |                             | 45              | 53              |                 |                 |                 |                 | 53             |
|  | 6+10+10+10=36                                                   |                             |                 |                 | 36              | 36              |                 |                 | 36             |
|  | 6+10+10+17=43                                                   |                             |                 |                 | 43              | 43              |                 |                 | 43             |
|  | 6+17+10+10=43                                                   |                             |                 |                 | 43              | 43              |                 |                 | 43             |
|  | 12+17+10+10=49                                                  |                             |                 |                 | 45              | 49              |                 |                 | 49             |
|  | 6+10+17+17=50                                                   |                             |                 |                 | 45              | 50              |                 |                 | 50             |
|  | 6+17+10+17=50                                                   |                             |                 |                 | 45              | 50              |                 |                 | 50             |
|  | 12+17+10+17=56                                                  |                             |                 |                 | 45              | 56              |                 |                 | 56             |
|  | 6+17+17+17=57                                                   |                             |                 |                 | 45              | 57              |                 |                 | 57             |
|  | 6+10+10+10+10=46                                                |                             |                 |                 | 45              | 46              | NEC.AET         |                 | 46             |
|  | 6+17+10+10+10=53                                                |                             |                 |                 | 45              | 53              | NEC.AET         |                 | 53             |
|  | 6+10+17+10+10=53                                                |                             |                 |                 | 45              | 53              | NEC.AET         |                 | 53             |
|  | 6+10+10+17+10=53                                                |                             |                 |                 | 45              | 53              | NEC.AET         |                 | 53             |
|  | 6+10+10+10+17=53                                                |                             |                 |                 | 45              | 53              | NEC.AET         |                 | 53             |
|  | 6+10+10+10=36                                                   |                             |                 |                 | 36              | 36              | NEC.AET         |                 | 36             |
|  | 6+17+10+10=43                                                   |                             |                 |                 | 43              | 43              | NEC.AET         |                 | 43             |

| Composições                                                                                             | Peso máximo permitido por eixo ou conjunto de eixos (toneladas) | Comprimento total em metros |                 |                  |                 |                 |                 |                 | CMT mínima (t) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
|                                                                                                         |                                                                 | < 14,0                      | < 16,0          | 16,0 ≤ C ≤ 18,6  | < 17,5          | 17,5 ≤ C ≤ 19,8 | 19,8 ≤ C ≤ 30,0 | 25,0 ≤ C ≤ 30,0 |                |
|                                                                                                         |                                                                 | PBT limite 29 t             | PBT limite 45 t | PBT limite 53 t  | PBT limite 45 t | PBT limite 57 t | PBT limite 57 t | PBT limite 74 t |                |
|  6+10+17+10=43         | 6+10+17+10=43                                                   |                             |                 |                  | 43              | 43              | NEC.AET         |                 | 43             |
|  6+10+10+17=43         | 6+10+10+17=43                                                   |                             |                 |                  | 43              | 43              | NEC.AET         |                 | 43             |
|  6+17+10+17=50         | 6+17+10+17=50                                                   |                             |                 |                  | 45              | 50              | NEC.AET         |                 | 50             |
|  6+17+17+10=50         | 6+17+17+10=50                                                   |                             |                 |                  | 45              | 50              | NEC.AET         |                 | 50             |
|  6+10+17+17=50         | 6+10+17+17=50                                                   |                             |                 |                  | 45              | 50              | NEC.AET         |                 | 50             |
|  6+17+17+17=57         | 6+17+17+17=57                                                   |                             |                 |                  | 45              | 57              | NEC.AET         |                 | 57             |
|  6+17+25,5+17=65,5     | 6+17+25,5+17=65,5                                               |                             |                 | NECESSITA DE AET |                 |                 |                 | 65,5            | 65,5           |
|  6+17+17+25,5=65,5     | 6+17+17+25,5=65,5                                               |                             |                 | NECESSITA DE AET |                 |                 |                 | 65,5            | 65,5           |
|  6+17+25,5+25,5=74     | 6+17+25,5+25,5=74                                               |                             |                 | NECESSITA DE AET |                 |                 |                 | 74              | 74             |
|  6+17+17+10+10=60      | 6+17+17+10+10=60                                                |                             |                 | NECESSITA DE AET |                 |                 |                 | 60              | 60             |
|  6+17+17+10+17=67     | 6+17+17+10+17=67                                                |                             |                 | NECESSITA DE AET |                 |                 |                 | 67              | 67             |
|  6+17+17+17+17=74    | 6+17+17+17+17=74                                                |                             |                 | NECESSITA DE AET |                 |                 |                 | 74              | 74             |
|  6+17+10+10+10+10=63 | 6+17+10+10+10+10=63                                             |                             |                 | NECESSITA DE AET |                 |                 |                 | 63              | 63             |
|  6+17+30+17+10+10=70 | 6+17+30+17+10+10=70                                             |                             |                 | NECESSITA DE AET |                 |                 |                 | 70              | 70             |
|  6+17+17+17+17=74    | 6+17+17+17+17=74                                                |                             |                 | NECESSITA DE AET |                 |                 |                 | 71              | 74             |

 Eixo de tração
 Caminhão
 Cavalo Mecânico
 Carroceria
 Reboque
 Semi-reboque

Tomando o primeiro caminhão da Tabela 1 como exemplo, podemos verificar que o limite máximo de peso, para esse caminhão, é de dezesseis toneladas, sendo que para distribuir corretamente a carga e atender a legislação, deve-se colocar até seis toneladas de carga no primeiro eixo e até dez toneladas de carga no segundo eixo.

Assim como para o caminhão utilizado como exemplo, todos os caminhões que circulam por nossas estradas possuem esses limites pré-estabelecidos e tabelados, facilitando a fiscalização por parte dos órgãos competentes.

- Artigo 100º - “Nenhum veículo ou combinação de veículos poderá transitar com lotação de passageiros, com peso bruto total, ou com peso bruto total combinado com peso por eixo, superior ao fixado pelo fabricante, nem ultrapassar a capacidade máxima de tração da unidade tratora” (CTB, Lei 9503/97).

Tal artigo complementa o artigo 99º e, para nosso estudo diz que quando um transportador registra numa nota fiscal o peso que está transportando, ele deve seguir

fielmente o valor registrado, pois se ao passar por uma balança de fiscalização sua carga for mais pesada que a registrada em nota, ele sofrerá as sanções pertinentes e não poderá continuar transitando a menos que corrija o valor da carga.

- Artigo 101º - Ao veículo ou combinação de veículos utilizado no transporte de carga indivisível, que não se enquadre nos limites de peso e dimensões estabelecidos pelo CONTRAN, poderá ser concedida, pela autoridade com circunscrição sobre a via, autorização especial de trânsito, com prazo certo, válida para cada viagem, atendidas as medidas de segurança consideradas necessárias.

§ 1º A autorização será concedida mediante requerimento que especificará as características do veículo ou combinação de veículos e de carga, o percurso, a data e o horário do deslocamento inicial.

§ 2º A autorização não exime o beneficiário da responsabilidade por eventuais danos que o veículo ou a combinação de veículos causarem à via ou a terceiros (CTB, Lei 9503/97).

Tal artigo foi complementado pela resolução 341 do CONTRAN e pela portaria 313 do DENATRAN. Tais complementos dizem resumidamente que veículos com até 5% de excesso no PBT (peso bruto total) ou PBTC (peso bruto total combinado por eixo) recebem a autorização específica para prosseguir, mencionada no artigo 101º.

Essa tolerância de 5% foi implantada para sanar casos de erros de precisão, associados às balanças. Era muito comum, antes da aceitação dessa tolerância, a empresa transportadora pesar sua carga antes de transitar pelas estradas e obter, em sua balança particular, um valor dentro do especificado. Porém, ao passar pela balança da rodovia e pesar novamente, constatava um pequeno excesso de peso e era autuado por isso. Tal situação ocorria por causa da diferença de precisão entre as balanças, particular e da rodovia. Com a resolução do CONTRAN e a portaria do DENATRAN, citadas acima, casos como esse puderam ser avaliados com mais coerência e justiça.

- Artigo 256º - A autoridade de trânsito, na esfera das competências estabelecidas neste Código e dentro de sua circunscrição, deverá aplicar, às infrações nele previstas, as seguintes penalidades:
  - I - advertência por escrito;
  - II - multa;
  - III - suspensão do direito de dirigir;
  - IV - apreensão do veículo;

V - cassação da Carteira Nacional de Habilitação;

VI - cassação da Permissão para Dirigir;

VII - frequência obrigatória em curso de reciclagem.

§ 1º A aplicação das penalidades previstas neste Código não elide as punições originárias de ilícitos penais decorrentes de crimes de trânsito, conforme disposições de lei.

§ 2º (VETADO)

§ 3º A imposição da penalidade será comunicada aos órgãos ou entidades executivos de trânsito responsáveis pelo licenciamento do veículo e habilitação do condutor (CTB, Lei 9503/97).

Tal artigo explica quais são os tipos de penalidades previstas em lei para veículos que trafeguem com excesso de peso ou com excesso de peso por eixo. Percebe-se que há muitas opções de punição. Elas variam desde uma simples advertência por escrito até a cassação da Carteira Nacional de Habilitação e apreensão do veículo, sendo dependentes da gravidade e da reincidência da infração cometida, ou seja, aqueles veículos que ultrapassaram muito a carga permitida (muito mais de 5% além do permitido) ou que são reincidentes nessa infração recebem uma punição mais severa.

- Artigo 257º - As penalidades serão impostas ao condutor, ao proprietário do veículo, ao embarcador e ao transportador, salvo os casos de descumprimento de obrigações e deveres impostos a pessoas físicas ou jurídicas, expressamente mencionados neste Código.

§ 4º O embarcador é responsável pela infração relativa ao transporte de carga com excesso de peso nos eixos ou no peso bruto total, quando simultaneamente for o único remetente da carga e o peso declarado na nota fiscal, fatura ou manifesto for inferior àquele aferido (CTB, Lei 9503/97).

Tal artigo menciona as responsabilidades do proprietário, do condutor, do embarcador e do transportador. Como nosso estudo é voltado para resolver os problemas de multas excessivas que uma empresa leva, nossa preocupação ficou somente com as responsabilidades do embarcador, ou seja, da empresa estudada, mencionadas no parágrafo 4º do referido artigo. Nele é dito que a empresa é responsável pela infração relativa ao transporte de carga com excesso de peso nos eixos, quando ela for a única remetente da carga e o peso declarado for inferior ao aferido, ou seja, se houver mais de um embarcador para a carga multada, a empresa não pode ser considerada culpada pela má distribuição das cargas por eixo. Nesse caso, o transportador, que misturou as cargas de dois embarcadores diferentes, se

responsabiliza pela mistura e arca com a punição. Porém se não constar nenhum outro embarcador para a carga multada, a empresa que arcará com a punição e o transportador se isenta nesse caso.

- Artigo 275º - O transbordo da carga com peso excedente é condição para que o veículo possa prosseguir viagem e será efetuado às expensas do proprietário do veículo, sem prejuízo da multa aplicável.

Parágrafo único. Não sendo possível desde logo atender ao disposto neste artigo, o veículo será recolhido ao depósito, sendo liberado após sanada a irregularidade e pagas as despesas de remoção e estadia (CTB, Lei 9503/97).

Tal artigo explica qual o procedimento que deve ser tomado pela empresa que tiver seu caminhão pesado e for constatado excesso de peso por eixo nessa pesagem. A empresa deve, além de receber e assinar a multa por excesso de peso, providenciar o transbordo da carga com peso excedente para que o veículo possa prosseguir viagem. Caso não possa ou não consiga realizar esse transbordo, o veículo é recolhido ao depósito (local existente nas balanças rodoviárias para atender esse tipo de punição), onde fica até conseguir sanar tal irregularidade e pagar despesas de remoção e estadia.

### **2.3 Consequências do excesso de carga**

O excesso de cargas seja em sua capacidade máxima ou máxima por eixo, como já dito, traz inúmeros problemas para as estradas. Buracos, rachaduras, ondulações, dentre outros malefícios, fazem com que o governo gaste mais de 15 bilhões por ano com manutenção de estradas, segundo o Centro de Excelência em Engenharia de Transportes.

Porém, o excesso de cargas não trás preocupações somente com as estradas. O próprio veículo e o próprio condutor correm sérios riscos de acidentes quando trafegam com cargas pesando acima do permitido. Para o veículo seguem algumas limitações impostas pelo excesso de cargas, segundo o DNIT:

- Redução da velocidade em rampas ascendentes: o veículo não consegue ter bom desempenho em subidas, exigindo mais de seu motor, o que diminui sua vida útil;
- Redução da capacidade de frenagem nas descendentes: fica muito mais difícil frear um caminhão quando ele está muito pesado. Numa descida, com excesso de carga, o

caminhão exige um desgaste muito maior de seu sistema de frenagem, que pode vir a falhar, causando acidentes ameaçadores à integridade do condutor;

- **Comprometimento da manobrabilidade:** o veículo, estando muito pesado, perde a facilidade de executar certos tipos de movimento, como por exemplo, fazer uma curva mais fechada ou desviar de algum alvo em um curto espaço de tempo. Essas limitações também podem gerar inúmeros acidentes que colocam em risco a vida do condutor;
- **Aumento do consumo de combustível:** o excesso de carga não trás prejuízos somente à saúde do condutor, mas trás a ele também prejuízos financeiros. Estando mais pesado, o veículo tem seu motor mais exigido, precisa aumentar seu desempenho e acaba, com isso, aumentando o consumo de combustível, o que se torna um gasto a mais para o condutor e para a transportadora.
- **Desgaste prematuro de pneus e outros componentes do veículo:** estando com excesso de peso, todas as partes componentes do veículo recebem carga extra e têm sua vida útil diminuída por isso, trazendo a necessidade de manutenção com mais frequência, o que também significa prejuízo para o transportador;
- **Danos à suspensão:** o excesso de peso também compromete a suspensão do caminhão. A suspensão de cada veículo é projetada para uma determinada carga que, se excedida, compromete o uso do veículo.

Todas essas conseqüências listadas como sendo para os veículos se estendem ao condutor. Isso porque, com o veículo danificado ou impossibilitado de trafegar em condições normais, a vida do condutor é colocada totalmente em risco. Além disso, condutores de outros veículos que trafeguem na estrada, também são expostos aos mesmos riscos sem terem culpa de nada. Por isso, autoridades competentes devem estar sempre fiscalizando as cargas dos veículos, impossibilitando que irregularidades se traduzam em mortes.

## **2.4 Sobre balanças**

A parte mais importante de uma balança rodoviária é o conjunto de sensores de peso, denominados células de carga, que são instalados sob a plataforma de pesagem. As células de carga funcionam como transdutores de medição de força e possuem, nos dias de hoje, várias

opções de aplicação. Além de serem largamente utilizadas em balanças rodoviárias e comerciais, costumam aparecer com frequência na automatização e controle de processos industriais, dentre outras aplicações menos comuns. A popularização do seu uso se deu, devido a presença da variável peso em grande parte das transações comerciais e, sua correta medição, tornou-se condição indispensável para negócios de sucesso (MIROTTI, 2008).

O princípio de funcionamento de uma célula de carga é baseado na variação da resistência ôhmica de um sensor, denominado extensômetro, quando este é submetido a uma deformação, que gera um estreitamento ou uma dilatação da sua seção transversal, fazendo surgir sinal elétrico proporcional à força aplicada (MIROTTI, 2008).

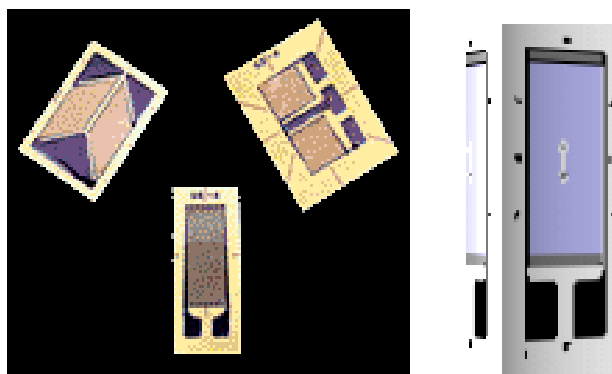


Figura 2: Extensômetro ou Strain-Gage  
Fonte: Primax balanças

Normalmente são usados em células de cargas, quatro desses extensômetro ligados entre si e dispostos de maneira a formar o que chamamos de ponte de Wheatstone, mostrado na Figura 3. O desbalanceamento dessa ponte, causado pela deformação dos extensômetros que a compõem, é proporcional à força que a provoca. Através da medição desse desbalanceamento que se obtém o valor da força aplicada e, conseqüentemente, o valor do peso medido, no caso da balança rodoviária (MIROTTI, 2008).

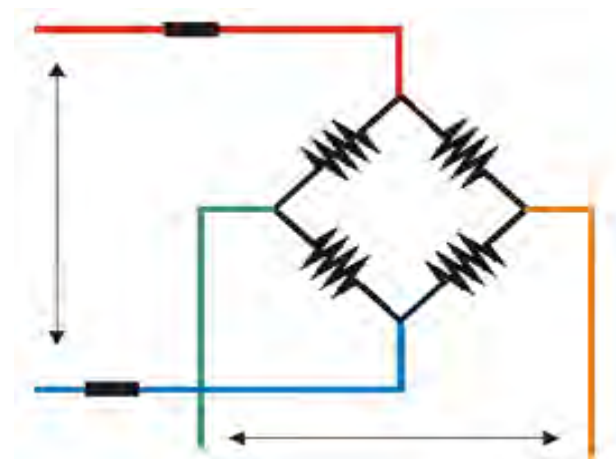


Figura 3: Ponte de Wheatstone  
Fonte: Primax balanças

Na composição do corpo da célula de carga, os extensômetros são colocados junto a uma peça metálica, de forma que a força medida atue sobre o corpo da célula e seja totalmente transmitida a um extensômetro, para que este seja deformado e consiga medir a intensidade dessa força. Assim, a forma, materiais utilizados e demais características do corpo da célula, devem ser objeto de um minucioso estudo, para que se possa garantir que a relação de proporcionalidade entre a intensidade da força atuante e a conseqüente deformação dos extensômetros seja preservada, independentemente das condições ambientais (MIROTTI, 2008).

Também é comum a necessidade de se compensar os efeitos de variação de temperatura, visto que eles geram deformações no corpo, que podem ser confundidas com a deformação provocada pela força a ser medida. Para essa compensação, introduzem-se no circuito de Wheatstone resistências que variem com o calor de forma inversa a dos extensômetros (MIROTTI, 2008).

Outros efeitos presente no ciclo de pesagem, como histerese (decorrente de trocas térmicas com o ambiente), repetitividade (indicação da mesma deformação decorrente da aplicação da mesma carga sucessivamente) e fluência (variação da deformação ao longo do tempo após a aplicação da carga), devem ser controlados através do uso de materiais adequados e da correta aplicação da força sobre a célula de carga (MIROTTI, 2008).

Segundo o catálogo do fornecedor, existem vários tipos de célula de carga. Essa diversidade iniciou-se com as alavancas no final do século XIX, que utilizavam uma célula de carga mecânica, sem muita tecnologia. Depois disso vieram na seqüência, a célula de carga

analógica, a analógica com digitalização externa, a digital comum e a digital inteligente. As diferenças entre elas podem ser vistas na Figura 4.

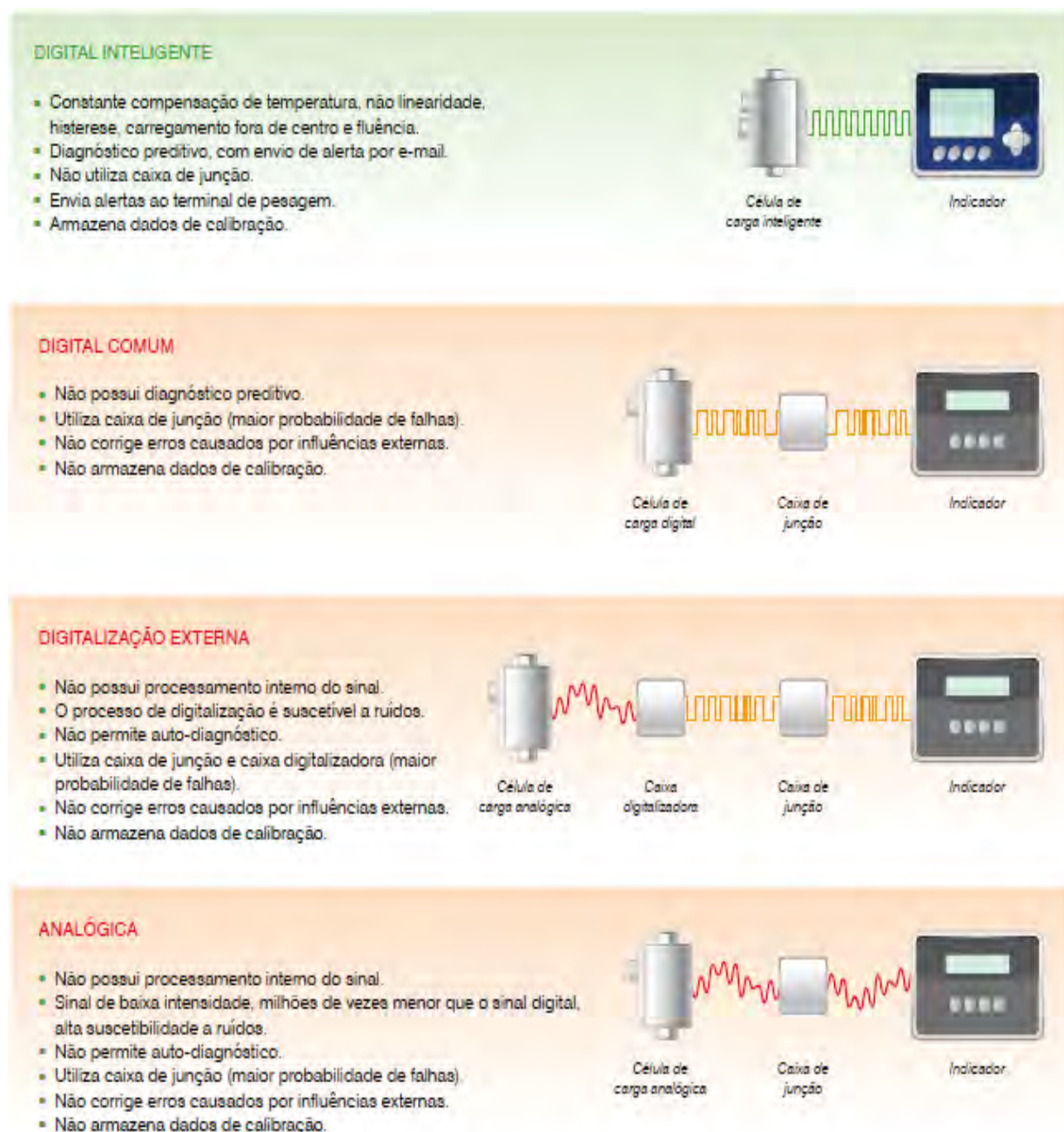


Figura 4: Comparação entre diferentes células de carga  
Fonte: Catálogo do fornecedor da balança

## 2.5 Estudo de caso

A empresa estudada é uma indústria multinacional química, com mais de 100 anos de história. Em suas operações de logística, transporta uma infinidade de produtos, contando com

cargas sólidas e líquidas, sempre preocupada em não exceder o limite de carga máxima permitida pela legislação. Para isso a empresa conta com duas balanças, com comprimento de 18 metros e capacidade de 60 toneladas cada, limitando-se a pesar veículos com no máximo esse comprimento e massa. Rodotrens e bi-trens, que são veículos com comprimento maior que 18 metros, por exemplo, não podem ser pesados hoje em dia na empresa, a não ser que haja um desmembramento de carga, ou seja, desacopla-se uma carroceria da outra e pesa-se uma de cada vez, demandando um tempo muito grande para essa operação. A empresa possui interesse em pesar esses tipos de veículos longos, porque eles são cada vez mais frequentes no mercado logístico e carregam mais carga numa só viagem, porém necessita de uma balança maior e com maior capacidade de pesagem para conseguir fazê-lo.

Além das limitações de comprimento e peso, essas duas balanças da empresa não possuem a tecnologia de pesagem por eixo, ou seja, apesar de estar preocupada em não exceder a carga máxima permitida por lei, a empresa não mostra a mesma preocupação em fiscalizar o excesso de peso por eixo do veículo. Tal negligência faz com que a empresa seja largamente autuada por essa infração, chegando a valores de mais de 200 mil reais por ano em multas devido à distribuição incorreta das cargas por eixo dos veículos. Somente nos últimos seis meses, a empresa foi autuada em 290 mil reais pelo mesmo motivo, sendo 55 mil reais em uma unidade e 235 mil reais em outra unidade mais crítica. A balança rodoviária que mais multa a empresa localiza-se na cidade de Guararema-SP. Pior que o prejuízo financeiro é o prejuízo moral e a perda em marketing que a marca da empresa sofre. Estar fora da lei e prejudicando as estradas no transporte de suas cargas vai contra os princípios de sustentabilidade, preservação ambiental e preservação do patrimônio público pregados pela empresa perante seus colaboradores e comunidade. Essa falta de coerência entre o que é tido como valor e princípio pela empresa e o que realmente é feito e defendido na prática traz uma imagem negativa para a marca da empresa, o que em longo prazo pode influenciar os clientes numa possível recusa da marca.

Diante dos problemas e dos dados expostos acima, disponibilizados pela empresa, um projeto de melhoria foi proposto para acabar com todas essas dificuldades que a empresa tinha. Esse projeto visa à implantação de um sistema de pesagem por eixo moderno, contando com uma balança nova, totalmente automatizada e integrada aos softwares de controle já existentes nas balanças antigas. A nova balança seria maior e suportaria maior peso, resolvendo o problema de pesagem de veículos longos (rodotrens e bi-trens) e, principalmente, pesaria por eixo cada veículo que entrasse ou saísse de dentro da organização,

tornando extintas as multas tomadas pela empresa por cargas mal distribuídas. Desse modo, a empresa ampliaria a sua capacidade de portaria de cargas, possibilitando o recebimento de qualquer tipo de veículo longo, ao mesmo tempo em que deixaria de pagar altíssimos valores de multa por excesso de peso por eixo, já que passaria a fiscalizar esse item, e resgataria, com isso, sua imagem perante clientes, comunidade, órgãos públicos e colaboradores.

Para a execução desse projeto e instalação de uma nova balança, a empresa possui hoje uma área de 75000 metros quadrados, justamente destinados a futuros investimentos da logística e localizada próxima ao maior depósito da indústria. Com espaço físico disponível e garantia de retorno financeiro a um curto prazo, o projeto proposto tornou-se muito atrativo para a empresa, que logo aprovou sua execução. A partir daí, várias tecnologias de sistemas de pesagem foram estudados, até chegarmos a uma balança que foi considerada a ideal para resolver os problemas da organização.

## **2.6 A balança**

Após analisar a situação da empresa, considerando todos seus problemas e todas as possibilidades oferecidas, congelou-se o escopo de uma balança que atendesse a demanda solicitada e resolvesse o problema das autuações sofridas. Optou-se por uma balança com um sistema totalmente automatizado, composto por:

- Sensores de posicionamento, que garantem o posicionamento correto do veículo na plataforma de pesagem;
- Displays remotos, que fornecem a informação de peso, além de mensagens orientativas para o motorista;
- Cancelas, que possuem a função de controlar a entrada e saída dos veículos na plataforma de pesagem;
- Semáforos, que fazem o acionamento da sinalização para entrada e saída na balança;
- Transponder ou código de barras, que garantem que a pesagem seja realizada automaticamente, sem intervenção de operadores;
- Câmera fotográfica, que faz o registro fotográfico do veículo no momento da leitura do peso;

- Caixa de comandos e sinalização, que realiza um controle manual dos recursos de automação e um acompanhamento através de LEDs;
- Terminais, que fornecem informações da pesagem e do controle da automação, substituindo o uso de um computador, além de um sistema de detecção automática de falhas, funcionando 24 horas por dia, ou seja, a balança alerta o usuário quando e onde haverá qualquer tipo de falha em seu sistema, em tempo real.

Toda essa tecnologia foi necessária, não somente para garantir o controle sobre a correta distribuição de cargas nos eixos dos veículos e zerar o número de multas recebidas pela empresa, mas também para diminuir o tempo de espera que os transportadores, que utilizam a portaria de cargas da empresa, são obrigados a ter, na fila de realização do check-list, ou seja, na conferência que existe entre nota fiscal e carga transportada, realizada na entrada e saída dos veículos. Agilizando esse processo interno, a empresa otimiza suas operações logísticas e garante um bom atendimento a todas as transportadoras que trabalhem em suas instalações, melhorando assim, sua imagem perante parceiros. Outra vantagem da nova balança é que ela se adequa e pode ser integrada aos sistemas de gerenciamento já existentes na organização, ou seja, ela não precisa de um software próprio para realizar operações de identificação e controle de entrada e saída. A nova balança aproveita os sistemas existentes e se adapta a eles, fazendo com que a empresa não precise adquirir outras tecnologias e economize nesse ponto.

Outro ponto largamente discutido foi o tamanho e a capacidade máxima de pesagem dessa nova balança. Alinhados, os setores de engenharia, logística e manutenção da empresa, decidiram que com uma balança de 30 metros de comprimento e capacidade para pesar até 100 toneladas, pesando nos dois sentidos (tanto na entrada como na saída), a empresa, apesar de ainda ficar limitada na pesagem de alguns veículos extremamente longos (como tri-trem e treminhão, por exemplo), atingiria seus objetivos iniciais e conseguiria pesar rodotrens e bi-trens, com essas capacidades. Por motivo de interesse próprio e posicionamento estratégico, a empresa optou em não investir em uma balança que atendesse qualquer tipo e tamanho de veículos existentes e que, por isso, tinha um custo inicial mais alto do que o custo da balança escolhida. Foi escolhido um ponto ótimo entre ter um menor custo de aquisição e instalação e atender às necessidades da empresa.

Foi observado que a nova balança, para ser construída, precisaria de uma área de 288 metros quadrados, com largura de 3,2 metros (suficiente para pesar os veículos longos requeridos) e um comprimento de 90 metros. Apesar de a balança ter 30 metros de

comprimento, é necessário que sua pista de entrada esteja nivelada e tenha um comprimento igual ao da balança, ou seja, 30 metros, para que os veículos entrem para a pesagem o mais alinhado possível, ajudando a evitar possíveis erros de medida (como ficou decidido que a nova balança pesaria nos dois sentidos, entrada e saída, é necessário 30 metros de pista antes e 30 metros depois da balança, totalizando 90 metros de comprimento necessários). A área requerida mostrou-se muito menor do que a área disponível de 75000 metros quadrados, não havendo, portanto, nenhum impedimento para o projeto nesse sentido.

Falando estruturalmente, a nova balança é composta por perfis metálicos certificados, projetados através de estudos de análise estrutural de elementos finitos e estudo de fadiga de materiais, e parafusos estruturais com tratamento geomet. Segundo a Chousa do Brasil - tratamentos superficiais, esse tratamento faz parte de uma nova geração de revestimentos em base aquosa, isento de cromo e outros metais pesados, desenvolvido para atender às regulamentações ambientais. Contêm flocos de zinco, alumínio e outros agentes químicos específicos, especialmente formulados para proteção de substratos de ferro, aço, alumínio e zinco. Possui auto grau de proteção contra corrosão, aumenta a segurança quanto a riscos de autoignição e fogo, além de conferir ao substrato resistência à temperatura, resistência a produtos orgânicos, condutividade elétrica e ancoragem para pintura. Além disso, a plataforma da balança conta com limitadores de movimentos, longitudinais e transversais, que atuam com o auto-alinhamento de suas células de carga, posicionando o veículo de maneira adequada para iniciar a pesagem. Como opções de instalação, a balança poderia ser montada sobre o piso, semi-embutida ou embutida, como mostra a Figura 5.



Figura 5: Opções de instalação  
Fonte: Catálogo do fornecedor da balança

Devido às características planas da área disponível para a construção da balança na empresa, optou-se por uma instalação semi-embutida, pois no ponto de vista de construções civis, era a opção mais rentável no caso. Na Figura 6 podemos ter uma idéia de como é a plataforma de pesagem descrita.



Figura 6: Plataforma - estrutura metálica  
Fonte: Catálogo do fornecedor da balança

Depois de pronta a estrutura metálica, como a da Figura 6, é colocada uma cobertura. As plataformas das balanças rodoviárias recebem, normalmente, cobertura de concreto. Em alguns casos especiais, a cobertura pode ser feita com chapas de aço carbono ou chapas preparadas para receberem grelhas. No nosso estudo, porém, a cobertura escolhida foi a de concreto, mais comum e barata.

Como dito anteriormente, na seção 2.4, a parte mais importante das balanças rodoviárias são as células de carga, ou seja, os sensores de peso que são instalados sob a plataforma. Para a implantação da nova balança na empresa estudada, foi escolhido o que existe de mais avançado no mundo para pesagem de caminhões, em termos de célula de carga. Trata-se da célula de carga inteligente PDX, a qual pertence à terceira geração de células de carga digitais. Na Figura 7, fica bem ilustrada a posição de liderança da célula de carga PDX na evolução tecnológica da pesagem de caminhões.

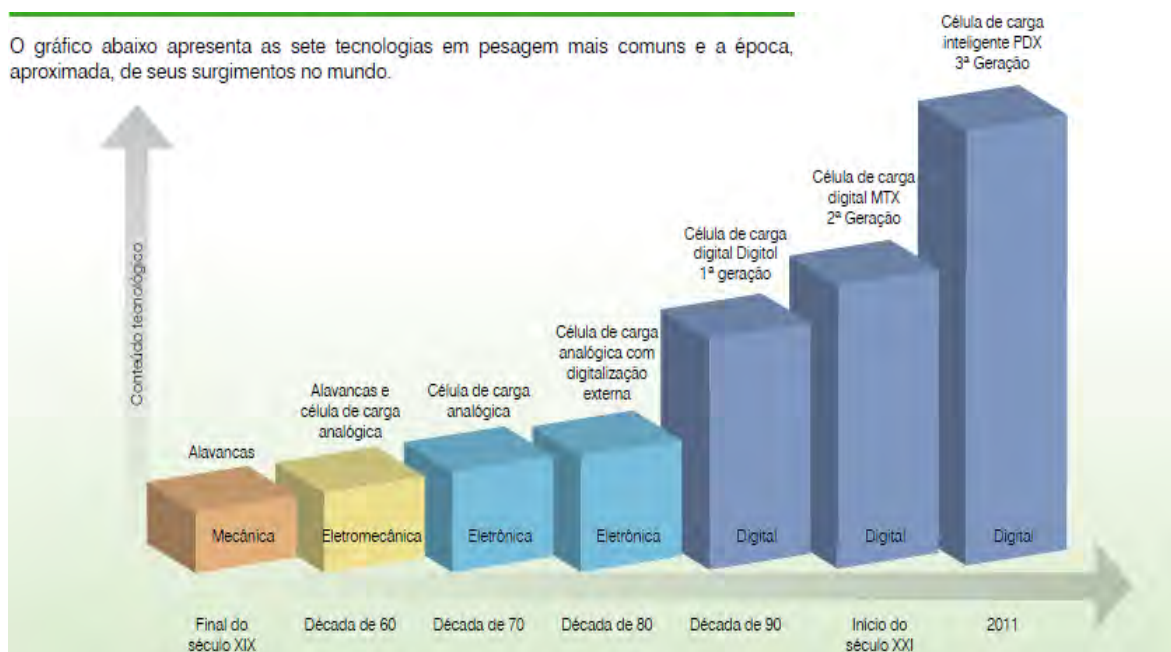


Figura 7: Evolução tecnológica da pesagem de caminhões

Fonte: Catálogo do fornecedor da balança

Nota-se claramente na Figura 7 que a célula de carga inteligente PDX, possui um conteúdo tecnológico muito maior do que suas antecessoras e, com isso, possui muitas vantagens, no seu uso, em relação às demais células.

Segundo o catálogo do fornecedor, uma das vantagens dessa célula de carga é possuir um microprocessador interno, que controla o desempenho e avalia continuamente se as condições ambientais estão adequadas, compensando automaticamente as variações indesejadas causadas por influências externas, tais como: mudanças de temperatura, não linearidade, histerese, interferências eletromagnéticas, carregamento fora de centro, inclinação da célula, dentre outros. Assim, a célula de carga inteligente PDX corrige cada condição adversa à pesagem, garantindo o rigor metálico e prevendo falhas causadas por agentes externos.

Outra vantagem dessa célula de carga é que, em sua instalação, não é necessário utilizar caixa de junção (caixa onde ficam os conectores que interligam as células de carga).

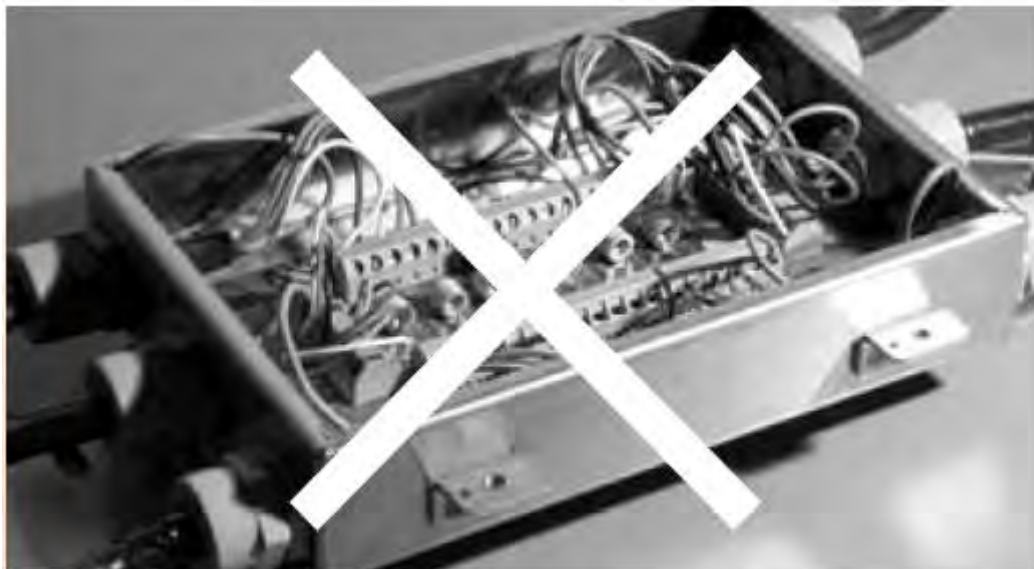


Figura 8: Caixa de junção  
Fonte: Catálogo do fornecedor da balança

A maior parte dos chamados de manutenção, para balanças rodoviárias, é feita devido a problemas nas suas caixas de junção. Como normalmente elas ficam expostas ao tempo, são facilmente atingidas por penetração de umidade, o que ocasiona falhas nas conexões e pequenos erros de pesagem. O reparo de uma dessas caixas requer a abertura da mesma e um novo ajuste de configurações da balança, demandando um tempo excessivo de reparo e expondo o equipamento a outros riscos, como a falta de cuidado do operador, que pode, num processo de manutenção, danificar conectores em perfeitas condições, que estejam na mesma caixa de junção de conectores já danificados.

Com a não utilização das caixas de junção, diminui-se a quantidade de conexões necessárias ao projeto da balança, diminuindo também a possibilidade de falhas nestes conectores. A Figura 9 ilustra bem essa situação.

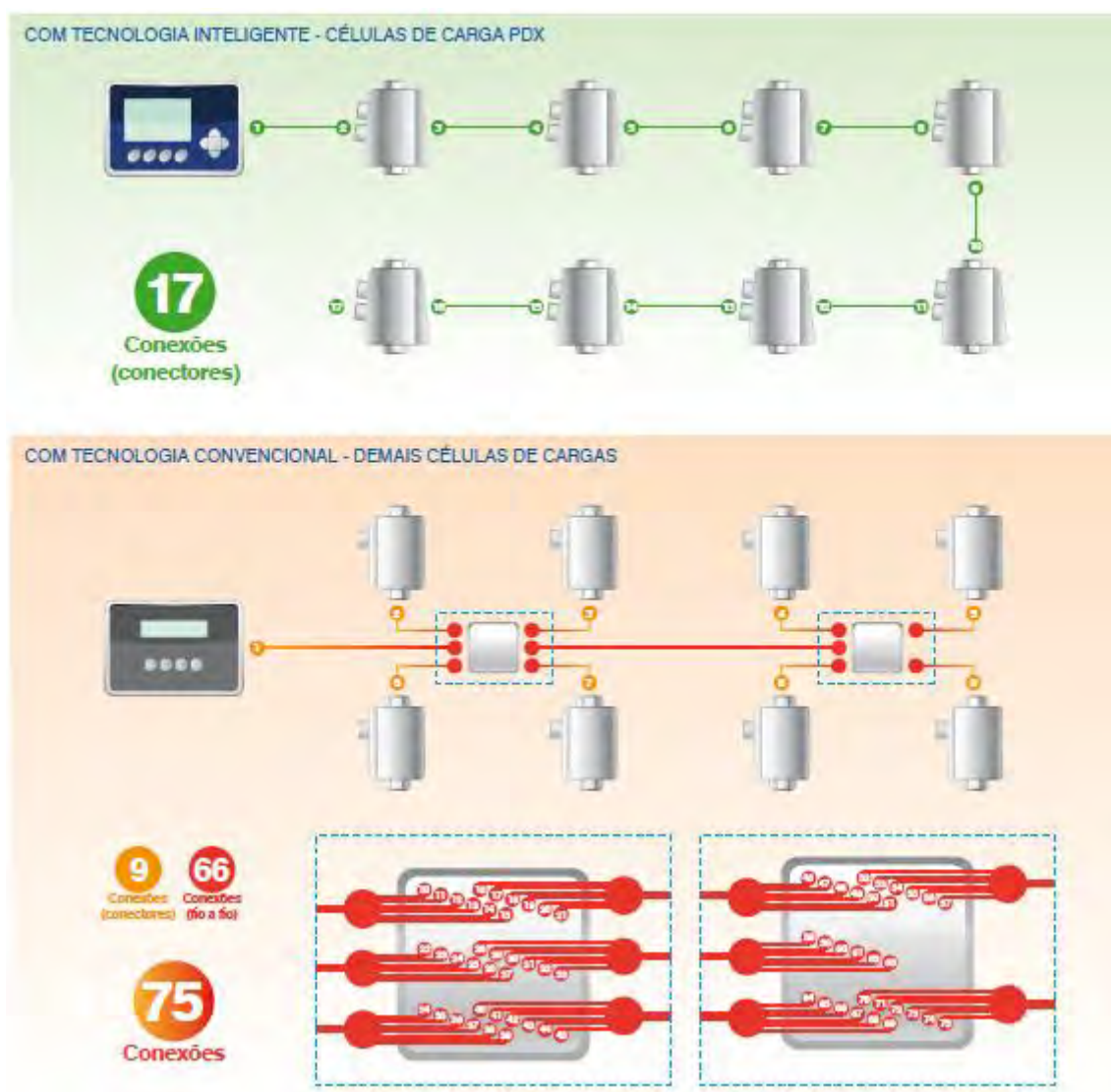


Figura 9: Uso de diferentes células de carga num mesmo sistema eletrônico  
 Fonte: Catálogo do fornecedor da balança

Como podemos ver na Figura 9, para um mesmo sistema eletrônico de pesagem, são necessárias 17 conexões, quando se utilizam células de carga inteligente PDX (sem caixa de junção), e 75 conexões, quando se utilizam outras células de carga que requerem caixas de junção na instalação. As chances de ocorrerem falhas nas conexões são muito maiores no uso de células de carga que precisam de caixa de junção, justamente por existirem muito mais conexões.

Sem caixas de junção, o projeto obtém um aumento na confiabilidade dos equipamentos, além de reduzir a probabilidade de falhas e o tempo de parada para manutenção, diminuindo assim, o custo total de propriedade.

O custo total de propriedade é um somatório composto por custos iniciais, custos fixos e custos variáveis, segundo o catálogo do fornecedor. O Quadro 1 mostra do que é composto cada um desses três tipos de custos.

Quadro 1: Custos que compõem o custo total de propriedade  
Fonte: Catálogo do fornecedor da balança

|                  |                            |
|------------------|----------------------------|
| Custos Iniciais  | Preço de compra da balança |
|                  | Custo de instalação        |
| Custos Fixos     | Calibração e certificação  |
|                  | Manutenção regular         |
| Custos Variáveis | Erros de pesagem           |
|                  | Tempo de parada            |
|                  | Manutenção de emergência   |
|                  | Substituição prematura     |

Os custos iniciais e os custos fixos de uma balança são fáceis de serem previstos. Preço de compra, custos de instalação, calibração, certificação e manutenção regular, são conhecidos no início do projeto e não variam ao longo da execução do mesmo. O maior problema está em estimar os valores dos custos variáveis. Não se sabe no início do projeto, quanto será investido em manutenções de emergência e substituições prematuras e o quanto será perdido, com erros de pesagem e grandes tempos de parada, isto porque, espera-se sempre um excelente desempenho dos equipamentos após instalação e um grande tempo de vida útil da balança.

Com o uso da célula de carga inteligente PDX, o custo de manutenções inesperadas deixa de ser uma surpresa. Com sua excelente confiabilidade e com a realização de diagnósticos avançados, através de seu sistema de detecção automática de falhas, que envia alertas de erros e defeitos ao terminal de pesagem e ao e-mail do administrador, a célula PDX praticamente elimina os custos com manutenções de emergência, trazendo retorno financeiro, enquanto que as outras células, não conseguindo eliminar essas manutenções inesperadas, se tornam um investimento de risco, segundo o catálogo 900i, da balança proposta.

## 2.7 Montagem

Depois de conhecidas às estruturas e as vantagens da nova balança, foi definido pela empresa um plano de montagem em cinco etapas sequenciais:

1. A primeira etapa da montagem é a execução das obras civis da fundação, incluindo execução de paredes laterais e pilares. Também faz parte dessa etapa a instalação elétrica para a ligação do equipamento.
2. A segunda etapa de montagem consiste na instalação da estrutura metálica. Para isso é necessário fazer o nivelamento das sapatas, a colocação dos pinos, a montagem das longarinas e travessas, além de instalar os limitadores longitudinais e transversais.
3. A terceira etapa de montagem se trata da execução das obras civis finais, incluindo a confecção da cobertura de concreto da plataforma e montagem do guarda-rodas. Além disso, nessa fase são feitos os ajustes finais para que a plataforma fique perfeitamente semi-embutida no terreno da empresa.
4. Na quarta fase da montagem é feita a instalação da parte eletrônica da balança, incluindo a colocação das células de carga PDX, cabos de comunicação, terminais e sistemas de proteção contra surtos de tensão.
5. Por fim, são realizados os ajustes finais e a calibração da balança com pesos padrão.

## 2.8 Projeção de resultados

Como o projeto da balança não terá tempo hábil para ser totalmente implantado na empresa referida, até o fim deste trabalho de graduação, não se pode apresentar resultados concretos e completa verificação dos objetivos neste momento. Porém, como o projeto já está totalmente definido, pode-se apresentar o que chamamos de projeção de resultados, que consiste na apresentação do cálculo de retorno do investimento.

Em termos de custos, a empresa exigia, para a execução do projeto, um retorno financeiro, garantido em no máximo três anos. A Tabela 2 mostra os valores aproximados deste projeto, fornecidos gentilmente pela empresa estudada, para execução deste trabalho.

Tabela 2: Retorno financeiro  
Fonte: Autoria própria

| ITEM                                                                            | VALOR          |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Custo total aproximado do fornecimento de equipamento e serviços especializados | R\$ 304.000,00 |
| Custo aproximado de obras civis de infra-estrutura                              | R\$ 200.000,00 |
| Custo aproximado das multas sofridas por ano                                    | R\$ 200.000,00 |
| Tempo máximo para retorno financeiro                                            | 3 anos         |
| Tempo esperado para o retorno financeiro                                        | 2,52 anos      |

Nota-se que este projeto, além de resolver os problemas propostos, trará o retorno financeiro dentro do prazo (aproximadamente 2,52 anos) disponibilizado pela empresa, tornando-se apto para execução nesta empresa.

### **3 CONCLUSÃO**

#### **3.1 Verificação dos objetivos**

Com a realização deste trabalho, de acordo com os objetivos iniciais, conseguiu-se ter o total entendimento do funcionamento de um sistema de pesagem por eixo moderno e, diante desse aprendizado, era esperada a criação de um projeto rentável para implantação de um sistema de pesagem por eixo, que acabasse com as multas sofridas pela empresa e resgatasse sua imagem perante a legislação. Este projeto foi criado e detalhado, visando à correta distribuição das cargas por eixo, preocupação que não havia anteriormente na empresa. Sendo assim, após sua total implantação, a empresa terá condições de extinguir as autuações sofridas por excesso de carga por eixo. Com as multas extintas, a empresa poderá investir em propaganda e marketing, exaltando as melhorias, trazidas pelo projeto, para as estradas e para a imagem da própria empresa, recuperando assim, a idéia de uma empresa correta e respeitadora das leis.

#### **3.2 Dificuldades encontradas**

Poucas foram as dificuldades encontradas para a realização deste trabalho e execução do estudo de caso. Uma delas foi o fato de ter acesso restrito para coleta de dados precisos, relacionados aos custos referentes à balança e ao custo total de propriedade, de uma maneira geral. Diante desse problema e da impossibilidade, colocada pela empresa estudada de divulgar tais custos, optou-se por trabalhar com valores aproximados neste trabalho, o que não interferiu nos resultados finais. Outro ponto observado foi o longo tempo de espera, entre a proposta do projeto e sua aprovação para a execução por parte da empresa, o que impossibilitou o término da implantação da balança, antes da conclusão e apresentação deste trabalho. Diante desse cenário, optou-se pela substituição do item “Resultados” pelo item “Projeção de Resultados”, o que não alterou as considerações finais deste trabalho.

### **3.3 Sugestões para atividades futuras**

Para atingir os resultados esperados, obviamente a empresa deve terminar de implantar o sistema de pesagem proposto e começar a operá-lo se beneficiando do investimento. Além disso, vale lembrar que tal sistema possui capacidade limitada de pesagem. Tri-trem, treminhão e demais veículos desse porte não poderão ser pesados por essa nova balança. Diante disso, propõe-se uma revisão futura nos valores da capacidade da nossa balança, aumentando-os. O mercado logístico não para de crescer e estar pronto para receber qualquer tipo de veículo transportador, além de ser uma vantagem econômica agrega em termos de marketing para a empresa.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Transporte Rodoviário de Carga**. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/legislacao/Internacional/index.asp>>. Acesso em: 21 out. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TRANSPORTE E LOGÍSTICA DE PRODUTOS PERIGOSOS. **Regulamentação da pesagem de cargas em rodovias**: Circular nº 36. Disponível em: <<http://www.ntcelogistica.org.br/arquivos/tecnicos/20100712excessopeso.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2011.

CONGRESSO NACIONAL. **Código de Trânsito Brasileiro**: Lei nº 9.503/1997. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/ctb.htm>>. Acesso em: 21 out. 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Plano diretor nacional estratégico de pesagem: Audiência pública. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/pesagem/audienciapublica-pdnet.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2011.

MIGUEZ, Ostório Vieira. **O excesso de cargas nas rodovias**. Espírito Santo, 2007. 42 p.

MIROTTI, Mauricio. Definição de célula de carga. Disponível em: <[http://www.primaxbalancas.com.br/site200801a/celulas\\_conceito.htm](http://www.primaxbalancas.com.br/site200801a/celulas_conceito.htm)>. Acesso em: 10 nov. 2008.

REIS, Neuto Gonçalves Dos. **Lei da balança**: Contran regulamenta, finalmente, o método de pesagem de veículos. Disponível em: <<http://www.setcepb.com.br/art.php?idpf=16&idft=755>>. Acesso em: 15 out. 2011.

TOLEDO. **Catálogo 900i**: Célula de carga inteligente PDX. Disponível em: <<http://www.toledobrasil.com.br/produtos/balanca/900i/celulas-carga.php>>. Acesso em: 20 out. 2011.