



# ELABORAÇÃO DO DESAFIO RODOVIÁRIO - FASE 1: ESTUDO E VIABILIDADE DA ADAPTAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS EM ESCALA REDUZIDA

*M. Michelini<sup>1</sup>; F. Janissek<sup>2</sup>; L. Masso<sup>3</sup>; M. Souza<sup>4</sup>; D. Vicentini<sup>5</sup>*

*<sup>1-4</sup>GET, Setor de Tecnologia, UFPR. E-mail: getufpr@gmail.com*

*<sup>5</sup>GPDAl, Depto. de Transportes, Setor de Tecnologia, UFPR. E-mail: vicentini@ufpr.br*

## RESUMO

Sendo o maior e mais importante sistema de transporte no país, o sistema rodoviário requer grande atenção e especialização nos seus projetos. Por conta disso, é essencial buscar formas criativas de ensinar os futuros engenheiros, garantindo a durabilidade e qualidade desse sistema. Nesse trabalho, são estudados o uso de modelos reduzidos e um desafio universitário como forma de introduzir aos estudantes situações próximas da realidade e obter maior eficiência no aprendizado. A fase inicial deste projeto, e à qual corresponde este artigo, consiste em verificar a viabilidade de produção de um modelo reduzido de rodovia. Para isso, foram determinados, a partir de testes e análises, os veículos de projeto e os materiais a serem utilizados no modelo. A partir dessas análises, foi concluído que é possível realizar, *a priori*, um modelo reduzido, seguindo um limite de declividade longitudinal de 20° no plano do modelo, uma escala média de 1:65 para os parâmetros de dimensões do veículo de projeto e um valor de escala de 1:37300 para a conversão de parâmetros influenciados pela gravidade e massa.

**PALAVRAS-CHAVE:** rodovia, ensino, modelo reduzido, competição, projeto geométrico de estradas.

## ABSTRACT

*As the largest and most important transportation system in the country, the road system requires great attention and specialization in its projects. Because of this, it is essential to seek creative ways to teach future engineers, ensuring the durability and quality of the system. In this work, the use of reduced models and university challenge are proposed as a way of introducing students to situations closer to reality. This would allow to achieve greater efficiency in learning. The initial phase of this project, i.e. the one to which this article corresponds, consists of verifying the feasibility of producing a reduced model of a highway. For this purpose, tests and analyzes were performed in order to establish the project vehicles and model materials. From these experiments, it can be concluded preliminarily that is possible to perform a reduced model, with a 20° longitudinal slope limit in the model plane. Also, an average scale of 1:65 for the dimensions' parameters of the project vehicle and a scale value of 1: 37300 for the conversion of parameters influenced by gravity and mass can be adopted.*

**KEYWORDS:** highway, education, reduced model, competition, geometric design of roadways.

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar de sua importância, foi apenas a partir dos anos 40 que o transporte rodoviário começou a ganhar força no Brasil. A Lei Joppert de 1945 (BRASIL, 1945) concedeu autonomia técnica e financeira ao DNER (criado em 1937), impulsionando a construção de rodovias federais, que passou de 423 km de extensão em 1940 para 968 km em 1950 (DNIT,



2020). Desde então o sistema rodoviário passou a ser o maior e de mais importância no país, sendo hoje responsável por 61,1% do transporte de carga no Brasil (CNT, 2019). A primeira normativa para o projeto de rodovias rurais surgiu em 1979. Baseada nas diretrizes da AASHTO, foi atualizada em 1999, sendo a norma vigente utilizada até hoje (DNER, 1999).

Por outro lado, pode-se dizer, de modo geral, que o ensino de engenharia no país é tradicionalista. Em 2008, Ribeiro (2008) constatou que esse pode ser um dos fatores a gerar evasão de alunos, principalmente durante o chamado “ciclo básico”.

Para tornar o ensino da engenharia mais interessante, algumas alternativas vêm sendo propostas. Amorim (2006) destacou a relevância do uso de bancadas experimentais no ensino da engenharia, utilizando modelos em escala reduzida para testar e validar conceitos e aplicações teóricas em vibrações, facilitando o entendimento de modelos matemáticos muitas vezes abstratos. Esse tipo de iniciativa tem se mostrado importante para estimular o interesse dos alunos, além de aumentar a eficiência no aprendizado. Além disso, o uso de modelos reduzidos é particularmente vantajoso, pois permite representar os fenômenos e ações da escala real em uma escala menor, exequível em espaço restrito e com demanda menor de recursos.

No âmbito de projetos geométricos de rodovias, cabe destacar o Projeto Ponto de Partida (GARCÍA, 2017), em que os alunos formam empresas fictícias responsáveis pela elaboração de um projeto de infraestrutura viária, e no decorrer das atividades conseguem ter contato com as principais etapas de um projeto real.

As competições ou desafios universitários têm sido outra vertente interessante no aprendizado de engenharia. Segundo De Moura e Costa (2014), equipes extracurriculares para a formulação de projetos e competições são importantes para o aluno ter contato com problemas práticos, além de permitir o aprendizado de habilidades que proporcionarão um ganho na qualificação profissional.

Na Universidade Federal do Paraná (UFPR), um dos primeiros recursos orientados a este estilo foi a Competição de Pontes de Papel, criada em 2011 e desenvolvida pelo Programa de Educação Tutorial (PET, 2020). Nesta competição, realizada anualmente, os alunos devem fazer um projeto de uma ponte treliçada, confeccionando seu modelo reduzido, utilizando apenas papel e cola. O objetivo principal, no entanto, é suportar uma determinada carga com a menor quantidade de papel possível (PET, 2016). Outras



competições similares a esta são realizadas no país e mundialmente (CENTAMORI, 2019; JUSTINO, 2018; TEACHENGINEERING, 2020).

Outro trabalho de destaque no âmbito da UFPR é o Desafio Intermodal de Curitiba, promovido pelo programa Ciclovida da Universidade Federal do Paraná (UFPR, 2020). O objetivo é encontrar o modal mais eficiente para fazer um percurso de aproximadamente 10km durante o horário de pico, avaliando o tempo de deslocamento, custo e emissão de poluentes. Soma-se a este, também na área de Transportes, a criação da Competição de Microssimulação, proposta pelo Grupo de Estudos em Transportes (GET, 2020), com o objetivo de aprofundar conhecimentos de engenharia através do uso de software específico. Neste desafio, o objetivo é otimizar o desempenho de uma parcela da malha urbana pré-estabelecida, aprimorando os conhecimentos dos participantes na área de microssimulação de tráfego.

Em parceria com o Grupo de Estudos em Geotecnia (GEGEO, 2020), o PET Engenharia Civil, da UFPR também criou, mais recentemente, o Desafio de Taludes. O objetivo é o desenvolvimento de um modelo reduzido de terra armada com papel, cola e areia. Essa atividade requer a compreensão dos fenômenos, realizar o dimensionamento, detalhamento, execução e gerenciamento de tempo.

O objetivo do presente trabalho (Fase 1) é verificar a viabilidade de adaptação de uma rodovia genérica para um modelo reduzido, utilizando materiais acessíveis. Para isso, será realizado um estudo (ainda em fase preliminar) para a adequação das diretrizes de projeto contidas na norma (DNER, 1999) para a escala do modelo. Em uma fase posterior, caso seja verificada a viabilidade deste projeto, será criado o Desafio Rodoviário (competição), onde as equipes de alunos deverão produzir um modelo reduzido de uma rodovia, a partir de normas próprias adaptadas, materiais e critérios de avaliação previamente definidos. O veículo em miniatura deverá então percorrer uma determinada rota, calculada com parâmetros de projeto adaptados, sujeito somente às forças da gravidade. Estas etapas são melhor explicadas a seguir.

## **2. METODOLOGIA**

O Projeto de Elaboração do Desafio Rodoviário foi dividido em um total de seis fases, sendo: a) a primeira para a pesquisa de materiais da estrutura do modelo reduzido (levantamento dos materiais, recursos, disponibilidade e suas propriedades mecânicas),



determinação do veículo de projeto (suas propriedades, determinação da velocidade do protótipo); b) a segunda consiste na análise e estudo das normas vigentes com o intuito de adaptar conceitos, formulações e requisitos de projeto real para a escala reduzida do protótipo (projeto básico preliminar); c) a terceira consiste no estudo de viabilidade da execução do projeto utilizando software específico da área de projetos de Infraestruturas, aquisição dos materiais e a confecção da pista protótipo. Verificadas as limitações de projeto e execução, a quarta, quinta e sexta etapas estarão centralizadas na realização do Desafio Rodoviário propriamente dito (estabelecimento das regras, sistema de pontuação, premiação, número de participantes e de equipes, publicações e difusão, busca de patrocínio). O presente trabalho está centrado nos avanços relativos à Fase 1 do Projeto.

Para isso foi necessário um estudo preliminar da norma (DNER, 1999), estudo dos materiais e dos equipamentos existentes que poderiam tornar a proposta factível para alunos do curso de Engenharia Civil. Alguns testes também foram efetuados, os quais serão detalhados a seguir.

## **2.1. Pesquisa de materiais**

Para a pesquisa qualitativa de materiais, foram realizadas reuniões periódicas para levantamento dos principais requisitos técnicos e econômicos, a fim de tornar viável a execução do desafio, posteriormente, aos alunos da graduação. Foram definidas dimensões mínimas e máximas do protótipo e os materiais avaliados foram escolhidos em função da facilidade no manuseio, peso e custos.

A Figura 1 contém um esboço ilustrativo em 3D da maquete idealizada, onde é possível observar: a base (plataforma que dará sustentação à toda a estrutura), o relevo (moldável, a nível criativo, responsável por gerar desníveis e a força gravitacional atuando sobre o veículo) e a rodovia (contendo diversos elementos de projeto).

Após diversas discussões, foram definidas as dimensões mínimas da base (40x70cm), que seriam as correspondentes, a aproximadamente, um tampo de carteira escolar (considerando que as equipes futuras possam preferir transportar o trabalho para maior comodidade e também evitar revelar seu projeto às demais equipes). A pesquisa de preços para os materiais da base não mostrou diferenças significativas entre si, de modo a inviabilizar o trabalho. Porém, mais tarde o projeto recebeu algumas placas, em estado

relativo de conservação, a partir dos inservíveis da UFPR. Assim, as placas foram recicladas e poderão ser cortadas nas dimensões especificadas para o projeto.

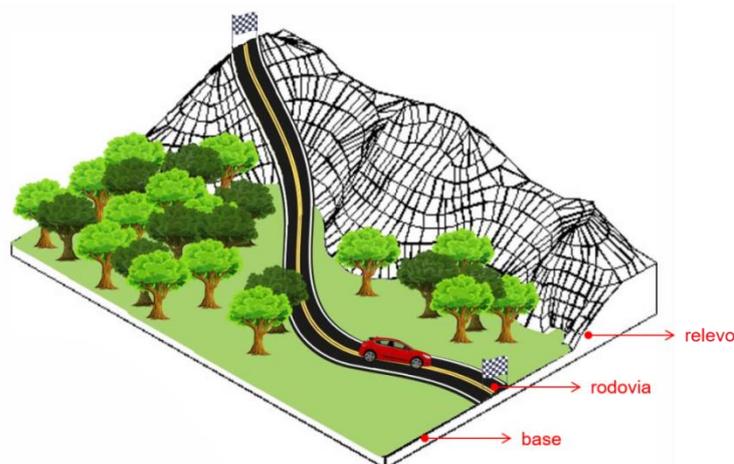


Figura 1 – Esboço orientativo da maquete em 3D idealizada.

Para o relevo, foram definidos os materiais papelão, isopor e argila, de acordo com a acessibilidade, custo, tamanho, facilidade no manuseio e plasticidade destes materiais.

Para a superfície da rodovia, foram definidos *a priori* materiais como emulsão asfáltica e areia fina em função do custo e rugosidade. Entretanto, este último requisito técnico deverá ser melhor avaliado futuramente, uma vez que testes preliminares indicaram uma maior propensão à utilização de superfícies lisas, que produzem pouco atrito dinâmico (testes com o plano inclinado, apresentados na seção 2.3).

## 2.2. Veículo de projeto

Segundo DNIT (2005), um veículo teórico consiste em um veículo de uma certa categoria, “cujas características físicas e operacionais representam uma envoltória das características da maioria dos veículos existentes nessa categoria. A predominância de uma certa categoria de veículos define o veículo de projeto a ser escolhido para condicionar as características da via.”

Tendo em vista essa definição, e sabendo que nos projetos de rodovias rurais e de interseções os veículos teóricos normalmente adotados são os caminhões e ônibus comerciais rígidos (designação CO) ou os caminhões articulados compostos por uma unidade tratora e um semi-reboque (designação SR) (DNER, 1999), foi definido que o uso

de um veículo articulado, não pilotado remotamente tornaria impraticável a realização do projeto na escala reduzida, uma vez que a ideia do desafio consiste em aproveitar a força da gravidade.

É importante conhecer as dimensões do veículo de projeto pois, no protótipo em escala reduzida, estas influenciarão diretamente a formulação e limitações em termos de curvaturas, raios de giro, dimensões da pista de rodagem e altura do relevo a ser considerado. Em projetos de rodovias reais, a escolha é feita em função do veículo com maior representatividade na frota. Para a escolha do veículo de projeto na escala reduzida, foram pesquisados veículos recreativos (brinquedos) com durabilidade razoável, econômicos, sem tração e que não demandassem o uso de controle remoto ou fricção (permitindo estar, portanto, sujeito somente à ação da gravidade para percorrer a rota). Nesta categoria, foram estudados os veículos *Ford Focus RS nº16* (Figura 2a) e *Ford Fiesta nº12* (Figura 2b), ambos da marca *Hot Wheels®* da Mattel, sendo brinquedos relativamente fáceis de encontrar no mercado.



a) Ford Focus RS nº16

b) Ford Fiesta nº12

c) Hitch N' Haul

Figura 2 – Modelos de veículos de brinquedo considerados no estudo

Fonte: Mercado Livre (imagens ilustrativas)

Foi também adquirido um caminhão da mesma marca (*Hitch N' Haul*, Figura 2c), porém testes realizados mostraram a inviabilidade de utilizá-lo como veículo de projeto no protótipo. Isso será apresentado e melhor discutido na sequência.

### 2.3. Testes de velocidade no plano inclinado

De posse dos veículos e as placas disponíveis, foram ainda realizados testes de velocidade e aderência para avaliação preliminar das dificuldades futuras e dos limitantes dinâmicos do projeto em escala reduzida. Os testes foram realizados na Sala de Permanência do Departamento de Transportes da UFPR, com auxílio de materiais simples como régua

escolar de 30 cm, esquadro 45°/45°, nível, cronômetro, mesa de apoio e calculadora (Figura 3).



a) Organização do experimento

b) Obtenção da velocidade para o ângulo de 30°

Figura 3 – Testes de velocidade no plano inclinado

A Figura 3a) mostra a organização do experimento. A inclinação da base variou de 5° a 30° (em incrementos de 5°), com dois alunos posicionados nas extremidades da placa (Figura 3b), medindo com esquadro e régua a inclinação da superfície. Um terceiro aluno liberava o veículo da extremidade da placa e um quarto, posicionado na extremidade oposta, marcava o tempo com um cronômetro. O teste de velocidade consistiu na cronometragem do tempo necessário para que o veículo em miniatura percorresse uma determinada distância na placa, em uma média de quatro repetições.

Não houve influência de forças além da gravitacional, para que o veículo se deslocasse (em um primeiro momento, o atrito foi desprezado para simplificação do estudo, mas os valores poderão ser corrigidos mais tarde, caso necessário). Por simplificação, a velocidade média  $V$ , de acordo com os conceitos do movimento retilíneo uniforme, pode então ser



calculada por  $V = \Delta S / \Delta t$ , onde  $\Delta S$  é o deslocamento do veículo entre dois pontos fixos, num determinado intervalo de tempo  $\Delta t$ .

Além dos testes realizados com os *Ford Focus* (Figura 2a) e *Fiesta* (Figura 2b), foram feitas diversas tentativas com o caminhão *Hitch N'Haul* (Figura 2c), porém o mesmo precisou ser descartado como veículo de projeto, dada sua incapacidade de percorrer em linha reta o trajeto estabelecido (o caminhão, articulado, rotacionava em 90° conforme se deslocava no plano).

### 3. RESULTADOS

Para efeitos de comparação, foi realizada adicionalmente uma análise das especificações técnicas entre os modelos escolhidos e as versões reais correspondentes dos veículos (Ford Focus e Ford Fiesta). Os resultados obtidos são apresentados a seguir.

#### 3.1. Dimensões dos modelos

A Tabela 1 a seguir contém as dimensões tanto dos modelos em escala real quanto em escala reduzida dos veículos selecionados.

Tabela 1 – Comparação entre veículo Ford Focus SE 1.6 (veículo real) e Ford Focus RS nº16 (miniatura)/ Ford Fiesta SEL1.6 da categoria hatchback (veículo real) e Ford Fiesta nº12 (miniatura)

Características	Veículo Real	Miniatura	Escala Relativa
Altura H (mm)	1469/1487	22/22	66,77/67,59
Largura L (mm)	1823/1765	25/25	72,92/70,6
Comprimento (mm)	4360/3935	65/65	67,08/60,5
Peso (Kg)	1310/1084	0,034/0,03	38529,4/36133,3
Largura entre eixos (mm)	2648/2488	41/41	64,58/60,68

Fonte: adaptado de FORD (2020a,2020b).

A partir da análise dos valores levantados na Tabela 1, foi obtida a escala relativa média das dimensões, que para o Ford Focus foi 67,19, enquanto que para o Ford Fiesta foi 66,07. No entanto, para fins de padronização, foi adotada a escala média arredondada de



1:65 para ambos os veículos analisados, para os parâmetros de projeto relativos às dimensões. Para a massa, foi adotado um valor diferenciado por ser muito discrepante da escala das dimensões. Assim, a média arredondada de 1:37300 foi adotada para a conversão de valores e parâmetros que serão influenciados pela gravidade. Pode-se observar ainda que ambos os veículos analisados possuem dimensões ligeiramente menores que as do veículo padrão VP (DNIT, 2005).

Após a análise detalhada dos modelos em escala real e reduzida, é necessário relacioná-los com os veículos de projeto teóricos considerados no projeto geométrico de estradas. A principal função do projeto geométrico é garantir que o trajeto realizado pelos veículos seja confortável e, ainda mais importante, seguro. Para isso, há inúmeras variáveis a serem consideradas, entre elas a topografia do local, velocidade máxima da via e dimensões dos veículos. Comparando os dados obtidos até o momento com os dados dos veículos CO e SR, observa-se que a escala adotada pode ser transferida a qualquer uma destas categorias, sem perda da generalidade, uma vez que um projeto para veículo CO ou SR atenderá com sobras, às especificações de veículos VP.

Adicionalmente, a fim de dar maior suporte à decisão da escala reduzida a ser adotada, foi feito um estudo comparativo entre um caminhão da marca Hot Wheels®, modelo *Hitch N' Haul*, cuja escala já é fornecida pelo fabricante no rótulo do produto (1:64).

O caminhão em miniatura guarda correspondência com o caminhão padrão SR, o qual consiste em um caminhão trator na configuração cavalo mecânico e um semirreboque do tipo plataforma. O peso do primeiro é de 77 gramas, sendo que não possui correspondência direta com nenhum modelo de veículo real (é apenas uma miniatura criada pela empresa).

### **3.2. Resultados dos testes de velocidade no plano inclinado**

Realizados os testes de velocidade de acordo com a descrição na Seção 2, foi possível elaborar gráficos contendo quatro medições de velocidade (V1, V2, V3 e V4) por inclinação. Na Figura 4 os gráficos são apresentados para ambos os modelos avaliados.

Observa-se que as medidas apresentaram resultados satisfatórios, com valores médios bastante próximos entre si para as inclinações consideradas. Em geral, ângulos mais elevados produzem maior velocidade. No entanto, uma pequena variação na velocidade foi observada nas curvas entre 20° e 30°, mas dada que a variância ( $\sigma^2$ ) e o desvio padrão ( $\sigma$ ) da amostra

foram de 0,050 e 0,223 respectivamente, para o caso mais crítico (curva de 20°, na Fig. 4b), não houve ganho significativo, em termos de velocidade, para ângulos superiores a 20°.

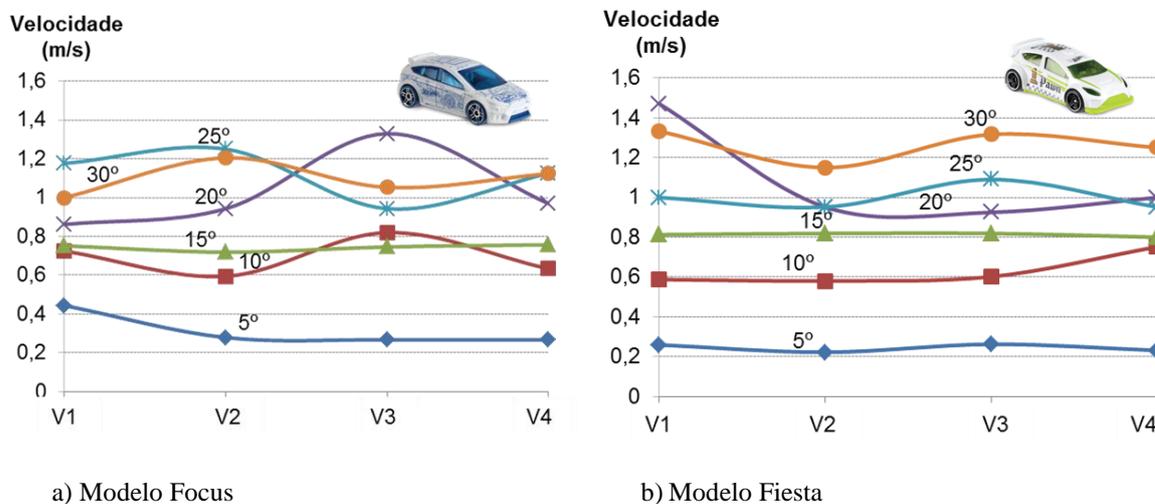


Figura 4 – Medidas de velocidade no plano inclinado

Deste modo, foi possível identificar que declividades máximas da ordem de 20° sejam suficientemente aceitáveis para os objetivos deste trabalho (já que ângulos superiores produzem praticamente os mesmos efeitos práticos, mas implicarão necessariamente em maiores gastos em termos de recursos).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa primeira fase de desenvolvimento do projeto Desafio Rodoviário, a pesquisa de materiais e os testes com os possíveis veículos de projeto mostraram que é possível construir um modelo reduzido de uma rodovia genérica de forma acessível para os alunos.

Como detalhado na Seção 3, os principais resultados obtidos dos veículos de projeto foram a escala média para adaptação das dimensões reais (1:65), a escala para conversão da massa e dos parâmetros influenciados pela gravidade (1:37300) e a inclinação máxima longitudinal do projeto (20°), para que o mesmo seja viável do ponto de vista técnico e econômico.

Essa fase é de extrema importância para o desenvolvimento do projeto. Com a intenção de trazer aos alunos uma situação mais próxima do real e maior conhecimento em projetos geométricos de rodovias, numa forma prática de aprendizado, o ideal é que a produção dos modelos reduzidos não seja uma limitação para a participação dos alunos, mas sim um



incentivo. Logo, colocar em prática a produção do modelo tornará o desafio mais fácil e convidativo aos alunos, contribuindo para uma maior participação e aprendizado.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, M. J. **Desenvolvimento de bancada didático-experimental de baixo custo para aplicações em controle ativo de vibrações**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP. 2006.

CENTAMORI, V. Alunos de engenharia ganham concurso de construção de pontes com macarrão. **Revista Galileu**, **27/08/19**. Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2019/08/alunos-de-engenharia-ganham-concurso-de-construcao-de-pontes-com-macarrao.html>>. Acesso em 21 set. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Boletins Técnicos**, **2019**. Disponível em: <<http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/Boletim%20unificado/Fevereiro/BOLETINS%20T%C3%89CNICOS%20DA%20CNT%20-%20FEVEREIRO.pdf>>. Acesso em 11 set. 2020.

DE MOURA, C. H.; COSTA, A. G. **Competições de engenharia incentivam conhecimento prático**, **09/09/14**. ONG Porvir. Disponível em: <<https://porvir.org/competicoes-de-engenharia-incentivam-pratica-de-alunos/20140909/>>. Acesso em 05 set. 2020.

DECRETO-LEI Nº 8.463, DE 27 DE DEZEMBRO DE 1945 (BRASIL). Presidência da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/1937-1946/Del8463.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/1937-1946/Del8463.htm)>. Acesso em 16 set. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (BRASIL). **Manual de Projetos Geométricos de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro: IPR 706, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (BRASIL). **Breve Histórico do Rodoviarismo Federal no Brasil**. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/historico/>>. Acesso em 11 set. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES (BRASIL). **Manual de Projeto de Interseções**. 2 ed. Rio de Janeiro: IPR. Publ., 718, 2005.

FORD COMPANY BRASIL LTDA. **Ford Fiesta Manual do Proprietário**. Disponível em: <[https://www.ford.com.br/content/dam/Ford/website-assets/latam/br/servico-ao-cliente/manuais/2019/manuais-do-proprietario/New\\_Fiesta\\_MP\\_D3B519A321EA\\_MY2019.pdf](https://www.ford.com.br/content/dam/Ford/website-assets/latam/br/servico-ao-cliente/manuais/2019/manuais-do-proprietario/New_Fiesta_MP_D3B519A321EA_MY2019.pdf)>. Acesso em 30 set. 2020a.

FORD COMPANY BRASIL LTDA. **Ford Focus Manual do Proprietário**. Disponível em: <[https://www.ford.com.br/content/dam/Ford/website-assets/latam/br/servico-ao-cliente/manuais/2019/manuais-do-proprietario/New\\_Focus\\_MP\\_D3B519A321EA\\_MY2019.pdf](https://www.ford.com.br/content/dam/Ford/website-assets/latam/br/servico-ao-cliente/manuais/2019/manuais-do-proprietario/New_Focus_MP_D3B519A321EA_MY2019.pdf)>. Acesso em 30 set. 2020b.



cliente/manuais/2019/manuais-do-proprietario/Manual\_Proprietario\_Focus\_2019.pdf>. Acesso em 30 set. 2020b.

GARCÍA, D. S. P. **Projeto ponto de partida: o ensino de projetos de rodovias através de uma abordagem lúdico-real-didática.** TRANSPORTES, v. 25, n. 3, p. 135-165, 2017.

GRUPO DE ESTUDOS EM GEOTECNIA (GEGEO). **Desafio de Taludes.** Disponível em: <<https://gegeotecnia.wixsite.com/gegeoufpr/desafio-de-taludes>>. Acesso em 11 set. 2020.

GRUPO DE ESTUDOS EM TRANSPORTES (GET). **I Competição de Microsimulação.** Disponível em: <<https://getufpr.wixsite.com/getufpr/post/i-competi%C3%A7%C3%A3o-de-microsimula%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 16 set. 2020.

JUSTINO, G. Qual ponte de espaguete aguenta o maior peso sem quebrar? Competição na UFRGS desafia alunos. **Revista Gaúcha ZH.** Disponível em: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/educacao-e-emprego/noticia/2018/11/qual-ponte-de-espaguete-aguenta-o-maior-peso-sem-quebrar-competicao-na-ufrgs-desafia-alunos-cjouiknw10ga101pizk4ypc17.html>>. Acesso em 21 set. 2020.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO TUTORIAL (PET) ENGENHARIA CIVIL UFPR. **VI Competição de Pontes de Papel.** Disponível em: <<http://petcivil.blogspot.com/2016/11/vi-competicao-de-pontes-de-papel.html>>. Acesso em 11 set. 2020.

RIBEIRO, L. R. C., Luis Roberto. **Aprendizagem baseada em problemas (PBL) na educação em engenharia.** Revista de Ensino de Engenharia, v. 27, n. 2, p. 23-32, 2008.

TEACHENGINEERING. **Hands-on Activity: Spaghetti Bridges.** University of Colorado. Disponível em: <[https://www.teachengineering.org/activities/view/wpi\\_spag\\_act\\_joy](https://www.teachengineering.org/activities/view/wpi_spag_act_joy)>. Acesso em 21 set. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). **Desafio Intermodal de Curitiba avalia forma mais eficiente de se locomover pela cidade.** Disponível em: <<https://www.ufpr.br/portalfufr/noticias/nesta-sexta-feira-23-desafio-intermodal-de-curitiba-avalia-forma-mais-eficiente-de-se-locomover-pela-cidade/>>. Acesso em: 11 set. 2020.