



ESTUDO TÉCNICO

sobre Pneus de Motocicletas

Elaborado pelos pesquisadores:
Alexandre Nascimento de Sousa
Felipe Tiago Monteiro
Victor Gomes Simão

Diretoria de Avaliação da Conformidade (Dconf)

Agosto – 2019

Sumário

Contexto do Estudo Técnico.....	2
Objetivo do Estudo Técnico.....	4
Cronograma das atividades.....	5
Atividades iniciais do Estudo Técnico.....	6
Pesquisa sobre registro de acidentes.....	7
Metodologias e requisitos dos ensaios.....	8
1. Metodologia e ensaios propostos.....	8
2. Definição dos requisitos técnicos a serem avaliados durante os ensaios:.....	10
Análise dos resultados dos ensaios.....	16
3. Inspeções visuais nas amostras antes dos ensaios.....	16
4. Ensaio dimensional e verificação das marcações obrigatórias.....	23
5. Ensaio de Uniformidade e Balanceamento.....	25
6. Ensaio de Perfuração (<i>Plunger</i>).....	64
7. Ensaio Hidrostático.....	67
8. Ensaio de <i>High-Speed</i> e <i>Endurance</i> Modificado.....	72
9. Conclusão do Estudo Técnico sobre Pneus de Motocicletas.....	83
10. Agradecimentos.....	89
11. Referências Bibliográficas.....	90

Contexto do Estudo Técnico

Atualmente, é proibido o uso de pneus reformados em ciclomotores, motonetas, motocicletas e triciclos, em vias públicas no Brasil, de acordo com a Resolução Contran nº 158 de 2004.

“Art. 1º - Fica proibido, em ciclomotores, motonetas, motocicletas e triciclos o uso de pneus reformados, quer seja pelo processo de recapagem, recauchutagem ou remoldagem, bem como rodas que apresentem quebras, trincas e deformações”

Para atender esta determinação, a Portaria Inmetro nº 554 de 2015 proíbe o serviço de reforma de pneus destinados ao uso em vias públicas para motocicletas, triciclos, motonetas e ciclomotores.

Reformadores de pneus e associações de produtores ligados ao setor de motocicletas e motopeças apresentaram aos representantes da Câmara Temática de Assuntos Veiculares do Conselho Nacional de Trânsito (CTAV), do sistema Contran/Denatran, a solicitação para que seja avaliada a pertinência da proibição do serviço de reforma de pneus de motocicletas.

Diante disso, esta questão foi apresentada ao Inmetro em audiência pública entre as partes interessadas, realizada no dia 22 de outubro de 2018, na sede do Inmetro, no Rio de Janeiro, que contou com a participação de cerca de 50 pessoas, com diferentes posições sobre o tema.

Este tipo de encontro, realizado antes da tomada de decisão sobre medidas regulatórias, faz parte do rol de boas práticas desenvolvidas por Agências Reguladoras e por demais órgãos da Administração Pública Federal, trabalho este coordenado pela Subchefia de Análise e Acompanhamento de Políticas Governamentais (SAG) da Casa Civil da Presidência da República.

A discussão sobre mudança na Portaria Inmetro nº 554 de 2015 vigente é oriunda de um pleito do Sindicato das Empresas de Revenda e de Prestação de Serviços de Reforma de Pneus e Similares no Estado de Minas Gerais (Sindipneus/MG), que solicitou a revisão do referido regulamento, para que seja permitida a reforma de pneus de motocicletas, desde que feita por empresas que atendam à regulamentação do Inmetro.

Durante a audiência, o referido sindicato apresentou um histórico da regulamentação de pneus e resultados dos ensaios previstos na Portaria Inmetro nº83/2008, realizados com acompanhamento pelo Instituto de Pesos e Medidas de São Paulo (Ipem/SP) em pneus de motocicletas reformados.

A Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (Anip), por sua vez, defendeu que pneus de motocicletas não são projetados para reconstrução e que a prática traria riscos à segurança do motociclista.

A Anip apresentou informações técnicas relacionadas à geometria da motocicleta, às tensões e deformações nas extremidades das bandas de rodagem e à condição de ruas e estradas brasileiras, alegando que a carcaça de pneus de motocicletas não é segura para utilização em uma segunda vida. Além disso, afirmou que a inspeção visual não é capaz de detectar problemas estruturais no pneu e que não há ensaio não destrutivo que seja capaz de assegurar a integridade de uma carcaça.

Além do Inmetro, do Sindipneus e da Anip, um representante da Câmara Temática de Assuntos Veiculares (CTAV) do Contran também fez uma apresentação durante a reunião. Ele relatou o trabalho que está em curso na CTAV em resposta ao pedido do Sindipneus para o Contran rever a proibição do uso de pneus reformados, que consta da Resolução Contran nº 158 de 2004.

Seguiu-se um amplo debate entre as partes interessadas, mediado pelos pesquisadores do Inmetro, com vistas a promover o contraditório e a apresentação de argumentos daqueles que são contra e a favor do uso de pneus reformados de motocicletas. Diante dos diferentes pontos de vista apresentados pelos participantes do encontro, o Inmetro decidiu se aprofundar em uma análise técnica da questão, a fim de avaliar os possíveis desdobramentos, em termos de segurança, da reforma de pneus de motocicletas.

Conforme acordado em reunião de coordenação interna, no dia 23 de outubro de 2018, decorrente da audiência pública com as partes interessadas sobre a revogação do Artigo 6º da Portaria nº 554 de 2015, foi gerado e encaminhado o processo SEI de nº 0052600.013137/2018-04, à Divisão de Verificação e Estudos Técnico-Científicos – Divet, para realização do Estudo Técnico a fim de avaliar se o serviço de reforma de pneus para motocicletas é capaz de fornecer um produto efetivamente seguro, atendendo assim, ao rito estabelecido para o processo de regulamentação.

Objetivo do Estudo Técnico

Objetivo geral desse estudo é fornecer subsídios técnicos para avaliar os critérios de segurança referente ao produto pneus para motocicletas, através da comparação entre pneus novos e pneus reformados, prospectando, inclusive, se o serviço de reforma de pneus de motocicletas, teria a capacidade de atender aos requisitos técnicos de segurança aplicáveis aos pneus novos.

Além disso, como objetivos específicos, este estudo tem o propósito de fornecer embasamento técnico para a análise de impacto regulatório e o aperfeiçoamento da presente regulamentação do Inmetro referente aos pneus novos de motocicletas.

Após a conclusão desse Estudo Técnico, o processo será remetido à área competente para proceder à análise de impacto regulatório para a conclusão final referente à tomada de decisão pertinente à regulamentação deste produto no país.

Foram designados selecionados os pesquisadores da Dconf/Divet: Alexandre Nascimento de Sousa, Felipe Tiago Monteiro e Victor Gomes Simão, todos com experiência sobre o tema, com a missão de planejar, elaborar, executar, desenvolver e concluir o presente Estudo Técnico.

Cronograma das atividades

Após a delegação, para Estudo Técnico, foi elaborado o cronograma de atividades para a execução do Estudo Técnico sobre Pneus de Motocicletas, conforme detalhamento das atividades abaixo.

Atividades realizadas nos meses de novembro e dezembro de 2018:

- ✓ Revisão bibliográfica e da base normativa sobre o tema.
- ✓ Contato com os laboratórios, fabricantes e reformadores de pneus
- ✓ Visitas técnicas aos laboratórios, fabricantes e reformadores de pneus

Atividades realizadas os meses de janeiro a junho de 2019:

- ✓ Definição dos requisitos técnicos a serem avaliados
- ✓ Definição dos ensaios e metodologias e a serem realizados
- ✓ Definição de amostragem dos produtos
- ✓ Logística para a coleta/apreensão dos pneus
- ✓ Acompanhamentos dos ensaios

Atividades realizada nos meses de julho e agosto de 2019:

- ✓ Compilação dos dados
- ✓ Análise e discussão dos resultados
- ✓ Elaboração e entrega do relatório final

Atividades iniciais do Estudo Técnico

Nos meses de novembro e dezembro de 2018, foi iniciada a revisão bibliográfica sobre o tema, com o levantamento de literaturas e as bases normativas nacionais e internacionais aplicadas ao tema.

Paralelo a isso, foram agendadas visitas técnicas a três laboratórios de desenvolvimento de pneus novos: Levorin, Pirelli e Vipal, com objetivo de interagir com os engenheiros e técnicos responsáveis pelos projetos, pesquisas e produção de pneus novos com a intenção de aprofundar os conhecimentos da equipe quanto aos requisitos técnicos de desempenho e de segurança dos pneus a serem considerados no projeto de pneus novos.

Durante as visitas técnicas, foram realizadas avaliações prévias das três infraestruturas laboratoriais, onde foi possível avaliar os ensaios mecânicos, físicos e químicos, utilizados para a pesquisa e desenvolvimento do produto, que permitiram elencar os requisitos mais importantes em termos de confiabilidade e segurança que são cruciais para o desempenho dinâmico de um pneu de motocicleta e, por fim, conhecer os equipamentos disponíveis para a execução dos ensaios normatizados.

Além dos laboratórios, foi realizada uma visita técnica ao campus de provas de pneus da Pirelli, em Elias Fausto/SP, a fim de verificar as situações de manobrabilidade e estabilidade, sob condições de pista seca e molhada. Tais propriedades foram demonstradas durante o acompanhamento dos ensaios dinâmicos da motocicleta, realizados por piloto profissional.

Complementando esta etapa do estudo, foi realizada uma visita técnica em uma empresa reformadora de pneus credenciada pela Vipal, onde observamos o controle de qualidade e a avaliação realizada pela empresa no critério de aceitação ou rejeição das carcaças de pneus usados para a realização do serviço de reforma de pneus. Todo o processo da produção foi acompanhado até a finalização do produto acabado.

Após o aprofundamento do conhecimento, pela equipe, sobre os aspectos técnicos, construtivos, de projeto, de processo e de segurança sobre os pneus novos e reformados, verificou-se que apenas os laboratórios acreditados de primeira parte dos fabricantes de pneus de motocicletas, tem a infraestrutura laboratorial que permite a realização dos ensaios exigidos em normativas internacionais (UNECE, DOT e ISO), que refletem o estado-da-arte em termos de avaliação da segurança de pneus, uma vez que os laboratórios de terceira parte acreditados existentes em território nacional, na época da realização deste estudo, somente executavam os ensaios previstos na Portaria Inmetro nº83/2008.

Pesquisa sobre registro de acidentes

No Brasil, as motocicletas apesar de corresponder a 27% da frota de veículos, são as principais causadoras de mortes no trânsito. Dados de 2016, segundo o Ministério da Saúde, revelam que dos 37,3 mil óbitos, 12 mil foram de motociclistas, representando 32% do total.

Segundo o relatório anual da seguradora Líder, responsável pela administradora do seguro DPVAT, as motocicletas são responsáveis pelo maior número de acidentes e de vítimas, acumulando mais de 250 mil sinistros ou 75% das indenizações pagas em 2018.

A região Nordeste lidera o ranking de indenizações com 98,3 mil benefícios pagos. Em seguida aparecem as regiões: Sudeste 95,5 mil, Sul 62,3 mil, Centro-Oeste 39,4 mil e Norte 32,5 mil.

Adicionalmente, os dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF) demonstram que dos 109.579 registros de acidentes, entre janeiro e novembro de 2018, 22.630 (20,65%) envolveram motocicletas, motonetas e ciclomotores e tiveram como consequência 19.960 vítimas (37,39%) incluindo feridos e mortos, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1: Registro de acidentes no período de janeiro a novembro de 2018 (Fonte: PRF)

Tipos de veículos	Qtd de acidentes	% de acidentes	Qtd feridos e mortos	% de feridos e mortos
Automóvel	48.468	44,23 %	20.184	37,81%
Motocicleta	19.940	18,20%	17.552	32,88%
Caminhonete	9.993	9,12%	3.631	6,80%
Caminhão-trator	8.994	8,21%	2.289	4,29%
Caminhão	7.876	7,19%	2.267	4,25%
Ônibus	4.349	3,97%	1.603	3,00%
Camioneta	2.781	2,54%	1.072	2,01%
Motoneta	2.369	2,16%	2.131	3,99%
Bicicleta	1.392	1,27%	1.254	2,35%
Utilitários	1.165	1,06%	365	0,68%
Micro-ônibus	1.084	0,99%	487	0,91%
Ciclomotor	321	0,29%	277	0,52%
Outros	847	0,77%	275	0,51%
Total Geral	109.579	100%	53.387	100%

Metodologias e requisitos dos ensaios

1. Metodologia e ensaios propostos.

Os requisitos utilizados para avaliação dos pneus novos de motocicletas, seguindo a Portaria Inmetro nº83/2008, foram considerados desatualizados para a completa avaliação da segurança de pneus novos, quando comparados aos requisitos contemplados nas normas técnicas internacionais adotadas em outros países.

Durante a revisão bibliográfica e as visitas técnicas realizadas, foram evidenciados outros critérios, requisitos e ensaios adotados em normas nacionais e internacionais a fim de avaliar a segurança dos pneus novos. Importante ressaltar que não foi encontrada nenhuma literatura ou base normativa sobre os requisitos de segurança específicos para pneus reformados de motocicletas. Diante disso, destaca-se a importância desse estudo como um experimento inédito sobre o tema.

Para o estudo proposto, foram elencados ensaios com o propósito de comparar os pneus novos com os pneus reformados a fim de avaliar, predominantemente, os critérios de segurança em adição aos de desempenho. No quadro 1 estão relacionados os ensaios e inspeções propostos com as normas ou regulamentações de referência.

Quadro 1: Ensaios propostos, normas e regulamentações de referência.

Ensaios Propostos	Documentos de Referência
1) Inspeção visual, verificação das marcações obrigatórias e ensaio dimensional.	Portaria Inmetro nº83/2008 - Regulamento Técnico da Qualidade de Pneus novos para Motocicleta, Motoneta e Ciclomotor
2) Uniformidade e Balanceamento	ISO 13326:1998 - Test methods for measuring tyre uniformity (Internacional)
3) Perfuração (<i>Plunger</i>)	ISO 10231:2003 - Motorcycle tyres - Test methods for verifying tyre capabilities (Internacional)
4) Hidrostático	ABNT NBR 13585:2013 - Segurança em pneus - Pneus de borracha para bicicletas (Nacional)
5) <i>High-Speed</i>	Federal Motor Vehicle Safety Standards (FMVSS 109 e FMVSS 119) DOT (Norte Americana e Canadense)
6) <i>Endurance</i>	ISO 10231:2003 - Motorcycle tyres - Test methods for verifying tyre capabilities (Internacional) e Federal Motor Vehicle Safety Standards (FMVSS 139) DOT (Norte Americana e Canadense)

Para realizarem os ensaios propostos, seguindo as metodologias das normas internacionais selecionada para este Estudo Técnico, foram verificados que os laboratórios de 3º parte no Brasil não possuem a infraestrutura necessária para a realização dos ensaios.

Por esse motivo, foi solicitado aos fabricantes de pneus novos envolvidos nesse estudo (Levorin, Pirelli e Vipal) a possibilidade da utilização de seus laboratórios, acreditados de 1º parte, uma vez que são os únicos que possuem a infraestrutura e a experiência na realização dos ensaios propostos.

Sendo assim, foram selecionados os três laboratórios: Levorin, localizado em Guarulhos/SP; Pirelli Indoor, localizado em Santo André/SP e Vipaltec, localizado em Nova Prata/RS para a realização dos ensaios proposto. Para o ensaio de Uniformidade e Balanceamento foi selecionada a unidade fabril da Pirelli, localizada em Gravataí/RS, por este ser o único local que possuía infraestrutura para a realização do ensaio.

Todos os ensaios propostos tiveram o acompanhamento e controle dos pesquisadores do Inmetro, responsáveis pela condução do Estudo Técnico.

Para a realização dos ensaios, foi determinado o pneu traseiro de motocicleta da categoria *street*, com cilindrada de até 200cc, com as mediadas 90/90-18, por este ser o modelo de pneu com maior reposição no mercado, baseado na maior quantidade de motocicletas presentes na frota nacional serem desta faixa de cilindrada e que o modelo traseiro é o que apresenta desgaste de até duas vezes superior ao dianteiro.

Para a realização de cada ensaio destrutivo, foi definido um quantitativo mínimo de três amostras de mesma marca/modelo de pneus, adicionando-se uma amostra de contraprova para cada ensaio destrutivo. Desta forma, foi necessário um quantitativo total mínimo de 12 amostras, para cada marca selecionada.

Para facilitar a logística dos transportes das amostras para a realização dos ensaios, foi escolhida superintendência do Rio Grande do Sul do Inmetro (SUR-RS) como o local estratégico para a realização das coletas de pneus novos e o armazenamento de pneus reformados vindas de outros estados. Ao todo, foram obtidas 96 amostras, constituídas por 12 amostras de 8 marcas, classificados da seguinte maneira, conforme tabela 2:

Tabela 2: Quantidades de marcas/ amostras por grupo de pneus

Grupo de pneus	Novos coletados no distribuidor/comércio	Reformados com supervisão do Inmetro	Reformados apreendidos no comércio
Quant. de marcas	3	2	3
Total de amostras	36	24	36

2. Definição dos requisitos técnicos a serem avaliados durante os ensaios:

Para a realização dos ensaios propostos, todas as metodologias e os requisitos foram validados e harmonizados com os representantes dos três laboratórios, participantes deste Estudo Técnico.

2.1. Inspeção Visual, Verificação das Marcações Obrigatórias e Ensaio Dimensional.

O objetivo desta etapa é realizar uma inspeção visual a fim de evidenciar defeitos ou reparos existentes na estrutura do pneu previamente aos ensaios, assim como a verificação das marcações contendo informações mínimas obrigatórias nos pneus.

Em adição, o ensaio dimensional é realizado para a verificação das dimensões da largura da seção do pneu, indicadores de desgaste da banda de rodagem (*Tread Wear Indicator* - TWI) e diâmetro externo do pneu, conforme estabelecido na Portaria Inmetro nº 83/2008.

As dimensões dos pneus devem estar de acordo com os valores indicados pelo fabricante ou reformador nas marcações laterais, admitindo-se as tolerâncias conforme, tabela 3:

Tabela 3: Dimensões mínimas do pneu

Largura Nominal da Seção do Pneu	Largura Total da Seção do Pneu	Diâmetro Externo do Pneu
≤100 mm	- 4 mm	- 3% do nominal do aro

Pneus devem ser montados em aro padrão 2.15" x 18".

Os indicadores de desgaste da banda de rodagem (TWI) devem advertir, visualmente, quando as profundidades das cavidades correspondentes da banda de rodagem estiverem reduzidas à 0,8 mm.

Segundo a Portaria Inmetro nº 83/2008, as marcações obrigatórias em um pneu de motocicleta são:

- a) Marca do Pneu
- b) Nome Fabricante ou Reformador
- c) Modelo do Pneu
- d) Designação do Tamanho do Pneu
- e) Índice de Carga
- f) Símbolo de Velocidade
- g) País de Origem
- h) Marca do Inmetro e/ou C.H.A.S. e/ou ECE
- i) Identificação do tipo de estrutura da carcaça
- j) Data de Fabricação/Reforma (DOT)
- k) Indicação *Tubeless* ou Sem Câmara
- l) Indicadores de Desgaste (3 fileiras de TWI)

2.2. Ensaios de Uniformidade e Balanceamento

Os objetivos deste ensaio são as verificações da uniformidade geométrica e do balanceamento do pneu, uma vez que é impossível fabricar pneus perfeitamente uniformes e balanceados.

Para estes ensaios, foi utilizado o equipamento *Combined line of UFM & DBM - Mitsubishi Heavy Industries Machinery System* para avaliar as propriedades pertinentes às alterações na forma circunferencial plana do pneu, por meio dos parâmetros de *Run Outs* laterais, *Run Out Axiais (Tread Run Out)*, e no desequilíbrio da distribuição da massa do pneu, por meio do parâmetro desbalanceamento.

De acordo com a norma técnica ISO 13326:1998, uniformidade é o estado no qual qualquer característica do pneu é constante em fase e grandeza ao redor de uma circunferência teórica, em ambas as condições: estática e dinâmica.

Run Out Lateral do pneu é a variação da distância de um plano de referência, fixo, perpendicular ao eixo de rotação, de um dado flanco à uma dada distância do eixo de rotação, em milímetros, excluindo os textos e outras marcações gravadas no flanco.

Ainda de acordo com a referida norma, *Run Out Axial (Tread Run Out)* do pneu é a variação do raio, medido em torno do eixo de rotação em uma circunferência ao longo da superfície da banda de rodagem, em milímetros, excluindo a influência de sulcos e aberturas localizados na banda.

Para efeitos deste estudo, também foi avaliado o parâmetro *Wobble*, que avalia a oscilação lateral do pneu, em relação a um plano de referência, fixo, perpendicular ao eixo de rotação, devido à combinação dos *Run Out* laterais, que gera instabilidade em velocidades razoavelmente baixas e médias (Cossalter, 2006).

As oscilações podem ser observadas em determinadas velocidades, especialmente se as rodas estiverem desbalanceadas. As oscilações aumentam, à medida que a velocidade aumenta, alcançam sua amplitude máxima e diminui, à medida que a velocidade diminui, até desaparecer completamente (Cossalter, 2006).

A oscilação denominada "*Front Wobble*", ou "*Wobble*", é uma oscilação da extremidade dianteira em torno do eixo de direção, que não envolve a extremidade traseira de maneira significativa. A oscilação denominada "*Rear Wobble*" ou "*Weave*", é uma oscilação da motocicleta inteira, mas principalmente a extremidade traseira (Cossalter, 2006).

Menores valores para os parâmetros de *Run Outs* Laterais, *Tread Run Out*, *Wobble* e Balanceamento geram menores oscilações na motocicleta. Desta forma, os ensaios de uniformidade e balanceamento foram analisados no sentido de verificar os menores valores destes parâmetros, comparando as marcas de pneus.

2.3. Ensaio de Perfuração (*Plunger*)

O objetivo deste ensaio é avaliar a capacidade de absorção de energia da estrutura da carcaça dos pneus à perfuração, avaliada em Joule (J), através de penetração mecânica por punção metálico, realizado conforme o ensaio de *plunger* segundo a metodologia estabelecida na norma técnica ISO 10231:2003.

Preparação do pneu:

Montar o pneu no aro de teste com câmara de ar e inflar até a pressão especificada pela sua capacidade máxima de carga. A pressão de inflação segue o critério do fabricante do pneu. Deve ser identificada a pressão máxima em (kPa) de cada pneu. Os pneus podem possuir a estrutura do tipo padrão (*Standard* - 51P) ou reforçada (*Reinforced* - 57P), sendo inflados com pressão de 33 ou 41psi, respectivamente. Manter a montagem na temperatura ambiente de teste por, pelo menos, 3 horas.

Procedimento de ensaio:

Antes de iniciar o ensaio, verificar a pressão do pneu e reajustar, caso necessário.

Posicionar o punção o mais próximo possível da linha central, evitando a penetração nas ranhuras do pneu. Forçar o punção perpendicularmente à banda, à uma velocidade de $50 \pm 2,5$ mm/min.

Registrar a força e a penetração no momento da ruptura da carcaça em cada um dos cinco pontos de teste, espaçados de forma aproximadamente equidistantes, ao redor da circunferência do pneu.

Se o pneu não romper até que o punção atinja a energia mínima de ruptura, definida na tabela 4, então o pneu é considerado como sendo aprovado naquele ponto.

O equipamento deve aplicar na amostra, no mínimo, o valor de 110% da energia mínima de ruptura, reproduzidos na tabela 4.

Tabela 4: Critérios para energia de ruptura no ensaio de penetração, conforme ISO 10231:2003

Tipo estrutura de pneu	Energia mínima de ruptura (J)
<i>Standard</i> (51P)	34
<i>Reinforced</i> (57P)	45

Critério de aceitação do ensaio: a média dos cinco pontos deve ser maior do que a energia mínima de ruptura, conforme tabela 4.

2.4. Ensaio Hidrostático (Destalonamento)

É de conhecimento que no projeto do pneu com estrutura diagonal convencional, a região do talão é a que deve possuir os maiores valores de resistências mecânicas à tração, flexão e cisalhamento. Esta região é responsável por manter o acoplamento entre aro e pneu durante as transmissões das forças entre ambos, originadas a partir do contato entre o pneu e solo, durante os movimentos de aceleração, frenagem e, principalmente, curvas da motocicleta onde são verificados elevados valores de esforços mecânicos laterais.

O objetivo deste ensaio é verificar a resistência da estrutura da carcaça do pneu quando submetida à pressão hidrostática interna, conforme a metodologia estabelecida no item 5.3 da norma brasileira ABNT NBR 13585:2013 - Segurança em pneus - Pneus de borracha para bicicletas. Desta forma, o resultado esperado é destalonamento entre o talão e o aro de teste, sem falhas na estrutura da carcaça.

Aparelhos e dispositivos:

Equipamento que contenha bomba ou dispositivo similar para aplicar a pressão de água, especificada, com mangueira de alta pressão de aproximadamente 2 m de comprimento e diâmetro interno com, no mínimo 3 mm, com um terminal para rosquear na válvula da câmara de ar. O manômetro para medir a pressão de água aplicada deve possuir uma precisão de no mínimo, 5 kPa.

Preparação do pneu:

Montar o pneu e a câmara de ar no aro correspondente.

A câmara de ar e o aro utilizado devem ser os correspondentes à medida do pneu ensaiado, e o aro utilizado deverá ser o padrão de 2.15" x 18".

Procedimento de ensaio:

Deve-se assegurar que a câmara de ar possua a menor quantidade de ar possível. Acoplar a mangueira na válvula, aplicar a pressão gradualmente para que o talão se acomode no aro e continuar aplicando pressão a uma razão de 100 kPa/min.

O ensaio deve ser finalizado no momento em que ocorra uma falha que provoque a queda de pressão.

Registrar a pressão quando ocorrer qualquer tipo de falha.

Critério de aceitação é o desprendimento do pneu do aro de teste, destalonando, sem apresentar rompimento.

Ao fim do ensaio, após o destalonamento do pneu ou ruptura da carcaça, devem ser observados os modos de falhas em cada amostra para efeito de comparação.

2.5. Ensaio de *High Speed* - DOT

O objetivo deste ensaio é verificar a resistência da carcaça e banda de rodagem, sob velocidade e carga, conforme metodologia definida pelas normas DOT (FMVSS 109 e FMVSS 119).

Preparação da amostra:

Montar o pneu em um aro de teste e inflar até a pressão aplicável de carga máxima especificada pelo fabricante, nas características 57P= 41psi ou 51P = 33psi.

Condicionar o conjunto do pneu a $35 \pm 3 \text{ } ^\circ \text{C}$ por, pelo menos, 3 horas.

Verificar a pressão do pneu e reajustar se necessário ao que foi especificado pelo fabricante, imediatamente antes do teste.

Montar o conjunto aro + pneu no dispositivo de ensaio, pressionando-o contra a roda de teste com uma força de 88% da carga máxima marcada no pneu (use o valor máximo de carga indicado no pneu) e gire a roda de teste a 250 rpm ou 80 km/h, por 2 horas.

Sem reajustar a pressão de enchimento, executar as próximas etapas do ensaio na sequência: 121 km/h durante 30 minutos, 129 km/h durante 30 minutos e 137 km/h durante 30 minutos.

Ao fim do ensaio, medir a pressão de inflação e analisar o pneu externamente.

Quando o pneu tiver sido submetido ao ensaio de desempenho de *High Speed*, após finalizado o ensaio, a resistência do pneu deve ser avaliada, observando se o mesmo não sofreu deformações permanentes e se não permitiu a perda de ar através do aro.

Critério de aceitação do ensaio:

a) não deve haver evidência visual de separações da(o) banda de rodagem, lonas, cordonéis, talão, fios do talão, assim como fragmentos, cordões quebrados, rachaduras.

b) A pressão dos pneus no final do ensaio não deve ser inferior às pressões iniciais especificadas pelo fabricante.

As amostras que não atenderem aos critérios de aceitação do ensaio, deve ser observado o modo de falha para efeito de comparação.

As amostras que atenderem os critérios de aceitação do ensaio *High Speed*, serão submetidas aos ensaios de *Endurance*.

2.6. Ensaio de *Endurance* - Modificado

Durante a pesquisa das bases normativas, foram verificadas duas metodologias aplicadas para o ensaio de *Endurance*: norma ISO 10231:2003 e FMVSS N° 139, (*New Pneumatic Radial Tires for Light Vehicles*). Os critérios propostos para os ensaios de *Endurance*, à alta velocidade, maior duração e à baixa pressão, estão contemplados na norma 49 CFR § 571.139.

Desta forma, no presente estudo técnico, a partir dos critérios contemplados na referida norma 49 CFR § 571.139, foram utilizados no ensaio de *Endurance* Modificado. Para o parâmetro velocidade de ensaio, a velocidade corresponde ao índice de velocidade do pneu, combinado à condição de baixa pressão, por meio da redução na pressão de ensaio, em 20%, a partir da pressão correspondente à carga máxima do pneu.

A adoção da combinação de alta velocidade e baixa pressão nos ensaios de *Endurance* Modificado teve como principal objetivo o estudo comparativo do efeito destes parâmetros na aceleração do tempo para a falha destes pneus.

Os parâmetros adotados para os ensaios de *Endurance* foram:

- a) Pressão nominal: Reduzida em 20% da pressão máxima, sob carga máxima, marcada no pneu
- b) Carga aplicada: 117% da carga máxima aceitável marcada no pneu.
- c) Velocidade do ensaio: Índice de velocidade máxima do pneu. Por exemplo, se o índice for P, a velocidade será de 150 km/h.

Procedimento de ensaio:

Não havendo falhas ao fim do ensaio *High Speed*, o ensaio de *Endurance* Modificado será iniciado, após o ajuste dos parâmetros aplicados, até a amostra apresentar algum tipo de defeito ou perda de pressão, quando o ensaio deverá ser interrompido. Após a conclusão, devem ser realizadas as anotações do tempo de duração do ensaio e as inspeções e registros dos danos externos e internos na estrutura do pneu, decorrentes do modo de falha, para sua avaliação final.

Como critério de aceitação da durabilidade neste ensaio, utilizou-se o parâmetro de, no mínimo, 24 horas de duração, sem a amostra apresentar nenhum defeito, conforme norma ISO 10231:2003. No entanto, este ensaio foi estendido até amostra apresentar qualquer falha na estrutura da carcaça, banda de rodagem ou perda de pressão, a fim de comparar os modos de falhas entre os pneus ensaiados.

Análise dos resultados dos ensaios

3. Inspeções visuais nas amostras antes dos ensaios.

Com o objetivo de verificar a existência de defeitos nas amostras antes destas serem submetidas aos ensaios constituintes do presente estudo, foram realizadas inspeções visuais em todas as 96 amostras, onde 36 amostras de pneus novos e 60 amostras de pneus reformados. Dentre as amostras de pneus reformados uma amostra da marca F estava com a medida fora da especificação definida para esse estudo, por esse motivo essa amostra foi descartada da realização dos ensaios, ficando o grupo de pneus reformados com 59 amostras.

Das 36 amostras analisadas de pneus novos não foram encontrados nenhum defeito ou falta de informação na lateral das amostras durante inspeção visual.

Das 59 amostras analisadas de pneus reformados, houve um índice de 91,5% de defeitos encontrados durante a inspeção visual, considerando pelo menos um defeito por amostra analisada.

Na tabela 5, são apresentados todos os percentuais de defeitos, por região do pneu.

Tabela 5: Percentual de defeitos apresentados nos pneus reformados

Defeitos (pneus reformados)	% de Defeitos/ Total de Amostras
Parte externa (Flanco):	
- Falta de material no flanco	20,3
- Bolhas no flanco	3,4
- Fio (cordone) exposto no flanco	10,2
- Corte superficial (laceração) no flanco	6,8
- Descolamentos na região da junção entre o flanco e o talão	11,9
- Falta de material na região da junção entre o flanco e o talão	10,2
Parte externa (Talão):	
- Falta de material na superfície externa do talão	13,6
- Deformação plástica do talão	71,2
- Rachaduras na superfície externa do talão	1,7
Parte interna (Carcaça):	
- Consertos internos na direção do flanco	11,9
- Consertos internos na direção da banda de rodagem	32,2
- Fio (cordone) exposto na superfície interna da 1ª lona	3,4

Dentre os defeitos apresentados nos pneus reformados, podemos destacar a deformação plástica do talão com 71,2%, consertos internos na direção da banda de rodagem com 32,2% e a falta de material no flanco com 20,3%.

3.1 Morfologias dos defeitos encontrados nas amostras de pneus reformados

3.1.1 Defeitos no Flanco

A Figura 1 apresenta o defeito externo, com a morfologia de falta de material no flanco, observado em 20,3% das amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados, após inspeções visuais.



Figura 1: Defeito externo, falta de material no flanco

A Figura 2 apresenta o defeito externo, com a morfologia de bolhas no flanco, observado através das inspeções visuais, em 3,4% das amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados.



Figura 2: Defeito externo, bolhas no flanco

A Figura 3 apresenta o defeito externo, com a morfologia de fio (cordone) exposto no Flanco, observado através das inspeções visuais em 10,2% das amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados.



Figura 3: Defeito externo, fio (cordone) exposto no flanco

A Figura 4 apresenta o defeito externo, com a morfologia de corte superficial (laceração) no flanco, observado através das inspeções visuais em 6,8% das amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados.



Figura 4: Defeito externo, corte superficial (laceração) no flanco.

A Figura 5 apresenta o defeito externo, com a morfologia de descolamentos na região da junção entre o flanco e o talão, observado através das inspeções visuais em 11,9% das amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados.



Figura 5: Defeito externo, descolamentos na região da junção entre o flanco e o talão.

A Figura 6 apresenta o defeito externo, com a morfologia de falta de material na região da junção entre o flanco e a banda de rodagem (ombro), observado através das inspeções visuais em 10,2% das amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados.



Figura 6: Defeito externo, falta de material na região da junção entre o flanco e a banda de rodagem (ombro)

3.1.2 Defeitos no Talão:

A Figura 7 apresenta o defeito externo, com a morfologia de falta de material na superfície externa do talão, observado através das inspeções visuais em 13,6% das amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados, após inspeções visuais.



Figura 7: defeito externo, falta de material na superfície externa do talão

As Figuras 8 a 9 apresentam os defeitos externos, com a morfologia de deformação plástica do talão, que podem ser por compressão ou tração, observados através das inspeções visuais em 71,2% das amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados.



Figura 8: Exemplos de defeito externo, deformação plástica do talão, por tração



Figura 9: Exemplos de defeito externo, deformação plástica do talão, por compressão

A Figura 10 apresenta o defeito externo, com a morfologia de rachaduras na superfície externa do talão, observado em 1,7% das amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados, após inspeções visuais.



Figura 10 Defeito externo, rachaduras na superfície externa do talão

3.1.3 Defeitos internos - Carcaça:

A Figura 11 apresenta o defeito interno, com a morfologia de conserto interno na carcaça na direção do flanco, observado através das inspeções visuais em 11,9% das amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados.



Figura 11: Defeito interno, conserto interno na carcaça na direção do flanco

A Figura 12 apresenta o defeito interno, com a morfologia de conserto interno na carcaça na direção da banda de rodagem, observado através das inspeções visuais em 32,2% das amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados.



Figura 12: Defeito interno, conserto interno na carcaça na direção da banda de rodagem

A Figura 13 apresenta o defeito interno, com a morfologia de fio (cordone) exposto na superfície interna da 1ª lona da carcaça, observado através das inspeções visuais em 3,4% das amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados.



Figura 13: Defeito interno, fio (cordone) exposto na superfície interna da 1ª lona da carcaça

Das amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados defeituosos, quase sua totalidade, 71,2% apresentaram defeitos externos, ao menos, na região do talão com morfologia por deformação plástica no talão, por compressão ou tração. Em adição, o segundo maior índice,

de 44,1%, foi observado de defeitos interno, na região da carcaça, com morfologia por consertos internos na direção da banda de rodagem ou do flanco.

Em tese, a ocorrência da morfologia dos defeitos na região do talão, se dá por compressão ou tração, originados por esforços mecânicos simples ou combinados que resultam em tensões de compressão e tração durante o manuseio carcaças usadas nestes pneus, oriundas de pneus novos, ao longo da vida útil destes.

4. Ensaio dimensional e verificação das marcações obrigatórias

Após a inspeção visual das amostras, foi realizado o ensaio dimensional e a verificação das marcações obrigatórias nas 36 amostras de pneus novos e 59 amostras de pneus reformados.

4.1 Ensaio dimensional

O ensaio dimensional foi realizado conforme estabelecido no Anexo 1 da Portaria Inmetro nº 83/2008, analisando os valores das dimensões de largura da seção, indicador de desgaste (TWI) e diâmetro externo foram obtidos, após condicionamento, das amostras,

Na tabela 6, são apresentados os resultados das 95 amostras para os seguintes requisitos ensaiados:

Tabela 6: Índice do resultado do ensaio dimensional

Requisitos/Resultados	Percentual que atende ao requisito	Percentual que não atende ao requisito
Largura da seção	83,2 %	16,8 %
Indicador de desgaste (TWI)	85,3%	14,7 %
Diâmetro externo	92,6 %	7,4 %

Separando o resultado em dois grupos: 36 amostras de pneus novos e 59 amostras de pneus reformados, temos os seguintes percentual conforme tabela 7:

Tabela 7: Índice do resultado do ensaio dimensional por grupo de pneus

Requisitos/Resultados	Pneus Novos Percentual que atende ao requisito	Pneus Reformados Percentual que atende ao requisito
Largura da seção	100 %	72,9 %
Indicador de desgaste (TWI)	77,8%	89,8 %
Diâmetro externo	100%	93,2%
Resultado final	77,8%	59,3%

O gráfico 1 demonstra os resultados percentuais consolidados de conformidades e não conformidades por cada marca avaliadas no ensaio dimensional. Sendo as marcas E, G e H de pneus novos e as marcas A, B, C, D e F de pneus reformados.

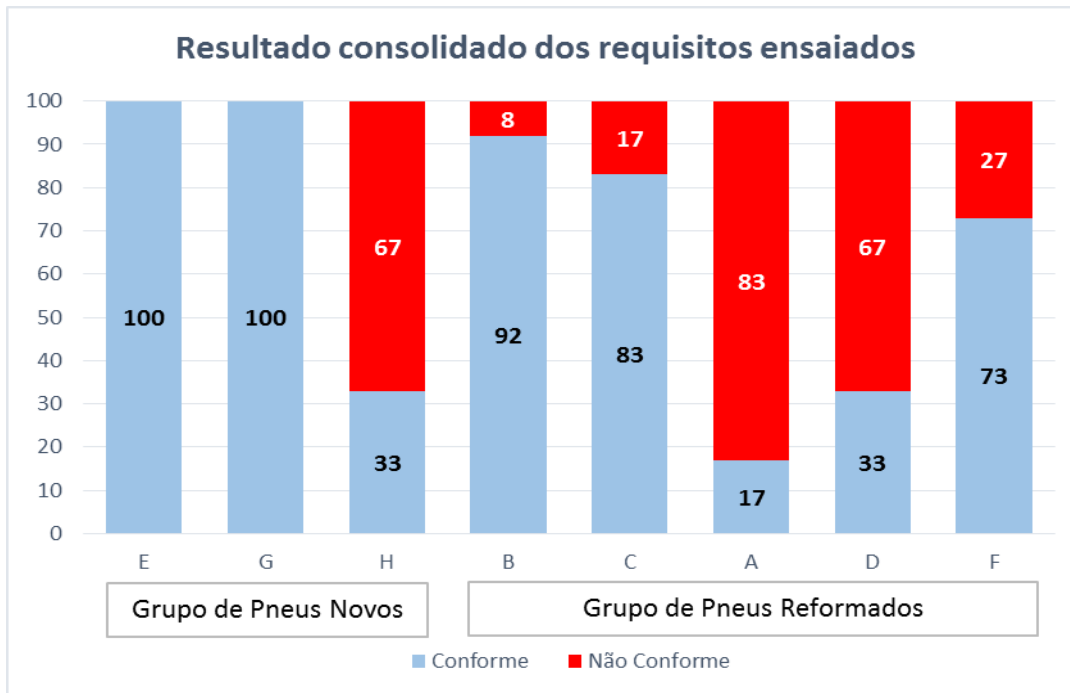


Gráfico 1: Ensaio Dimensional: Resultado consolidado por marcas e grupo de pneus

4.2 Verificação das marcações obrigatórias

As verificações das marcações obrigatórias são prescritas somente para os pneus novos, devido a sua regulamentação, porém foram realizadas para fins comparativos as verificações das marcações obrigatórias em todas as marcas contempladas nesse estudo.

Na tabela 8 são apresentadas as quantidades de marcas analisadas por grupos de pneus e seu percentual que atende aos requisitos de marcações.

Tabela 8: Resultados da verificação das marcações obrigatórias

Grupo de pneus	Quantidade de marcas analisadas	Marcas que não atendem ao requisito	Marcas que atendem ao requisito	Percentual que atende ao requisito
Novos	3	-	E, G, H	100%
Reformados	5	A, C, D, F	B	20,0%

Foram observadas as seguintes ausências de informações obrigatórias nas marcas de pneus reformados tendo o seguinte percentual identificado: 80% na identificação da estrutura da carcaça, 60% na data da reforma (DOT), 40% no índice de carga e 40% no símbolo de velocidade.

5. Ensaios de Uniformidade e Balanceamento

Para a realização dos ensaios de uniformidade foram selecionadas 100% das amostras, sendo 36 amostras de pneus novos e 59 amostras de pneus reformados.

Durante o processo de realização do ensaio de Uniformidade, para as medições dos valores de *Run Out Laterais*, *Run Out Axial (Tread Run Out)*, *Wooble* e desbalanceamento, a amostra deve ser, de modo automático e controlado por programas computacionais, posicionada e submetida à compressão mecânica, aplicada por meio entre 2 discos acoplados nos respectivos talões, e inflada à pressão pneumática.

Devidos aos defeitos denominados deformação plástica do talão presentes em 15 amostras das marcas A, B, D e F, do grupo de pneus reformados do verificados nas análises visuais pré ensaios, foi constatada a impossibilidade da realização dos ensaios de uniformidade e balanceamento em algumas amostras das referidas marcas, sendo estas rejeitadas para a realização destes ensaios.

As rejeições ocorreram no momento do posicionamento do pneu, durante o acoplamento dos discos e aplicação de pressão pneumática, no equipamento de ensaio.

As amostras não rejeitadas foram, efetivamente, submetidas ao ensaio de uniformidade. A quantidade e a porcentagem das amostras rejeitadas e amostras ensaiadas estão listadas na tabela 9.

Tabela 9: A quantidade e a porcentagem das amostras rejeitadas e amostras ensaiadas nos ensaios de uniformidade e balanceamento.

Marca	Grupo de pneus	Quant. Amostras Rejeitadas	Quant. Amostras ensaiadas	Amostras ensaiadas (%)
A	Reformado	5	7	58 %
B	Reformado	1	11	92 %
C	Reformado	0	12	100 %
D	Reformado	1	11	92 %
F	Reformado	8	3	27 %
E	Novo	0	12	100 %
G	Novo	0	12	100 %
H	Novo	0	12	100 %
Total		15	80	84,2%

5.1 Apresentação dos Resultados dos Valores de *Run Out* Laterais, *Run Out* Axial (*Tread Run Out*) e *Wobble*.

Os *Run Outs* laterais são constituídos pelos valores de *Run Out* do flanco esquerdo e do flanco direito do pneu, representados neste ensaio pela nomenclatura DOTRunout e NDOTRunout, respectivamente, sendo o DOT marcado com o código numérico da data de fabricação do pneu, estabelecido pelo *Department of Transportation* - DOT em um dos lados do pneu.

Fisicamente, os valores positivos de *Run Out* lateral, podem ser compreendidos como as deformações convexas e, negativamente, as deformações côncavas, a partir da superfície do flanco do pneu. De modo similar, os valores positivos e negativos de *Run Out* Axial podem ser compreendidos a partir de excentricidades detectadas ao redor de uma circunferência perfeita e imaginária que contenha a banda de rodagem do pneu.

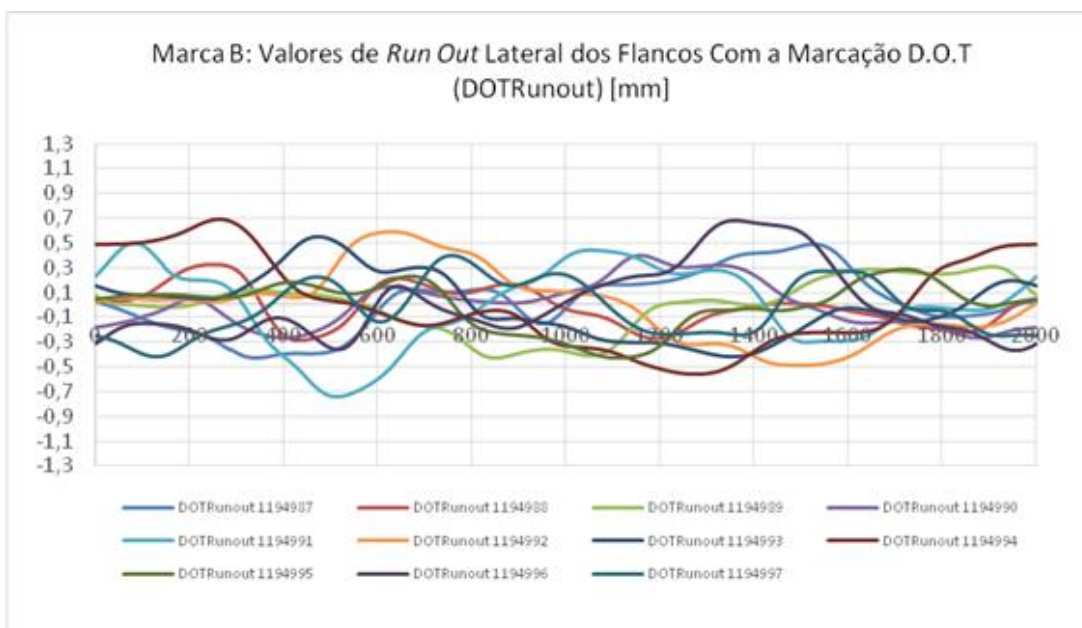
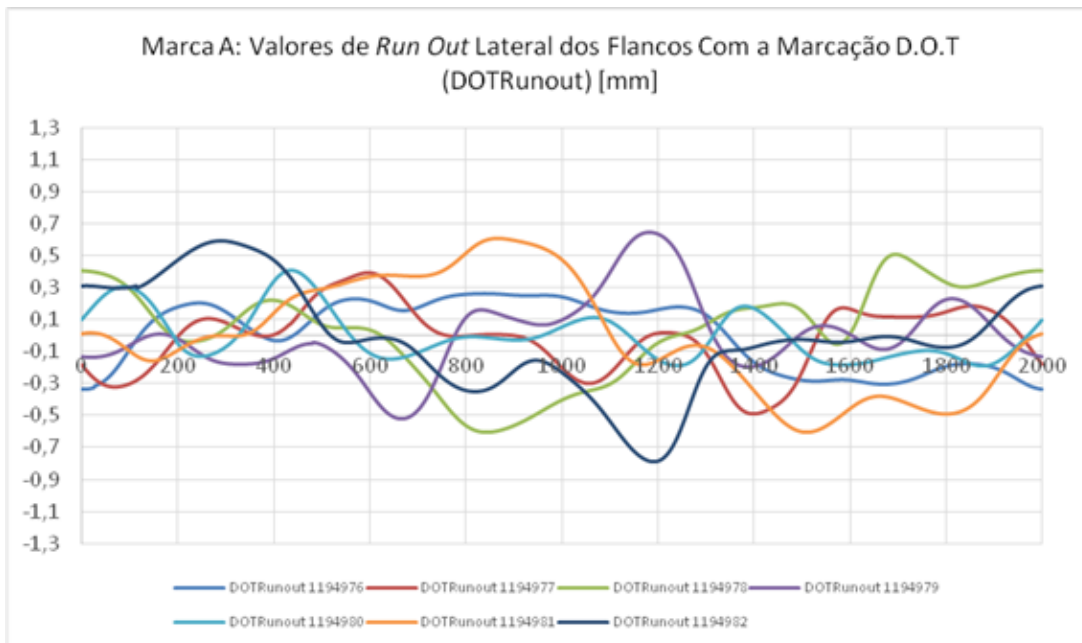
Para cada amostra ensaiada, foram adquiridos valores de *Run Out* Laterais e Axial (*Tread Run Out*) em 2.000 pontos de medições, a partir de arquivos do tipo ".txt" gerados pelo software operacional do equipamento de ensaio. Nestes arquivos, os 2.000 pontos constituem 360° da circunferência teórica do pneu, onde cada ponto equivale a 0,18°.

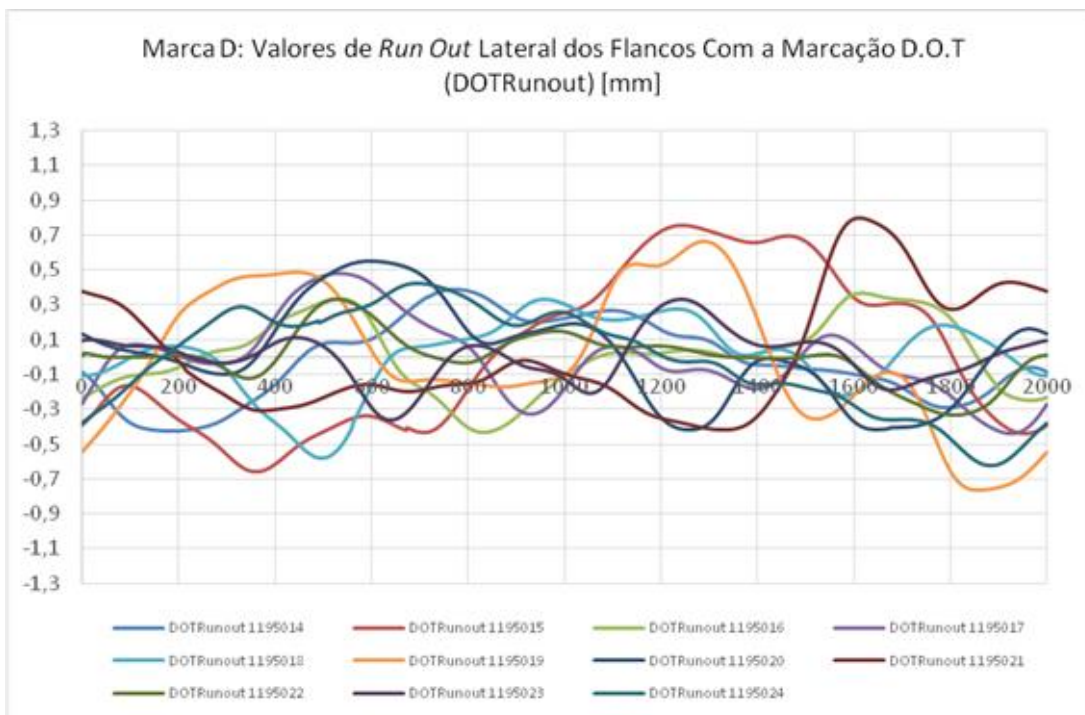
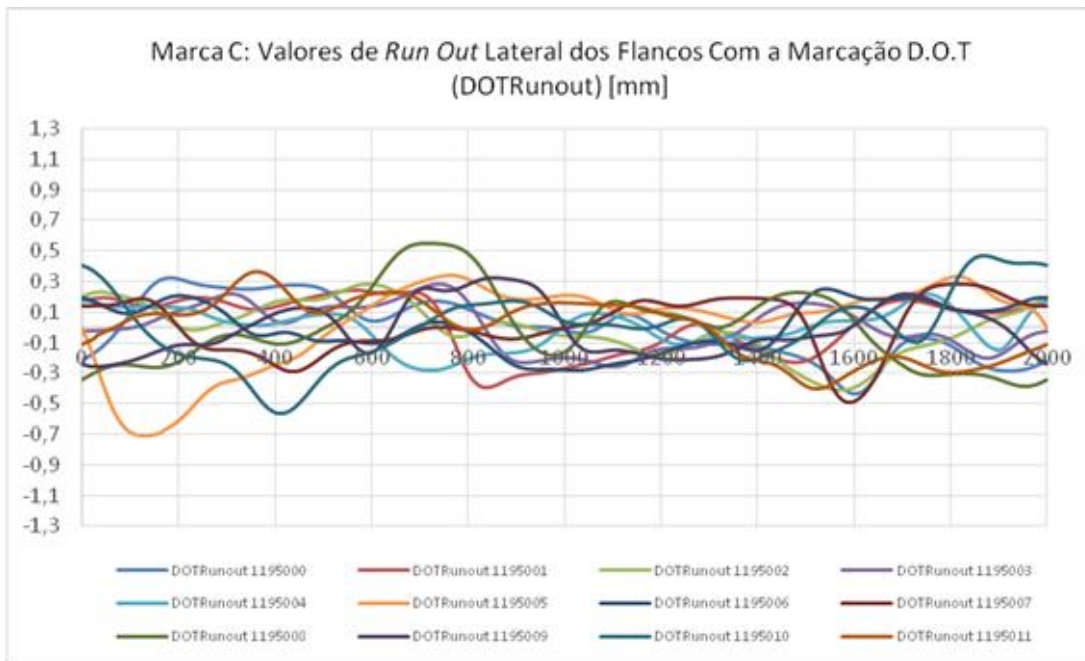
Para as apresentações e análises dos valores dos ensaios de uniformidade, os 2.000 pontos da circunferência do pneu foram planejados sendo, desta forma, apresentada em cada gráfico a banda de rodagem planejada - para os parâmetros de *Run Out* Laterais - ou flanco planejado - para os gráficos de *Run Out* Axial (*Tread Run Out*). Em todos estes gráficos, os valores positivos (deformações convexas) e os valores negativos (deformações côncavas) estão, respectivamente, plotados acima e abaixo dos eixos das ordenadas (y).

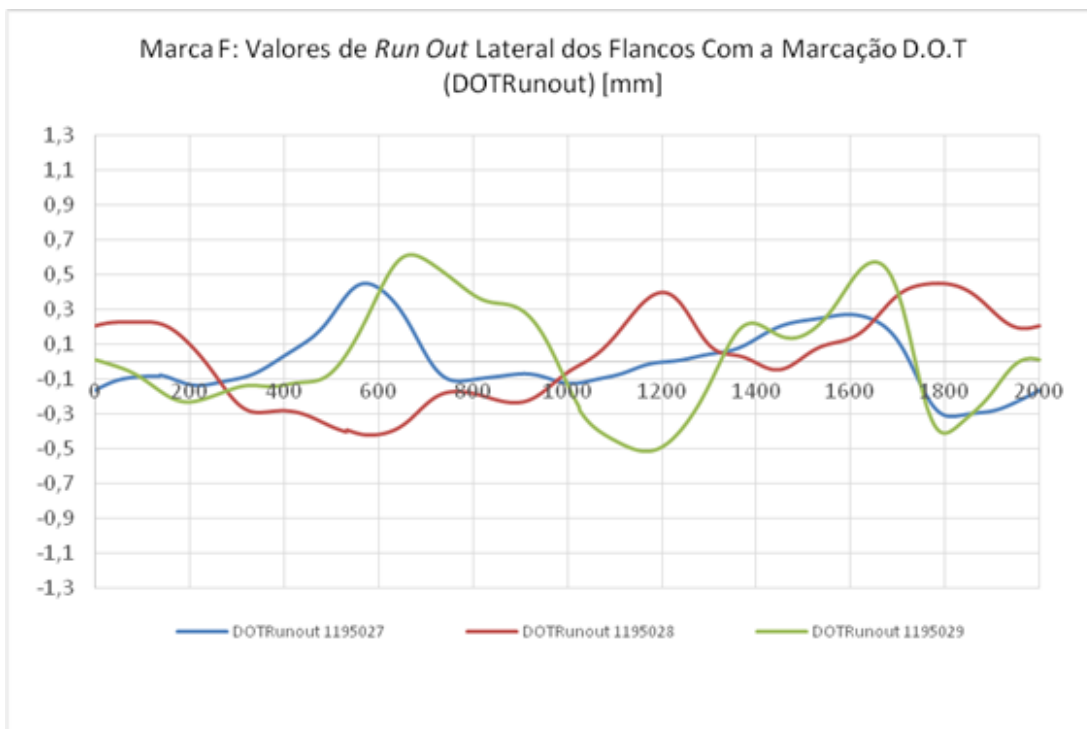
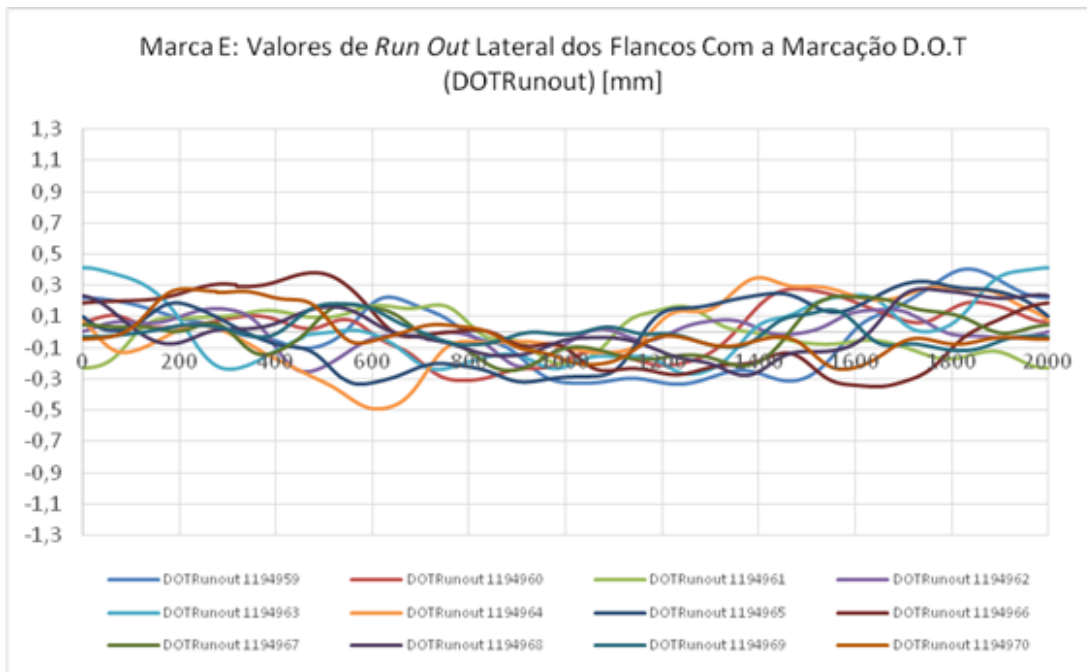
5.2. Resultados dos Valores de *Run Out* Laterais

5.2.1. *Run Out* lateral dos flancos com a marcação DOT (*DOTRunout*)

Os gráficos 2 abaixo apresentam os valores obtidos de *Run Out* lateral de 2.000 pontos do flanco com a marcação DOT (*DOTRunout*), de todas as amostras não rejeitadas, para cada marca. Cada curva indica os valores de *Run Out* de uma amostra de pneu ensaiada.







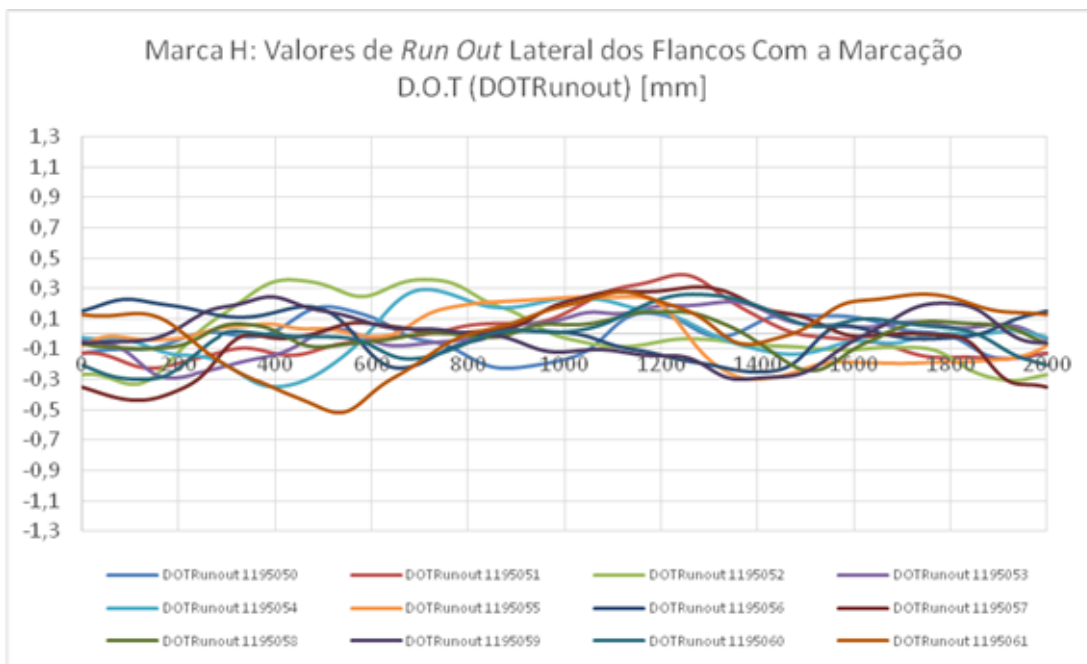
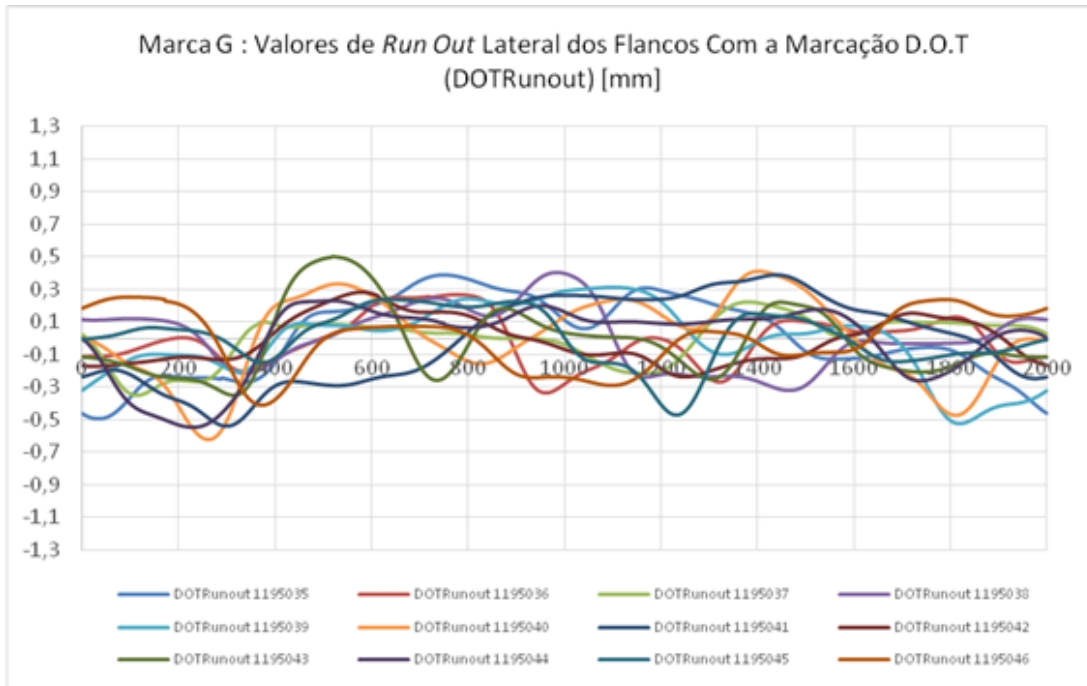


Gráfico 2: *Run Out* lateral do flanco com a marcação DOT, para cada marca (A a H), em mm.

A partir dos dados obtidos e apresentados nos gráficos acima, é fácil evidenciar que as marcas E e H, pertencentes ao grupo de pneus novos, apresentam os valores mais homogêneos e que marcas as marcas A, B, D e F, pertencentes ao grupo de pneus reformados, apresentaram maior heterogeneidade para o parâmetro DOTRunout.

A partir dos gráficos, as marcas que apresentam curvas com menores valores de amplitude e frequência representam uma maior homogeneidade entre as amostras desta marca. Os menores valores de amplitudes resultam das menores diferenças das variações entre os valores máximos e mínimos absolutos deste parâmetro, ao longo da superfície do flanco. E menores valores de frequência resultam de um maior número de pontos medidos com menores variações dos valores de amplitudes.

A partir do gráfico 2, foi gerada a Tabela 10 que apresenta os valores máximos absolutos e as médias aritméticas da propriedade de *Run Out* lateral dos flancos com a marcação DOT, para cada marca (A a H), em mm.

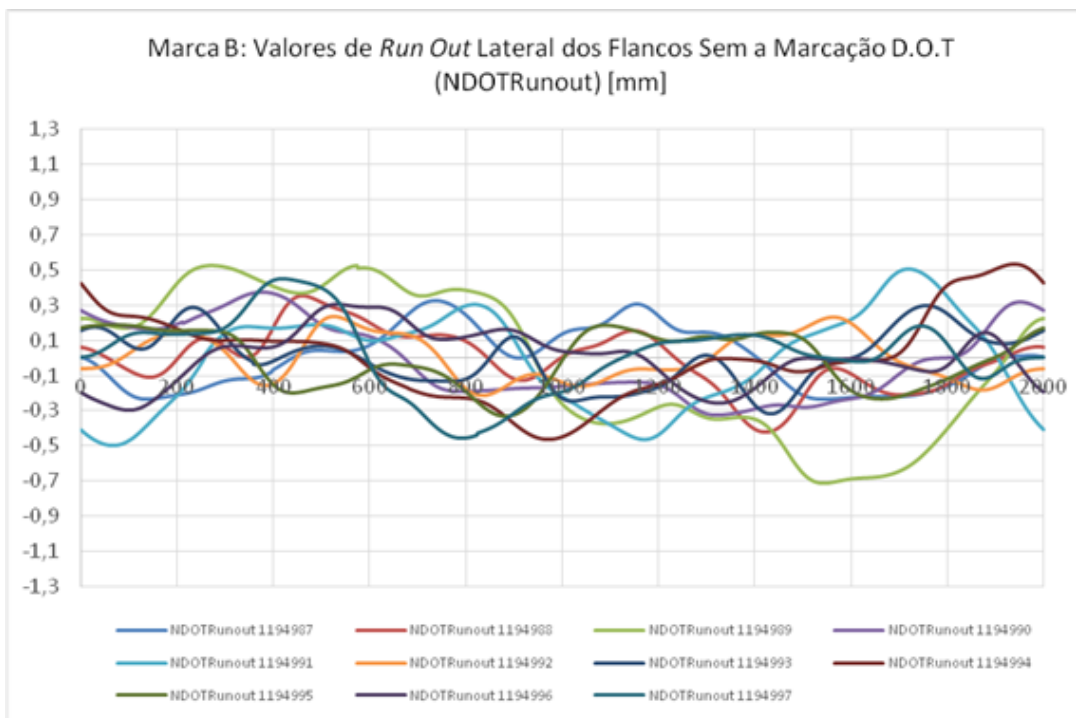
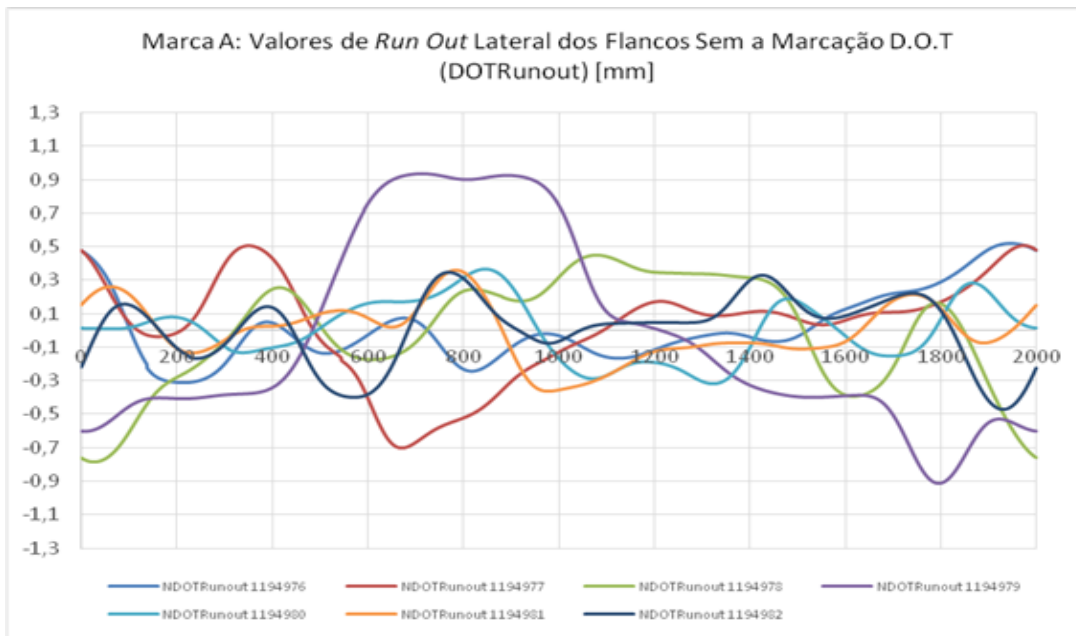
Tabela 10: valores máximos absolutos e das médias aritméticas da propriedade de *Run Out* lateral dos flancos com a marcação DOT, para cada marca (A a H), em mm.

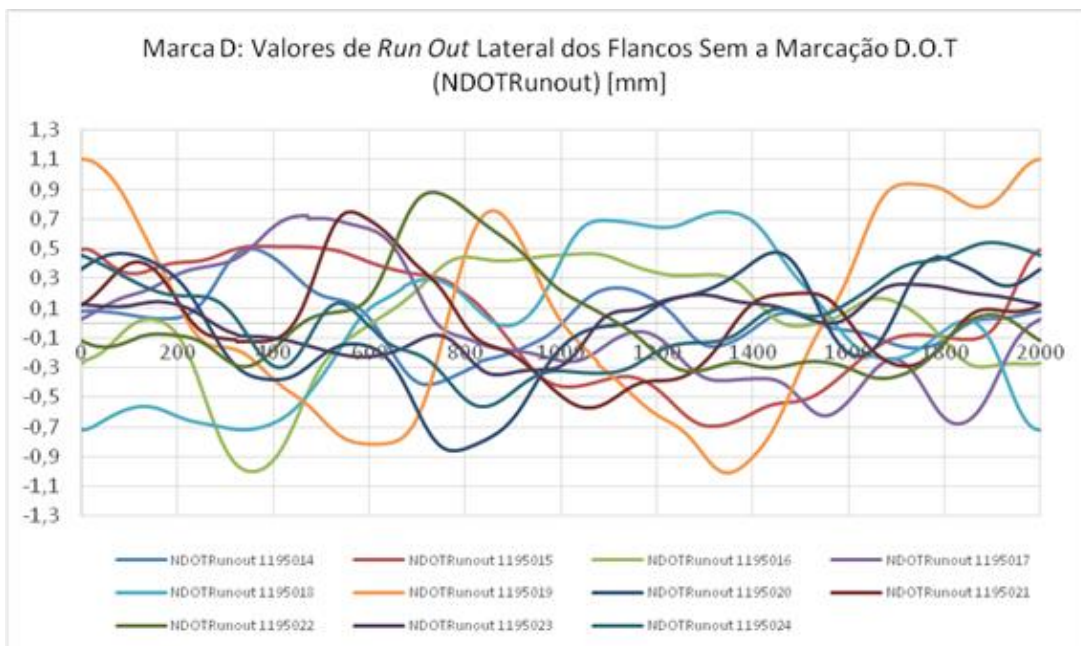
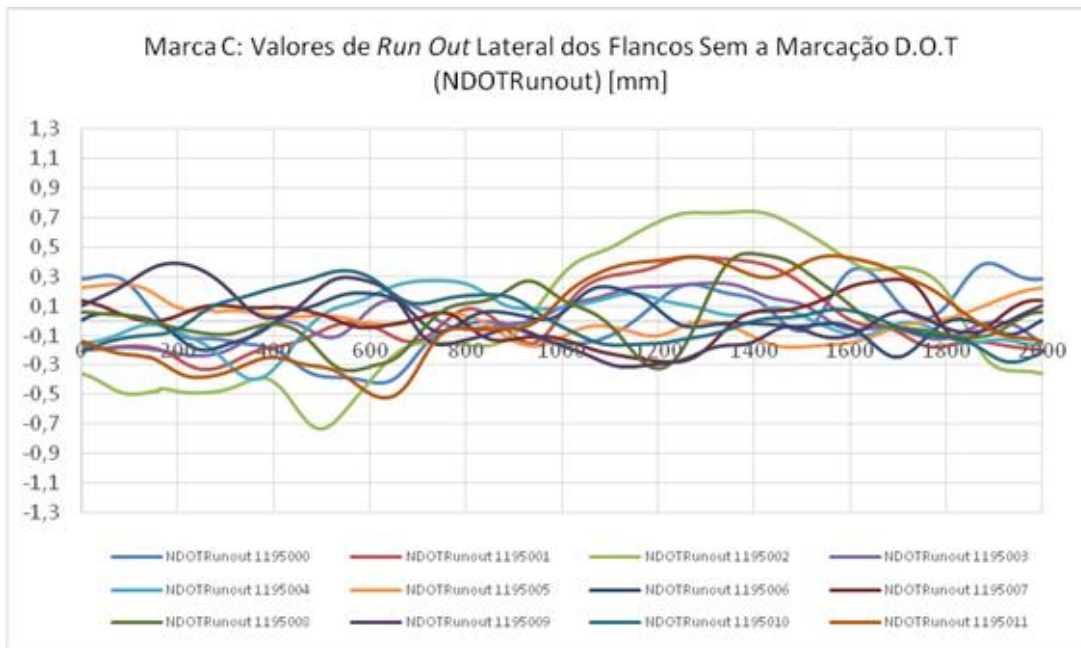
Marca	Valor Maior	Valor Menor	Média Aritmética
A	0,79	0,34	0,55
B	0,74	0,33	0,52
C	0,71	0,28	0,43
D	0,80	0,34	0,56
E	0,38	0,23	0,32
F	0,61	0,45	0,50
G	0,62	0,28	0,46
H	0,52	0,22	0,33

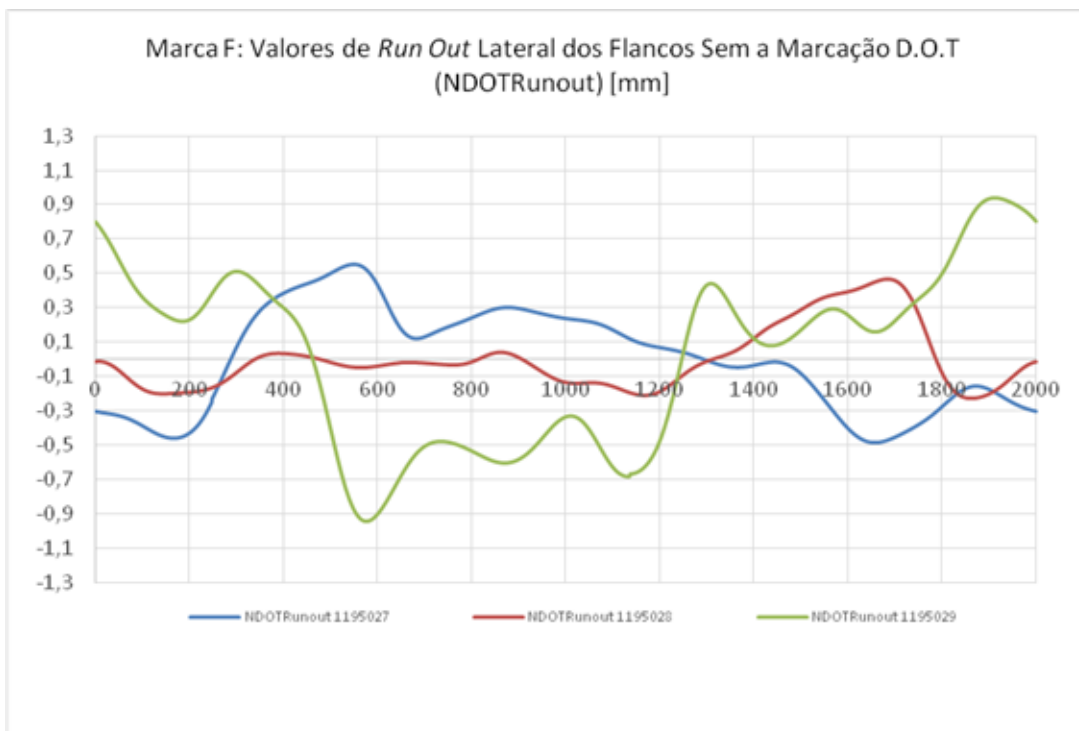
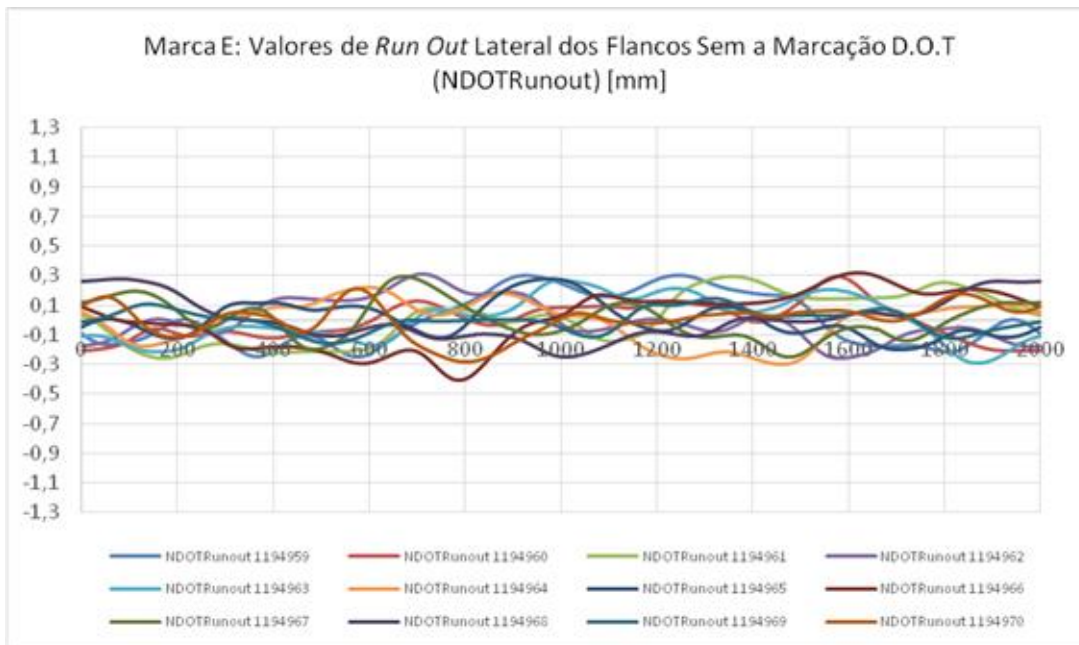
Mais uma vez, evidencia-se os menores valores de média para as marcas E e H, e os maiores valores para as marcas A, B, D e F.

5.2.2. *Run Out* lateral dos flancos sem a marcação DOT (*NDOTRunout*)

Os gráficos 3 abaixo apresentam os valores obtidos de *Run Out* lateral de 2.000 pontos do lado do pneu sem a marcação DOT (*NDOTRunout*), das amostras não rejeitadas de cada marca (A a H).







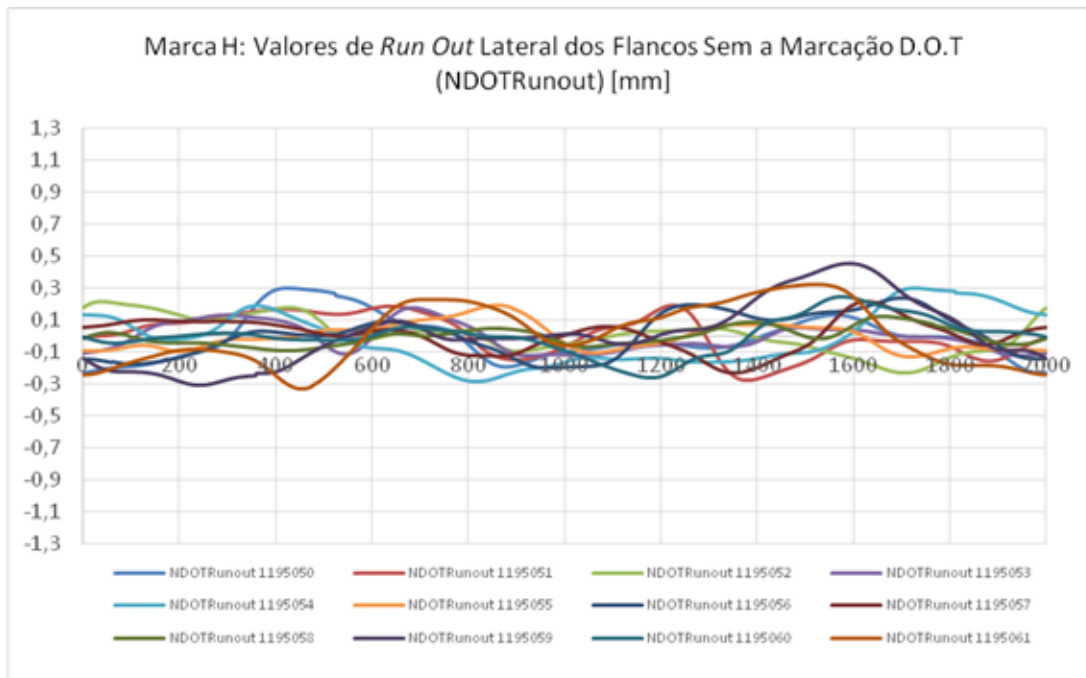
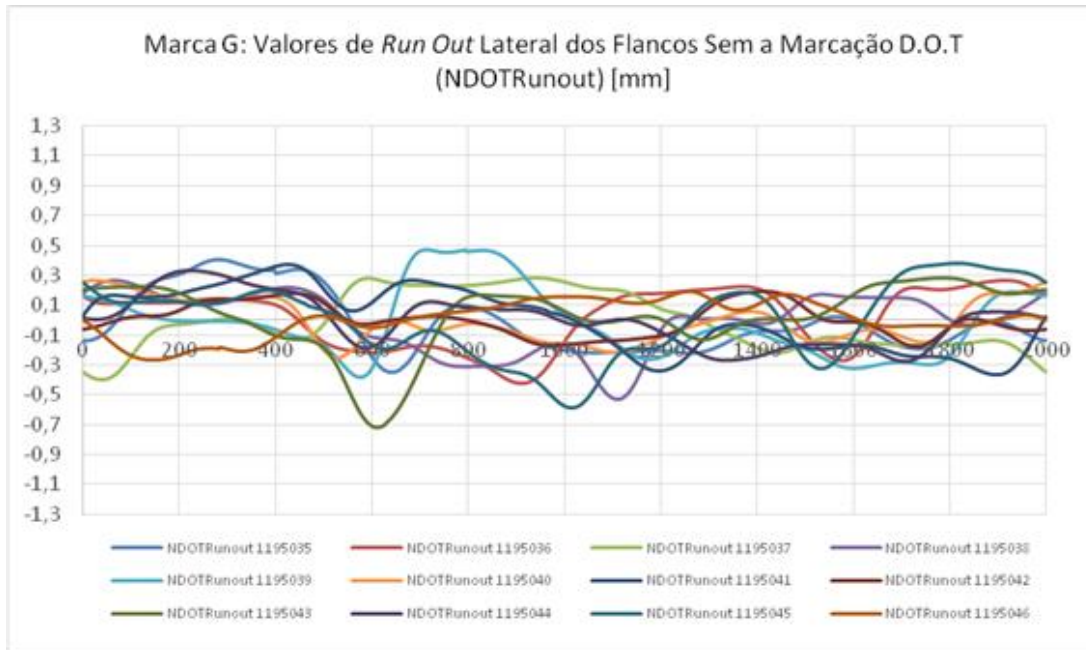


Gráfico 3: Run Out lateral do flanco sem a marcação DOT, para cada marca (A a H), em mm.

Novamente, a partir dos dados obtidos e apresentados nos gráficos acima, é fácil evidenciar que as marcas E e H, pertencentes ao grupo de pneus novos, apresentam os valores mais homogêneos e que marcas as marcas A, B, D e F, pertencentes ao grupo de pneus reformados, apresentaram maior heterogeneidade para o parâmetro NDOTRunout.

A partir do gráfico 3, foi gerada a Tabela 11 que apresenta os valores máximos absolutos e as médias aritméticas da propriedade de *Run Out* lateral dos flancos sem a marcação DOT, para cada marca (A a H), em mm.

Tabela 11: valores máximos absolutos e das médias aritméticas da propriedade de *Run Out* lateral dos flancos sem a marcação DOT, para cada marca (A a H), em mm.

Marca	Valor Maior	Valor Menor	Média Aritmética
A	0,94	0,36	0,59
B	0,71	0,24	0,41
C	0,74	0,24	0,39
D	1,10	0,35	0,74
E	0,41	0,16	0,29
F	0,94	0,46	0,65
G	0,72	0,19	0,41
H	0,45	0,18	0,26

Mais uma vez, evidencia-se os menores valores de média para as marcas E e H, e os maiores valores para as marcas A, D e F.

A partir dos resultados isolados dos *RunOut* laterais apresentados acima, foram calculados os parâmetros para uma análise do *Wobble* (oscilação lateral) de cada pneu, apresentados a seguir. Da mesma forma, qualificam-se os fabricantes cujas amostras apresentarem os menores valores médios de *Wobble*.

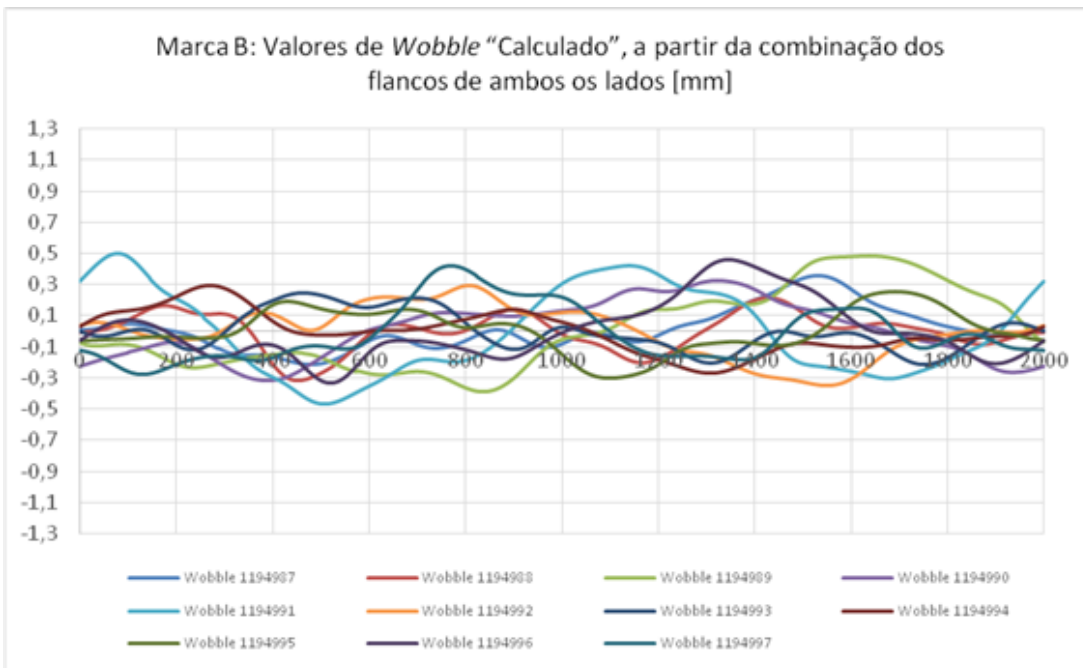
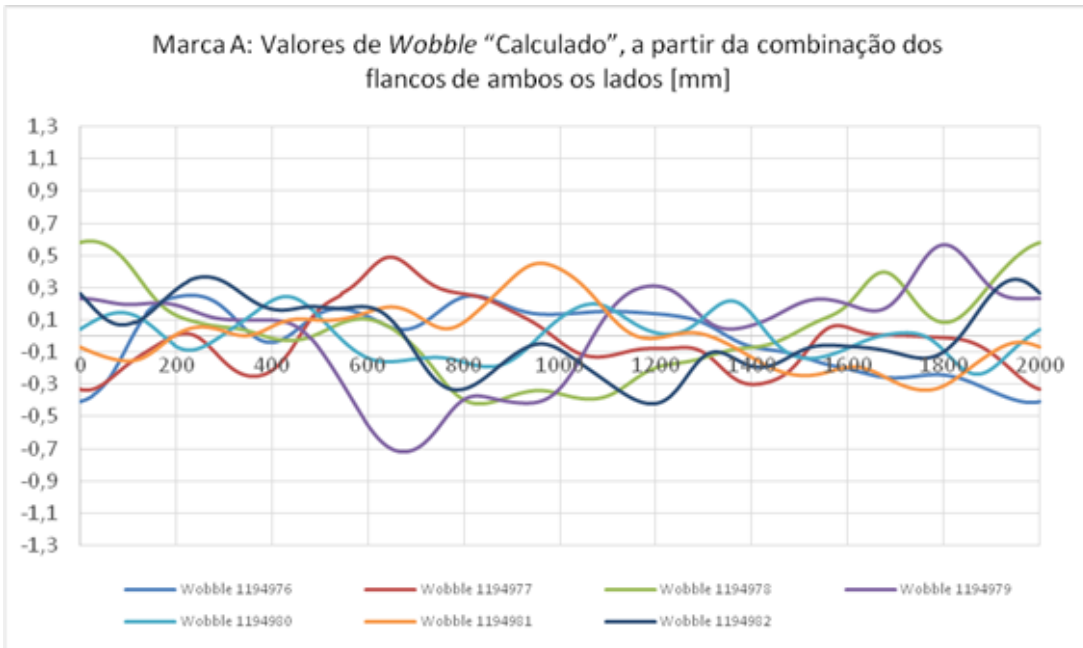
5.3 Resultados dos Valores de *Wobble* “Calculados”

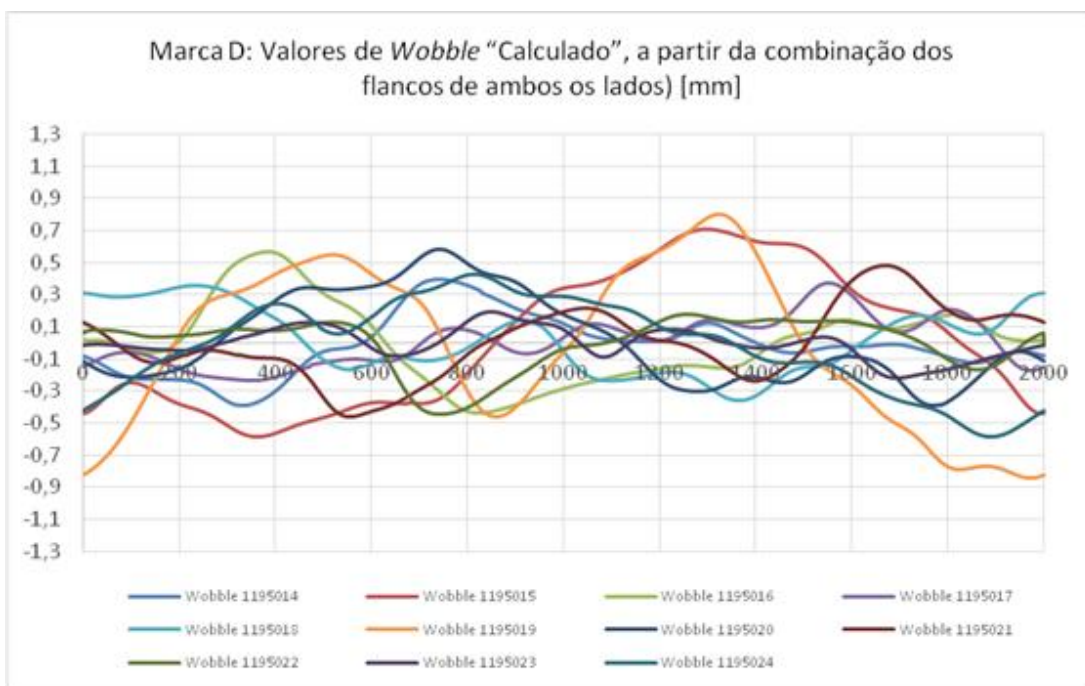
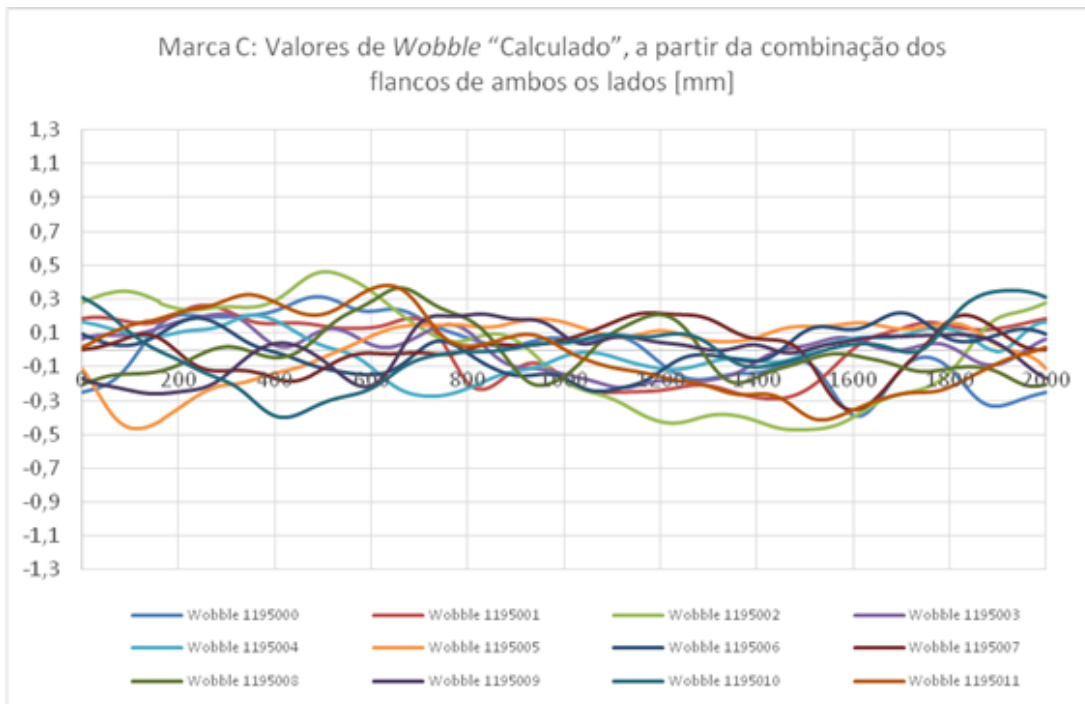
Diferente da aquisição dos valores de *Run Out* Laterais em 2.000 pontos de medições gerados pelo software operacional do equipamento de ensaio, este não gera os arquivos do tipo “.txt” com os valores de *Wobble* para os respectivos pontos.

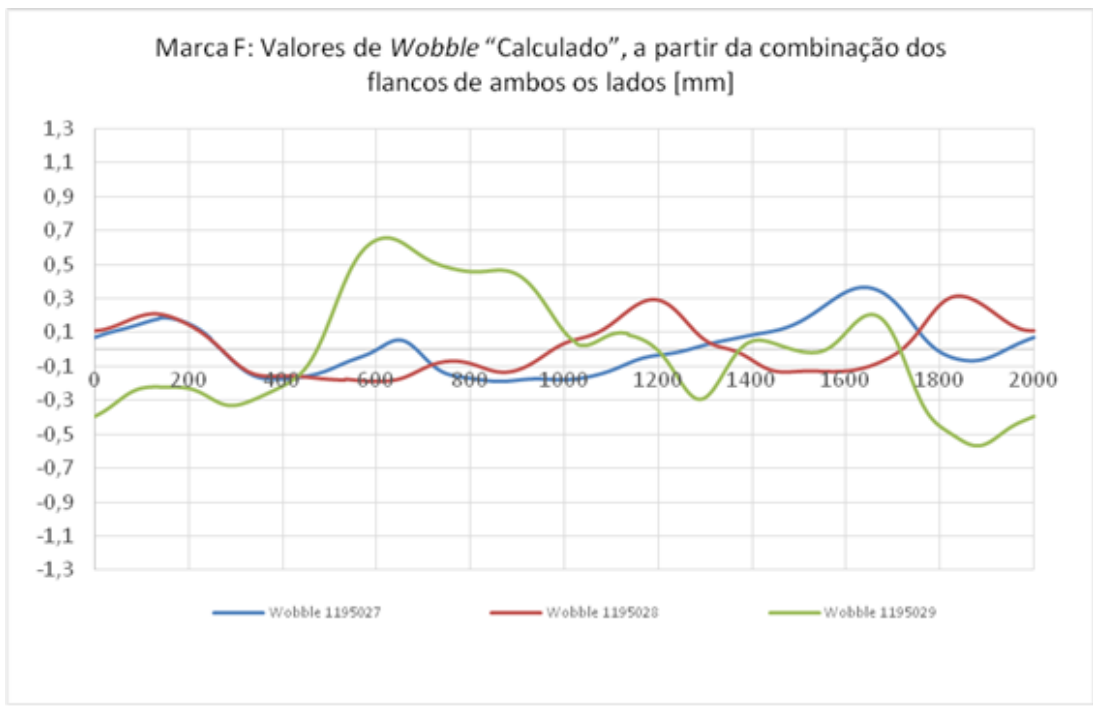
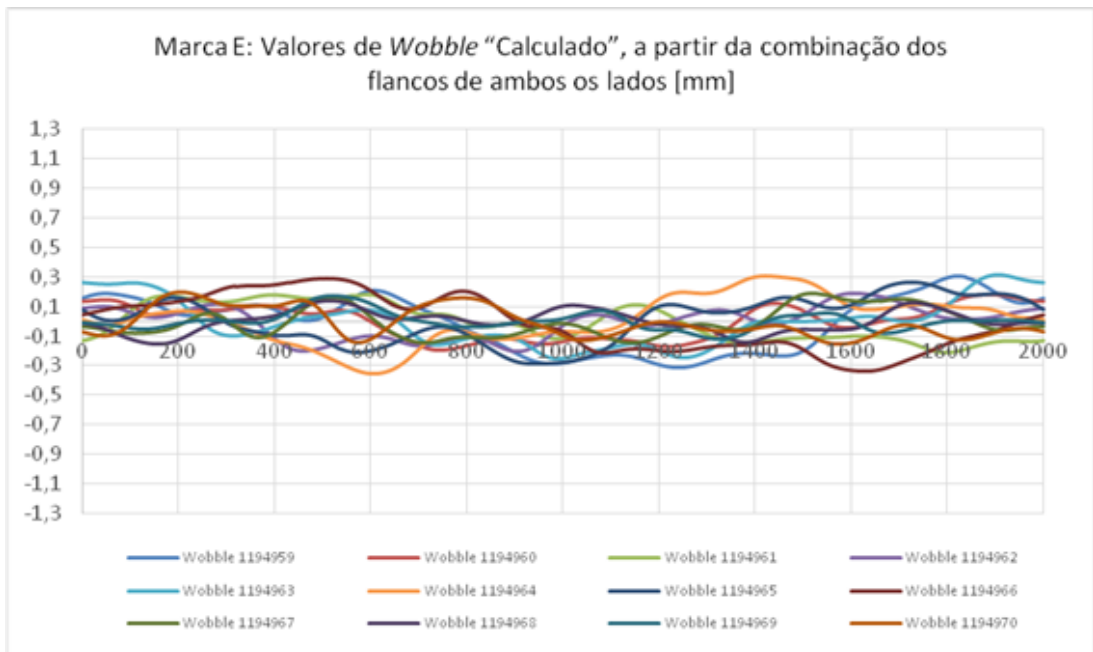
Desta forma, a partir da combinação dos gráficos com os valores obtidos de *Run Out* laterais foram construídos os gráficos 4, com valores de *Wobble* “calculados”, de todas as amostras ensaiadas.

Nos gráficos com os valores de *Wobble* “calculados” cada um dos valores dos 2.000 pontos foi obtido sendo a metade da diferença entre os valores de *Run Out* Lateral do flanco com a marcação DOT e sem a marcação DOT. Ou seja, para cada ponto, a propriedade *Wobble* “Calculado” = $(DOTRunout - NDOTRunout)/2$.

Os gráficos 4 apresentam com os valores de *Wobble* calculados em 2.000 pontos, de todas as amostras avaliadas, para cada marca (A a H).







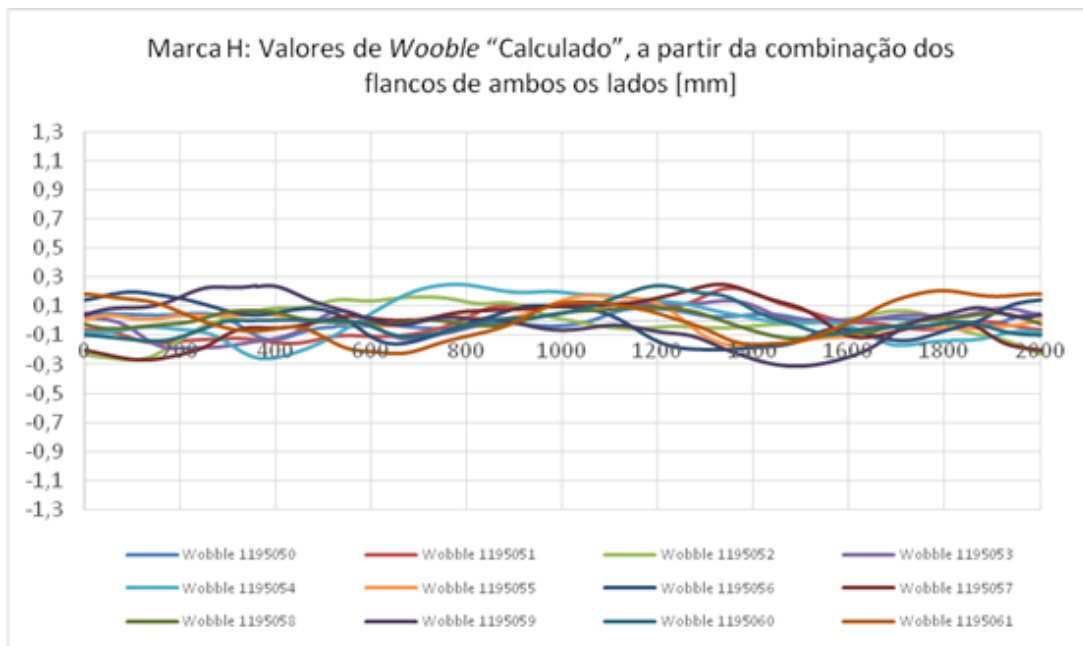
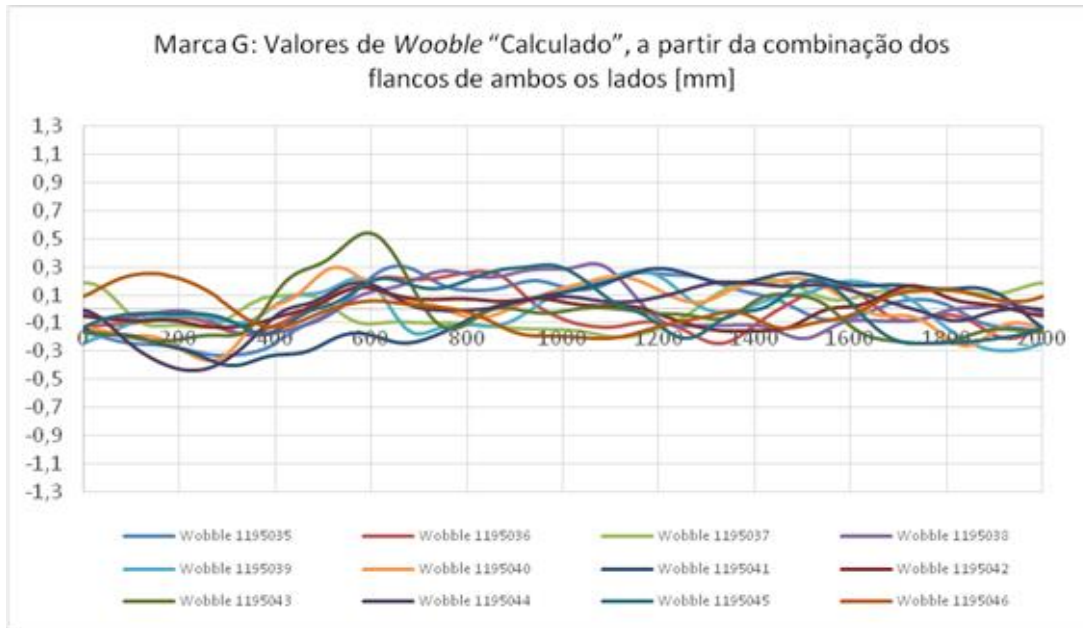


Gráfico 4: valores de *Wobble* Calculados das marcas (A a H), em mm.

Novamente, a partir dos dados obtidos e apresentados nos gráficos acima, é fácil evidenciar que as marcas E e H, pertencentes ao grupo de pneus novos, apresentam os valores mais homogêneos e que marcas as marcas A, B, D e F, pertencentes ao grupo de pneus reformados, apresentaram maior heterogeneidade para o parâmetro *Wobble*, resultando em amostras que possuem geometrias mais próximas do plano perpendicular ao eixo de rotação que contém o pneu.

A partir dos gráficos, foi gerada a Tabela 12 que apresenta os valores calculados para a propriedade *Wobble* para cada marca (A a H), em mm.

Tabela 12: valores máximos absolutos e das médias aritméticas da propriedade de *Wobble* "calculado", a partir da combinação dos flancos de ambos os lados, para cada marca (A a H), em mm.

Marca	Valor Maior	Valor Menor	Média Aritmética
A	0,72	0,24	0,47
B	0,50	0,25	0,37
C	0,47	0,23	0,35
D	0,71	0,22	0,51
E	0,36	0,15	0,24
F	0,66	0,32	0,45
G	0,55	0,17	0,33
H	0,31	0,12	0,22

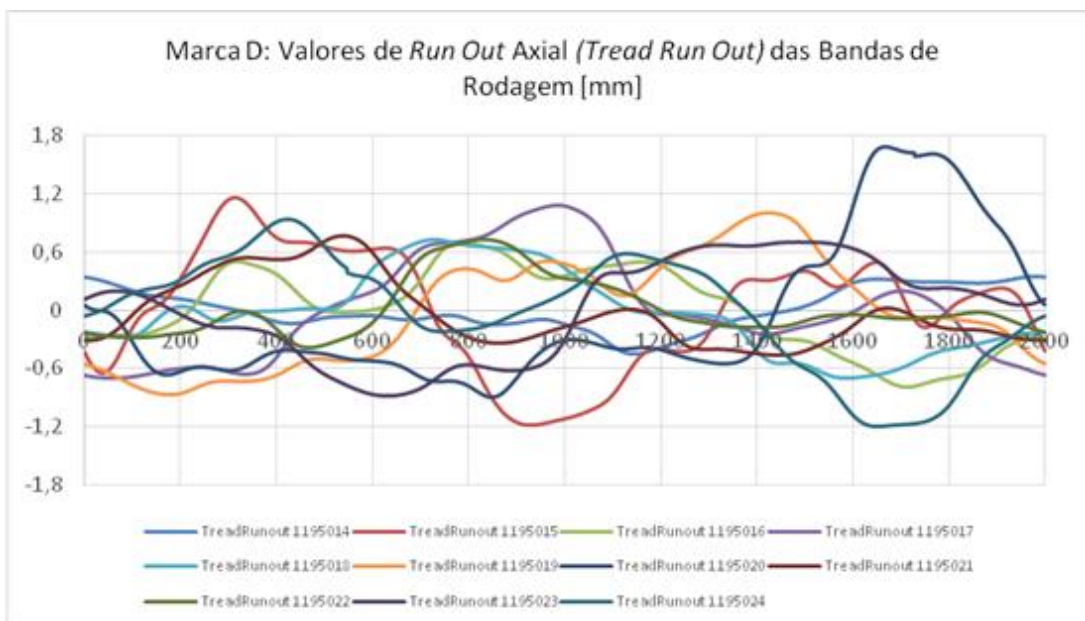
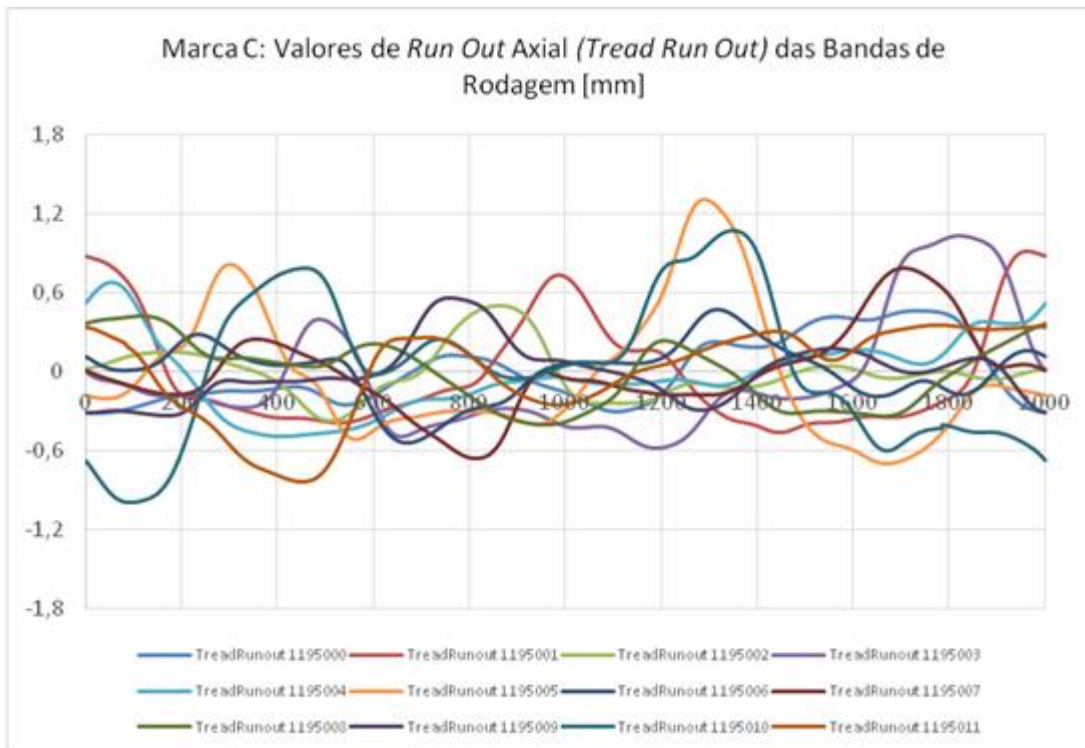
Considerando como os valores mais próximos do ideal aqueles obtidos pelas amostras que apresentaram as menores diferenças entre os valores máximos e mínimos absolutos para o parâmetro *Wobble*, resultante da combinação dos parâmetros *Runouts* laterais, é possível inferir a partir da observação da tabela e dos gráficos acima, que os pneus das marcas H e E, representantes do grupo de pneus novos, apresentam os melhores resultados. Dentre as marcas do grupo de pneus reformados, as amostras A, D e F apresentaram os piores resultados em termos de oscilação através do *Wobble*.

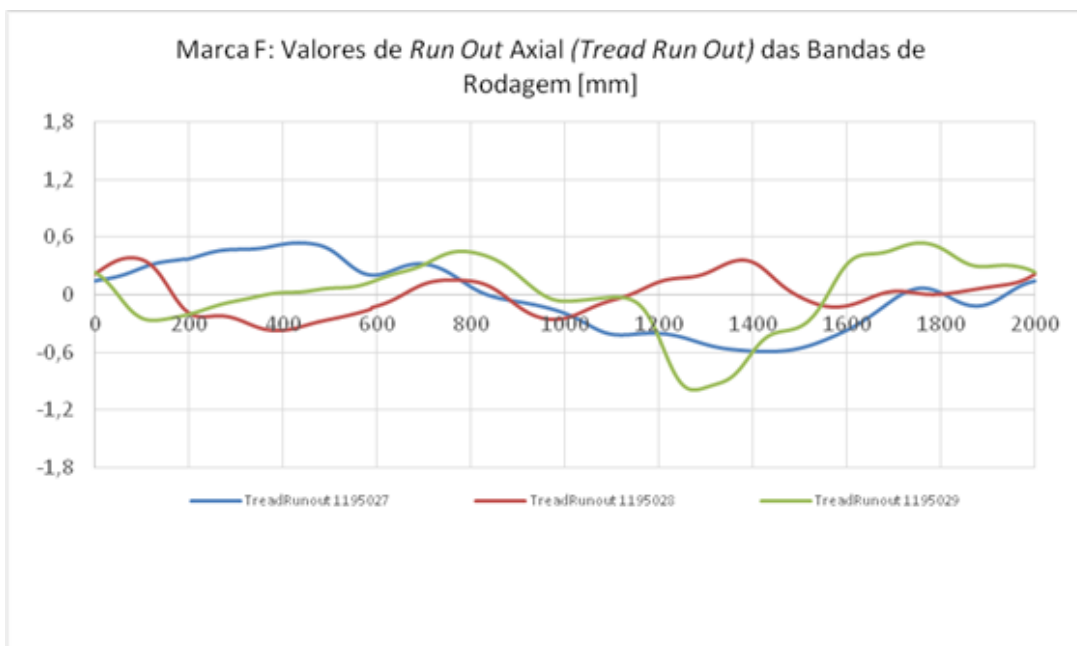
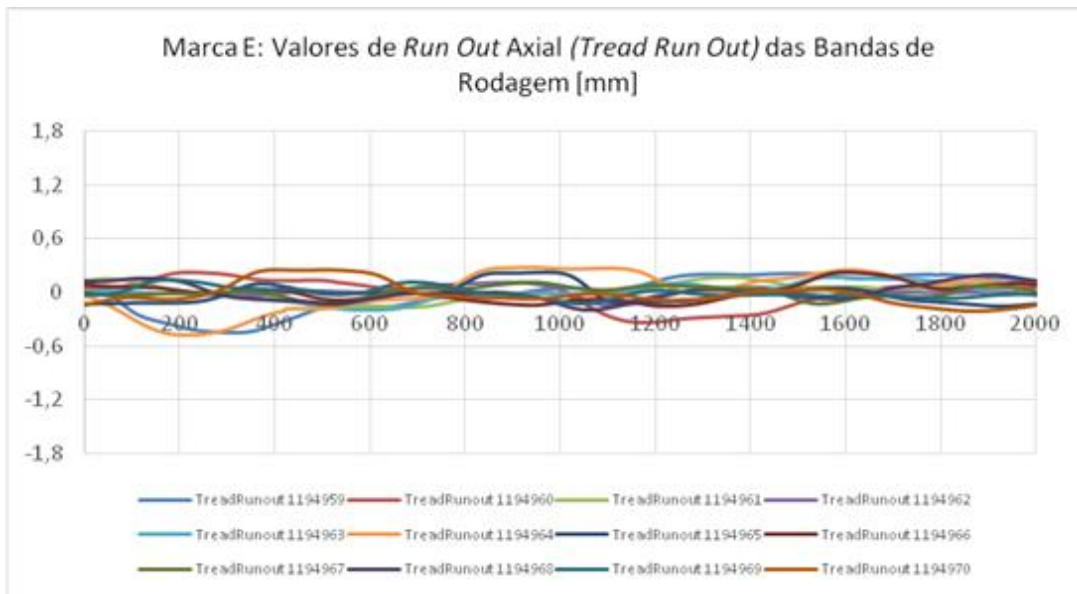
5.4 Resultados dos Valores de *Run Out Axial (Tread Run Out)*

O quarto e último parâmetro avaliado neste ensaio é o *Run Out* axial, cujos menores valores denotam uma menor excentricidade na circunferência externa do pneu, e um maior controle sobre o processo produtivo de um pneu novo, bem como uma maior excelência no procedimento de raspagem e de aposição de uma nova banda de rodagem em um processo de recapagem de pneus reformados.

Assim, na análise do *Tread Run Out* espera-se que os menores valores absolutos sejam indicativos dos melhores pneus, que trazem uma banda de rodagem bem assentada e com uma circunferência externa menos excêntrica possível.

Os gráficos 5 apresentam os valores obtidos de *Run Out Axial (Tread Run Out)* em 2.000 pontos da banda de rodagem, de todas as amostras ensaiadas, para cada marca (A a H).





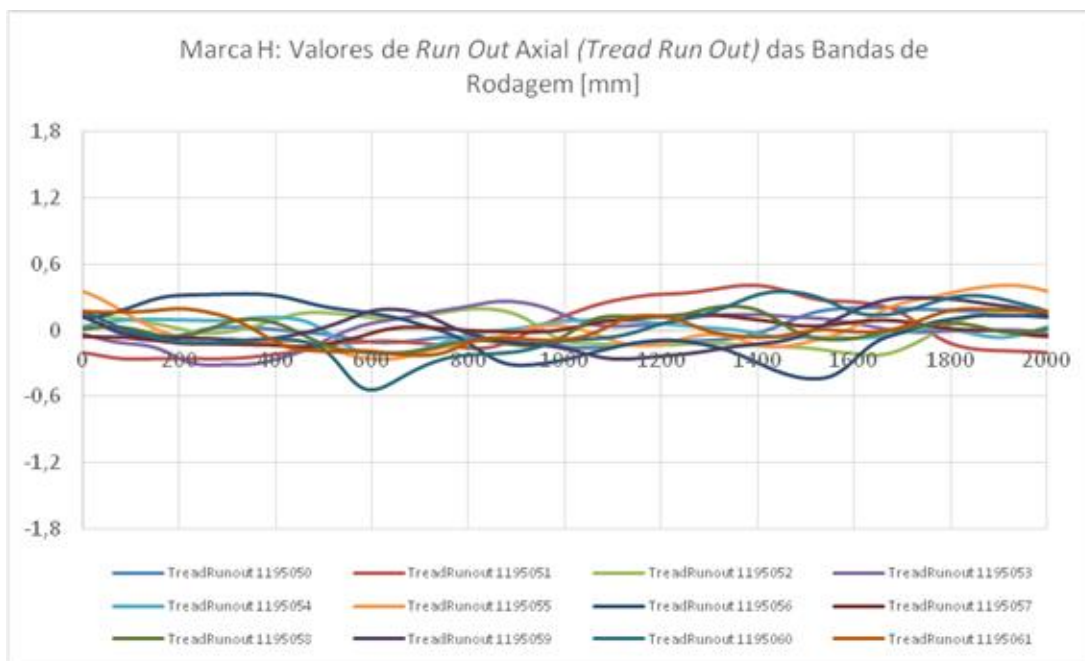
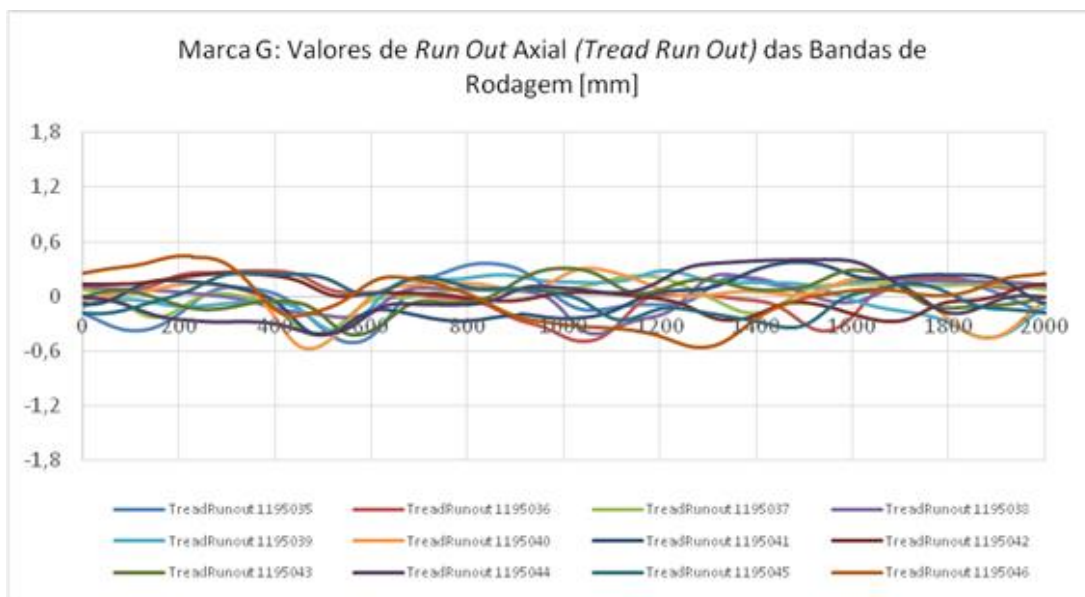


Gráfico 5: Valores obtidos de *Run Out Axial (Tread Run Out)* em 2.000 pontos da banda de rodagem, de todas as amostras não rejeitadas, para cada marca (A a H), em mm.

Analisando o comportamento das curvas dos gráficos acima, é bastante nítido e perceptível que as amostras das marcas E, G e H de pneus novos, por apresentarem menor amplitude e frequência de oscilação mais homogênea, resultam em amostras de pneus que estão mais próximos de uma circunferência perfeita.

Dos valores obtidos neste ensaio foram extraídos os pontos de máximo e mínimo dos *Run Out Axiais* de cada amostra, e calculada a média para todas as amostras de cada marca, conforme apresentados na Tabela 13, a seguir:

Tabela 13: Valores máximos absolutos e das médias aritméticas da propriedade de *Run Out* Axial das bandas de rodagem (*Tread Run Out*), para cada marca (A a H), em mm.

Marca	Valor Maior	Valor Menor	Média Aritmética
A	0,78	0,34	0,59
B	1,40	0,33	0,61
C	1,31	0,42	0,76
D	1,20	0,45	0,95
E	0,48	0,14	0,25
F	0,99	0,39	0,66
G	0,58	0,28	0,44
H	0,54	0,15	0,30

Ao final desta análise, é possível afirmar que as amostras oriundas dos fabricantes de pneus novos (E, G e H) apresentam uma estrutura construtiva com muito mais uniformidade do que a das amostras de pneus reformados (marcas A, B, C, D e F).

5.5. Aplicação da Análise Estatística ANOVA nos Valores dos Resultados

5.5.1. Considerações Estatísticas sobre a Experimentação

Métodos de ANOVA

No presente estudo, com o objetivo de comparação da tendência central “média (populacional)” das famílias de pneus e estimar a diferença entre estas famílias, foram realizadas as análises de variância, para um fator, dos métodos ANOVA-Padrão e ANOVA de *Welch* com as seguintes hipóteses:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_k$$

Onde μ = Média (populacional)

Neste teste a Hipótese Nula (H_0) afirma que a média da variável estudada é igual em todas as k populações (não existe diferença entre as médias das populações). A Hipótese Alternativa (H_1) afirma que "Há pelo menos uma diferença entre as médias das populações".

Premissas:

- Distribuição normal:

Os métodos de ANOVA-Padrão e ANOVA de *Welch* pressupõe que a distribuição dos resíduos segue uma distribuição normal. Convencionou-se, que a quando a distribuição dos dados segue uma distribuição normal, a distribuição dos resíduos também segue. Assim, pode-se testar a distribuição original dos dados, não de seus resíduos.

- Variâncias:

O Método de ANOVA-Padrão pressupõe que as variâncias das diferentes populações são iguais entre si (homocedasticidade).

O Método de ANOVA de *Welch* pressupõe que as variâncias das diferentes populações são diferentes entre si (heterocedasticidade).

- Análises *Post-hoc*:

Quando é encontrada uma diferença estatisticamente significativa no método de ANOVA-Padrão, é necessário realizar uma análise *post-hoc* para descobrir quais famílias são diferentes entre si.

No presente estudo, para análise *post-hoc* de ANOVA-Padrão, foi utilizado o procedimento de *Tukey*.

Quando é encontrada uma diferença estatisticamente significativa no método de ANOVA de *Welch*, é necessário realizar uma análise *post-hoc* para descobrir quais famílias são diferentes entre si.

No presente estudo, para análise *post-hoc* de ANOVA de *Welch*, foi utilizado o procedimento de *Games-Howell*.

Teste de Variância

No presente estudo, previamente à utilização do método de ANOVA-Padrão foi feito o teste de variância para confirmar a hipótese que as variâncias das diferentes populações são iguais entre si (homocedasticidade).

Caso não confirmada a hipótese, ou seja, que as variâncias das diferentes populações são diferentes entre si (heterocedasticidade), foi utilizada o método de ANOVA de *Welc*.

No presente estudo, foi realizado-o teste de variância com as seguintes hipóteses:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Onde, σ^2 = Variância (populacional)

A Hipótese Nula (H_0) destes testes afirma que as variâncias de duas populações, das quais foram retiradas as amostras testadas, são iguais, ou as "as variâncias são iguais", ou que "as variâncias das famílias não são estatisticamente diferentes". A Hipótese Alternativa (H_1) afirma que as variâncias das populações são diferentes.

Premissas:

- Distribuição normal: O teste F pressupõe que as distribuições de cada população sigam uma distribuição normal.

- Variâncias: O "teste t para variâncias iguais" assume que as variâncias das duas populações são iguais (homocedasticidade).

No presente estudo, a premissa da distribuição normal da população foi cumprida. Desta forma, para a comparação das variâncias entre as famílias de pneus foi utilizado o teste de Levene.

Fator F e valor P

O software Minitab, utilizado nas análises estatísticas do presente estudo, usa o valor do Fator de significância F, que estima a variação entre famílias pela a variância dentro da família, para calcular o valor de P, que foi empregado para a tomada de uma decisão sobre a significância estatística dos termos e do modelo e ou métodos utilizados.

Desta forma:

Se o valor P for menor ou igual ao nível de significância α , foi rejeitada a hipótese nula e concluído que nem todas as médias da população são iguais.

Se o valor P for maior do que o nível de significância α , não houve provas suficientes para ser rejeitada a hipótese nula de que as médias da população são todos iguais.

No presente estudo, foi estabelecido um nível de significância de $\alpha = 0,05$, correspondente a um intervalo de confiança de 95%.

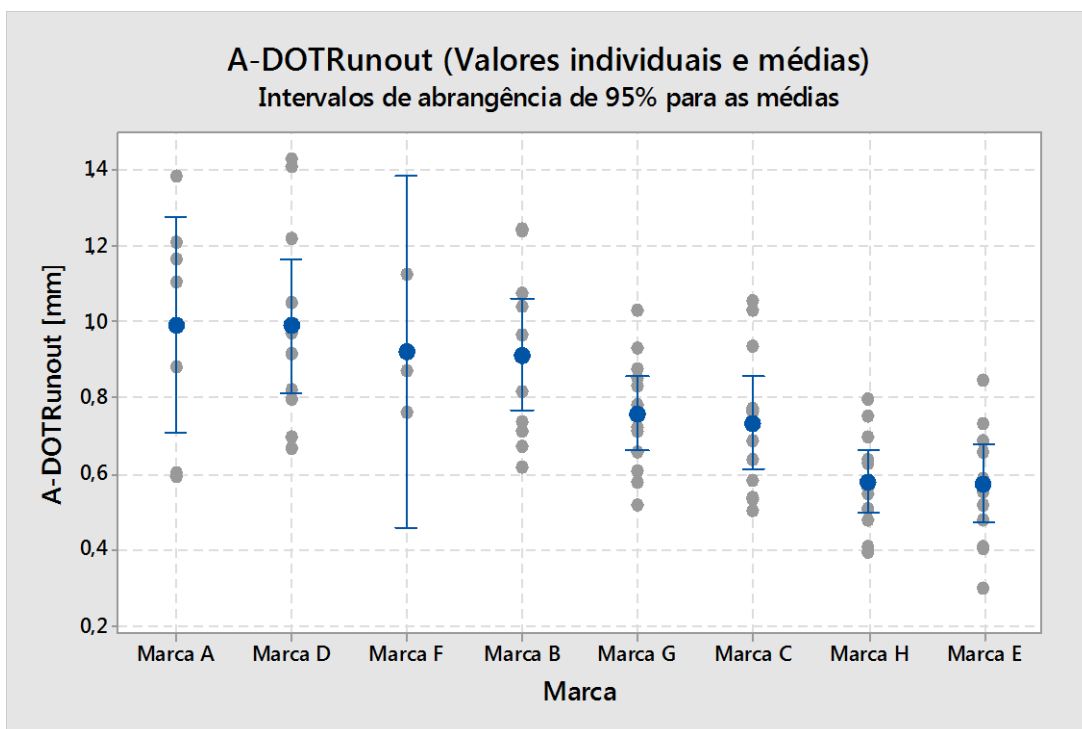
5.5.2. Apresentação dos Valores em Amplitudes

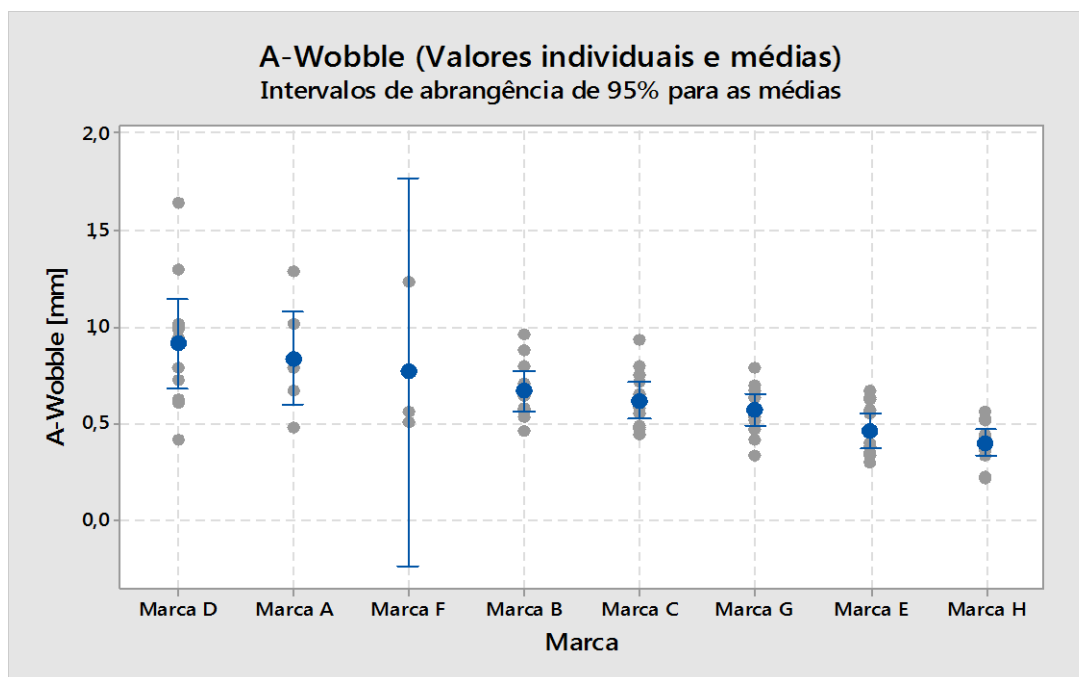
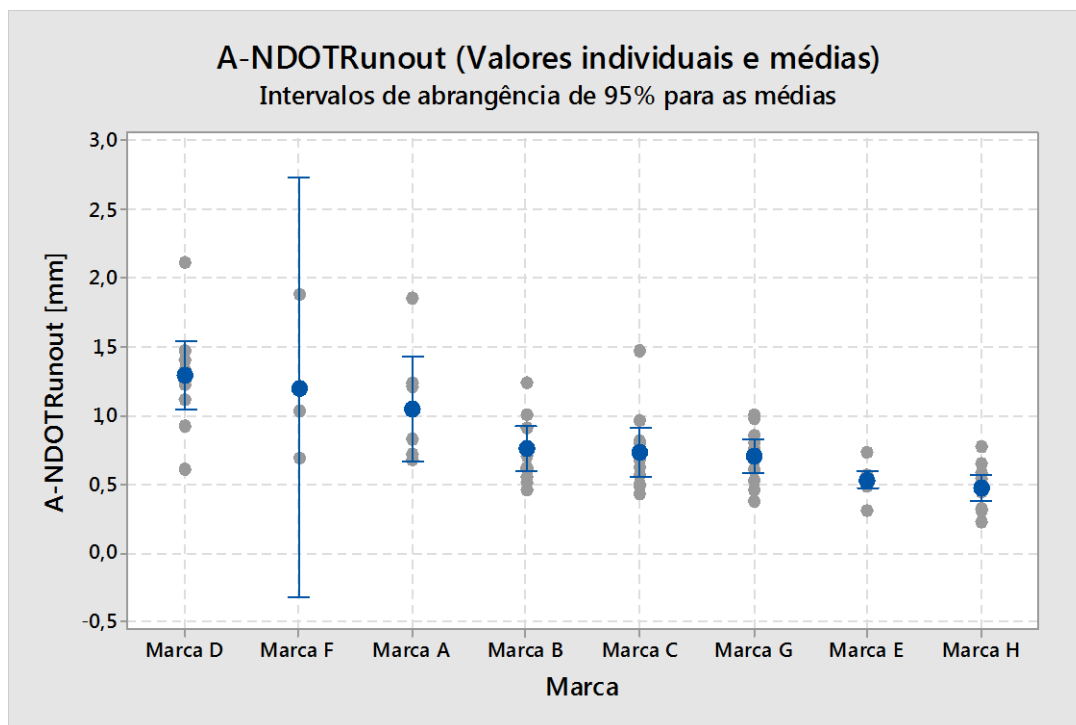
A partir dos gráficos com os valores obtidos dos ensaios de uniformidade, a fim de facilitar a análise dos resultados, foram calculados os valores de amplitude para os parâmetros de *Run Outs* laterais e Axial (*Tread Run Out*), *Wobble* "Calculado" e Desbalanceamento de todas as amostras não rejeitadas, para cada marca.

O valor de amplitude de *Wobble* "Calculado" foi obtido como sendo a diferença entre os valores máximo e mínimo de *Wobble* "Obtido", entre todos os 2.000 pontos, para cada amostra não-rejeitada, de cada marca (de A a H).

Para o cálculo do intervalo estimado dos valores das médias das amplitudes dos valores obtidos e calculados, foi definido um intervalo abrangência com confiança de 95%.

Os gráficos 6 apresentam os valores individuais de amplitude para os parâmetros de *Run Outs* laterais e Axial (*Tread Run Out*), *Wobble* "Calculado" e Desbalanceamento, os valores médios das amplitudes calculadas e os intervalos abrangência dos valores calculados das médias das amplitudes considerando uma confiança de 95%, para cada marca (A a H).





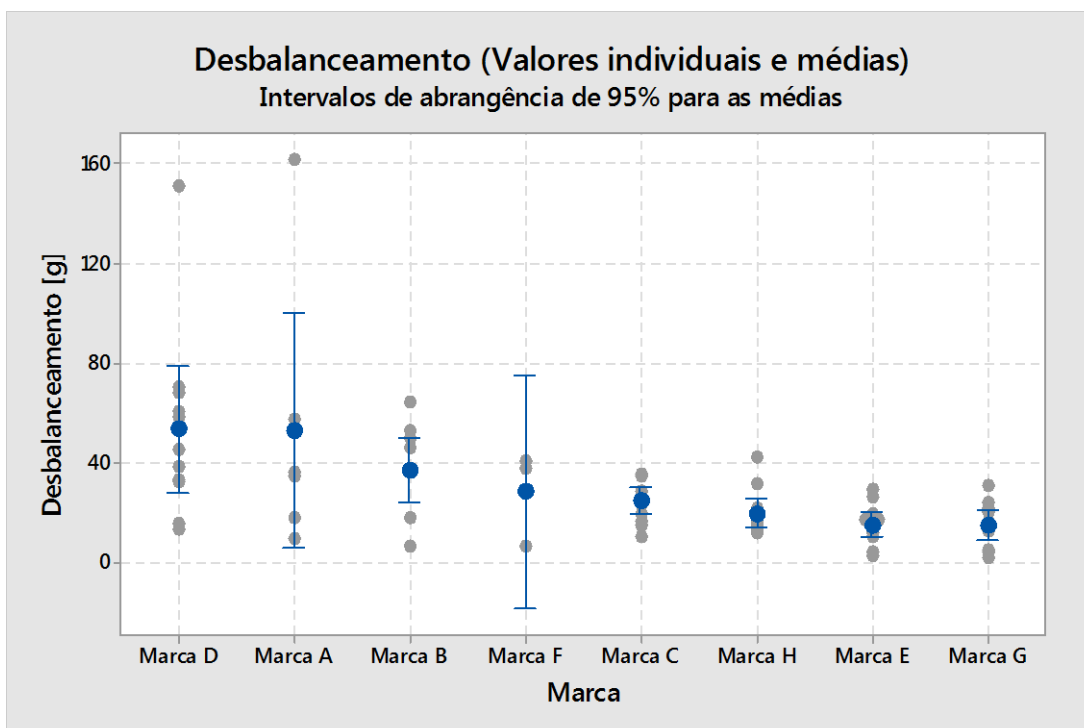
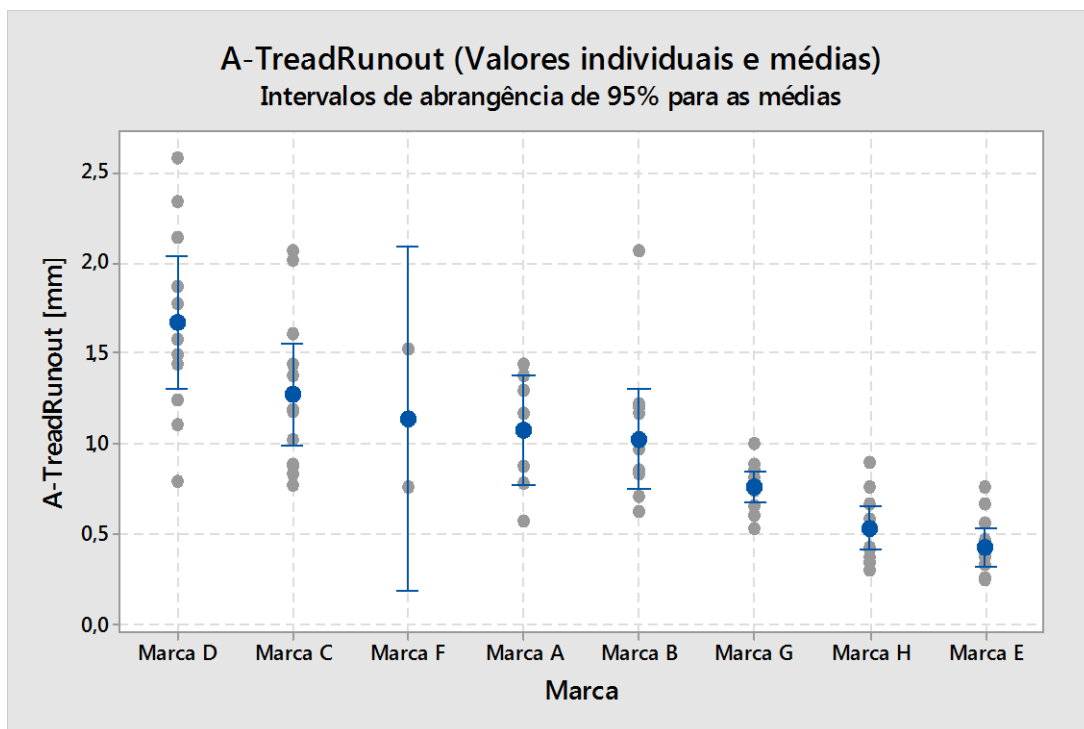


Gráfico 6: valores individuais de amplitude para os parâmetros de *Run Out*, *Tread Run Out*, *Wobble* "Calculado" e Desbalanceamento

5.5.3. Aplicações dos Métodos de ANOVA-Padrão e ANOVA de Welch

Com o objetivo de comparação da tendência central “média (populacional)” das famílias de pneus e estimar a diferença entre estas famílias, foram realizadas as análises de variância, para um fator, pelos métodos ANOVA-Padrão e ANOVA de Welch.

Quando foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa nos métodos de ANOVA-Padrão e ANOVA de Welch, foram realizadas análises post-hoc utilizando, respectivamente, o procedimento de Tukey e o procedimento de Games-Howell para descobrir quais famílias são diferentes entre si.

Estes procedimentos estatísticos compararam os valores das médias das marcas, entre si, e determinar se estas pertencem a famílias diferentes perante as análises das variâncias encontradas entre as marcas e internamente (dentro) de cada marca.

Testes de Variâncias

Para cada parâmetro analisado, previamente à utilização do método de ANOVA-Padrão foi feito o teste de variância de Levene para confirmar a hipótese que as variâncias das diferentes famílias de pneus são iguais entre si (homogeneidade de variâncias).

A Figura 14 apresenta os resultados obtidos do *software* Minitab para o teste de variância de Levene para os valores individuais de amplitude e as médias de amplitude dos parâmetros de DOTRunout, NDOTRunout, *Wobble "Calculado"*, TreadRunout, e Desbalanceamento, para todas as marcas (A a H).

Test for Equal Variances: A-DOTRunout versus Marca

Method

Null hypothesis All variances are equal
Alternative hypothesis At least one variance is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Method	Test Statistic	P-Value
Levene	1,33	0,248

Test for Equal Variances: A-NDOTRunout versus Marca

Method

Null hypothesis All variances are equal
Alternative hypothesis At least one variance is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Method	Test Statistic	P-Value
Levene	1,92	0,079

Test for Equal Variances: A-Wobble versus Marca

Method

Null hypothesis All variances are equal
 Alternative hypothesis At least one variance is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Method	Test	
	Statistic	P-Value
Levene	1,91	0,080

Test for Equal Variances: A-TreadRunout versus Marca

Method

Null hypothesis All variances are equal
 Alternative hypothesis At least one variance is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Method	Test	
	Statistic	P-Value
Levene	3,05	0,007

Test for Equal Variances: Desbal versus Marca

Method

Null hypothesis All variances are equal
 Alternative hypothesis At least one variance is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Method	Test	
	Statistic	P-Value
Levene	2,57	0,020

Figura 14: Teste de variância de Levene para os valores de amplitude dos parâmetros de DOTRunout, NDOTRunout, Wobble "Calculado", TreadRunout, e Desbalanceamento.

As partir dos testes variância de Levene, para os parâmetros DOTRunout, NDOTRunout, TreadRunout, Wobble e Desbalanceamento analisados, foram obtidos valores P iguais a 0,248; 0,079; 0,007 e 0,020 respectivamente.

No teste variância de Levene, um valor P maior que o nível de significância ($\alpha = 0,05$) significa que as variâncias entre as famílias são homogêneas e o ANOVA-Padrão pode ser conduzido normalmente.

Desta forma, foi utilizado o método de ANOVA-Padrão para análise dos parâmetros de DOTRunout, NDOTRunout e *Wobble*.

Ainda para o teste de Levene, um valor de P menor que o nível de significância ($\alpha = 0,05$) significa que as variâncias entre as famílias não são homogêneas e o ANOVA-Padrão não pôde ser conduzido.

Neste caso, foi utilizado o método de ANOVA de *Welch* para análise dos parâmetros de TreadRunout e Desbalanceamento.

Método de ANOVA-Padrão

As partir dos testes variância de Levene, foram obtidos valores P maiores que o nível de significância ($\alpha = 0,05$) para os parâmetros DOTRunout, NDOTRunout e *Wobble* analisados, indicando que as variâncias dos valores de amplitude destes parâmetros, entre as famílias de pneus, são homogêneas. Desta forma, o método ANOVA-Padrão pôde ser conduzido normalmente.

A Figura 15 apresenta os resultados obtidos do software Minitab para o método de ANOVA-Padrão para os valores individuais de amplitude e as médias de amplitude dos parâmetros de DOTRunout, NDOTRunout e *Wobble* "Calculado" para todas as marcas (A a H).

One-way ANOVA: A-DOTRunout versus Marca						
Method						
Null hypothesis	All means are equal					
Alternative hypothesis	At least one mean is different					
Significance level	$\alpha = 0,05$					
Equal variances were assumed for the analysis.						
Factor Information						
Factor	Levels	Values				
Marca	8	Marca A; Marca D; Marca F; Marca B; Marca G; Marca C; Marca H; Marca E				
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Marca	7	2,082	0,29749	7,22	0,000	
Internal	72	2,965	0,04118			
Total	79	5,047				

One-way ANOVA: A-NDOTRunout versus Marca

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values
 Marca 8 Marca D; Marca F; Marca A; Marca B; Marca C; Marca G; Marca E; Marca H

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Marca	7	5,925	0,84646	11,21	0,000
Internal	72	5,437	0,07551		
Total	79	11,362			

One-way ANOVA: A-Wobble versus Marca

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values
 Marca 8 Marca D; Marca A; Marca F; Marca B; Marca C; Marca G; Marca E; Marca H

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Marca	7	2,303	0,32896	8,07	0,000
Internal	72	2,936	0,04077		
Total	79	5,238			

Figura 15: resultados para o método ANOVA- Padrão para os valores de amplitude dos parâmetros de DOTRunout, NDOTRunout e *Wobble* "Calculado"

As partir do método de ANOVA- Padrão para análise dos parâmetros de DOTRunout, NDOTRunout e *Wobble* foram obtidos valores P iguais a 0,00 (zero).

No método de ANOVA- Padrão, um valor P menor que o nível de significância ($\alpha = 0,05$) significa que há diferença estatisticamente significativa nos valores das médias de amplitudes entre as famílias de pneus dos parâmetros DOTRunout, NDOTRunout e *Wobble* analisados.

Desta forma, foi utilizado o procedimento de *Tukey* para análise dos parâmetros de DOTRunout, NDOTRunout e *Wobble* para descobrir quais famílias de pneus são diferentes entre si, por meio da comparação de pares de famílias de pneus com variâncias iguais (homogêneas).

Método ANOVA de *Welch*

A partir dos testes variância de Levene, foram obtidos valores P menores que o nível de significância ($\alpha = 0,05$) para os parâmetros TreadRunout e Desbalanceamento analisados, indicando que as variâncias dos valores de amplitude destes parâmetros, entre as famílias de pneus, não são homogêneas. Desta forma, o método ANOVA-Padrão não pôde ser conduzido normalmente, sendo utilizado o método ANOVA de *Welch*.

A Figura 16 apresenta os resultados obtidos do software Minitab para o método de ANOVA-Padrão para os valores individuais de amplitude e as médias de amplitude dos parâmetros de TreadRunout, e Desbalanceamento, para todas as marcas (A a H).

One-way ANOVA: A-TreadRunout versus Marca				
Method				
Null hypothesis	All means are equal			
Alternative hypothesis	At least one mean is different			
Significance level	$\alpha = 0,05$			
Equal variances were not assumed for the analysis.				
Factor Information				
Factor	Levels	Values		
Marca	8	Marca D; Marca C; Marca F; Marca A; Marca B; Marca G; Marca H; Marca E		
Welch's Test				
Source	Num	DF Den	F-Value	P-Value
Marca	7	19,8698	14,38	0,000

One-way ANOVA: Desbal versus Marca

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were not assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values
 Marca 8 Marca D; Marca A; Marca B; Marca F; Marca C; Marca H; Marca E; Marca G

Welch's Test

Source	DF Num	DF Den	F-Value	P-Value
Marca	7	19,8575	4,03	0,007

Figura 16: método de ANOVA-Padrão para os valores individuais e as médias de amplitude dos parâmetros de *TreadRunout*, e Desbalanceamento,

As partir do método de ANOVA de *Welch* para análise dos parâmetros *TreadRunout* e Desbalanceamento foram obtidos valores P iguais a 0,00 (zero) e 0,007, respectivamente.

No método de ANOVA de *Welch*, um valor P menor que o nível de significância ($\alpha = 0,05$) significa que há diferença estatisticamente significativa nos valores das médias de amplitudes entre as famílias de pneus dos parâmetros *TreadRunout* e Desbalanceamento analisados.

Desta forma, foi utilizado o procedimento de *Games-Howell* para análise dos parâmetros de *TreadRunout* e Desbalanceamento para descobrir quais famílias de pneus são diferentes entre si, por meio da comparação de pares de famílias de pneus com variâncias diferentes (não homogêneas).

Procedimento de *Tukey* (ANOVA-Padrão)

A partir das análises pelo método ANOVA-Padrão, foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa entre os valores dos parâmetros *DOTRunout*, *NDOTRunout* e *Wobble*. Desta forma, foram realizadas análises *post-hoc* utilizando o procedimento de *Tukey* para descobrir quais famílias de pneus são diferentes entre si, por meio da comparação de pares de famílias de pneus com variâncias iguais (homogêneas).

A Figura 17 apresenta os resultados obtidos do software Minitab para o procedimento de *Tukey*, complementar ao método de ANOVA-Padrão, para os parâmetros de *DOTRunout*, *NDOTRunout* e *Wobble* para todas as marcas (A a H).

Tukey Pairwise Comparisons: A-DOTRunout versus Marca

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Marca	N	Mean	Grouping
Marca A	7	0,991	A
Marca D	11	0,990	A
Marca F	3	0,921	A B C
Marca B	11	0,913	A
Marca G	12	0,758	A B C
Marca C	12	0,734	A B C
Marca H	12	0,579	C
Marca E	12	0,574	B C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: A-NDOTRunout versus Marca

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Marca	N	Mean	Grouping
Marca D	11	1,293	A
Marca F	3	1,202	A B
Marca A	7	1,049	A B
Marca B	11	0,760	B C
Marca C	12	0,729	B C
Marca G	12	0,703	B C
Marca E	12	0,528	C
Marca H	12	0,473	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: A-Wobble versus Marca

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Marca	N	Mean	Grouping
Marca D	11	0,911	A
Marca A	7	0,834	A B
Marca F	3	0,762	A B C D
Marca B	11	0,663	A B C
Marca C	12	0,615	B C D
Marca G	12	0,564	B C D
Marca E	12	0,454	C D
Marca H	12	0,396	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Figura 17: resultados obtidos do software Minitab para o procedimento de Tukey, para os parâmetros de DOTRunout, NDOTRunout e Wobble

5.6. Análise dos Resultados dos Ensaios de Uniformidade:

A partir das análises pelo procedimento de *Tukey*, foram identificados 3 grupos (“A”, “B” e “C”) para os parâmetros DOTRunout e NDOTRunout.

Para o parâmetro DOTRunout, o grupo “A” foi composto pelas famílias das amostras das marcas A, D, F, B, G e C. O grupo “B”, pelas marcas F, G, C e E. O grupo “C”, pelas marcas F, G, C e E.

A Tabela 14 apresenta o resumo do resultado da análise do parâmetro DOTRunout, a partir do procedimento de *Tukey*, complementar ao método de ANOVA-Padrão.

Grupos (ANOVA- Padrão + Tukey)	Parâmetro DOTRunout [mm]							
	Marca de Pneus							
	Apreendidos			Acompanhados		Novos		
	A	D	F	B	C	E	G	H
	⁸ 0,991	⁷ 0,990	⁶ 0,921	⁵ 0,913	³ 0,734	¹ 0,574	⁴ 0,758	² 0,579
“A”	X	X	X	X	X		X	
“B”			X		X	X	X	
“C”			X		X	X	X	X

*Os prefixos sobrescritos ordinais ao valor do parâmetro equivalem à ordem crescente de grandeza.

As marcas E e H, pertencentes ao grupo de pneus novos apresentaram, em ordem crescente, os 2 menores valores para o parâmetro DOTRunout. Sendo, desta forma, as marcas com os melhores resultados para este parâmetro.

A marca C, pertencente ao grupo de pneus reformados acompanhados, apresentou o 3º menor valor para o parâmetro DOTRunout.

As marcas G e B, pertencentes, respectivamente, aos grupos de pneus novos e reformados acompanhados, apresentaram os valores intermediários para o parâmetro DOTRunout. Sendo, desta forma, as marcas com os resultados intermediários para este parâmetro.

As marcas F, A, D, pertencentes ao grupo de pneus reformados apreendidos, apresentaram os 3 maiores valores para o parâmetro DOTRunout. Sendo, desta forma, as marcas com os piores resultados para este parâmetro.

Para o parâmetro NDOTRunout, o grupo “A” foi composto pelas famílias das amostras das marcas D, F e A. O grupo “B”, pelas marcas F, A, B, C e G. O grupo “C”, pelas marcas B, C, G, E e H.

A Tabela 15 apresenta o resumo do resultado da análise do parâmetro NDOTRunout, a partir do procedimento de *Tukey*, complementar ao método de ANOVA-Padrão.

Grupos (ANOVA- Padrão + <i>Tukey</i>)	Parâmetro NDOTRunout [mm]							
	Marcas de Pneus							
	Apreendidos			Acompanhados		Novos		
	A	D	F	B	C	E	G	H
	⁶ 1,049	⁸ 1,293	⁷ 1,202	⁵ 0,760	⁴ 0,729	² 0,528	³ 0,703	¹ 0,473
"A"	X	X	X					
"B"	X		X	X	X		X	
"C"				X	X	X	X	X

*Os prefixos sobrescritos ordinais ao valor do parâmetro equivalem à ordem crescente de grandeza.

As marcas H, E e G, pertencentes ao grupo de pneus novos, apresentaram, em ordem crescente, os 3 menores valores para o parâmetro DOTRunout. Sendo, desta forma, as marcas com os melhores resultados para este parâmetro.

As marcas B e C, pertencentes ao grupo de pneus reformados acompanhados, apresentaram, em ordem crescente, os 2 valores intermediários para o parâmetro NDOTRunout. Sendo, desta forma, as marcas com os resultados intermediários para este parâmetro.

As marcas A, F e D, pertencentes ao grupo de pneus reformados apreendidos, apresentaram, em ordem crescente, os 3 maiores valores para o parâmetro NDOTRunout. Sendo, desta forma, as marcas com os piores resultados para este parâmetro.

A partir das análises pelo procedimento de *Tukey*, foram identificados 4 grupos ("A", "B", "C" e "D") para o parâmetro *Wobble*.

Para o parâmetro *Wobble*, o grupo "A" foi composto pelas famílias das amostras das marcas D, A, F e B. O grupo "B", pelas marcas A, F, B, C e G. O grupo "C", pelas marcas F, B, C, G e E. O grupo D, pelas marcas F, C, G, E e H.

Foi verificado que, para o parâmetro *Wobble*, a separação dos grupos foi mais estratificada, em comparação a separação dos grupos observados para os parâmetro DOTRunout e NDOTRunout.

A Tabela 16 apresenta o resumo do resultado da análise do parâmetro *Wobble*, a partir do procedimento de *Tukey*, complementar ao método de ANOVA-Padrão.

Grupos (ANOVA- Padrão + <i>Tukey</i>)	Parâmetro <i>Wobble</i> [mm]							
	Marcas de Pneus							
	Apreendidos			Acompanhados		Novos		
	A	D	F	B	C	E	G	H
	⁷ 0,834	⁸ 0,911	⁶ 0,762	⁵ 0,663	⁴ 0,615	² 0,454	³ 0,564	¹ 0,396
"A"	X	X	X	X				
"B"	X		X	X	X		X	
"C"			X	X	X	X	X	
"D"			X		X	X	X	X

*Os prefixos sobrescritos ordinais ao valor do parâmetro equivalem à ordem crescente de grandeza.

As marcas H, G, E, pertencentes ao grupo de pneus novos, apresentaram, em ordem crescente, os 3 menores valores para o parâmetro *Wobble*. Sendo, desta forma, as marcas com os melhores resultados para este parâmetro.

As marcas B e C, pertencentes ao grupo de pneus reformados acompanhados, apresentaram, em ordem crescente, os 2 valores intermediários para o parâmetro *Wobble*. Sendo, desta forma, as marcas com os resultados intermediários para este parâmetro.

As marcas F, A, D, pertencentes ao grupo de pneus reformados apreendidos, apresentaram, em ordem crescente, os 3 maiores valores para o parâmetro *Wobble*. Sendo, desta forma, as marcas com os piores resultados para este parâmetro.

Procedimento de *Games-Howell* (ANOVA de *Welch*)

A partir das análises pelo método ANOVA de *Welch*, foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa entre os valores dos parâmetros *TreadRunout* e *Desbalanceamento*. Desta forma, foram realizadas análises *post-hoc* utilizando o procedimento de *Games-Howell* para descobrir quais famílias de pneus são diferentes entre si, por meio da comparação de pares de famílias de pneus com variâncias diferentes (não homogêneas).

A Figura 18 apresenta os resultados obtidos do software Minitab para o procedimento de *Games-Howell*, complementar ao método de ANOVA de *Welch*, para os parâmetros de *TreadRunout* e *Desbalanceamento*, para todas as marcas (A a H).

Games-Howell Pairwise Comparisons: A-TreadRunout versus Marca			
Grouping Information Using the Games-Howell Method and 95% Confidence			
Marca	N	Mean	Grouping
Marca D	11	1,671	A
Marca C	12	1,273	A
Marca F	3	1,141	A B C D E
Marca A	7	1,075	A B
Marca B	11	1,025	A B

Marca G	12	0,754	B	D
Marca H	12	0,532		D E
Marca E	12	0,427	C	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Games-Howell Pairwise Comparisons: Desbal versus Marca

Grouping Information Using the Games-Howell Method and 95% Confidence

Marca	N	Mean	Grouping
Marca D	11	53,40	A
Marca A	7	53,00	A
Marca B	11	37,02	A
Marca F	3	28,40	A
Marca C	12	24,88	A
Marca H	12	19,47	A
Marca E	12	14,95	A
Marca G	12	14,54	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Figura 18: resultados obtidos do software Minitab para o procedimento de Games-Howell, para os parâmetros de TreadRunout e Desbalanceamento, para todas as marcas

A partir das análises pelo procedimento de procedimento de Games-Howell, foram identificados 5 grupos (“A” “B” e “C” “D” e “E”) para o parâmetro TreadRunout.

Para o parâmetro TreadRunout, o grupo “A” foi composto pelas famílias das amostras das marcas D, C, F, A e B. O grupo “B”, pelas marcas F, A, B e G. O grupo “C”, pelas marcas F e E. O grupo “D”, pelas marcas F, G e H. O grupo “E”, pelas marcas H e E.

A Tabela 17 apresenta o resumo do resultado da análise do parâmetro TreadRunout, a partir do procedimento de Games-Howell, complementar ao método de ANOVA de Welch.

Grupos (ANOVA de Welch + Games- Howell)	Parâmetro TreadRunout [mm]							
	Marcas de Pneus							
	Apreendidos			Acompanhados		Novos		
	A	D	F	B	C	E	G	H
	⁵ 1,075	⁸ 1,671	⁶ 1,141	⁴ 1,025	⁷ 1,273	¹ 0,427	³ 0,754	² 0,532
“A”	X	X	X	X	X			
“B”	X		X	X			X	
“C”			X			X		
“D”			X				X	X
“E”					X	X		

*Os prefixos sobrescritos ordinais ao valor do parâmetro equivalem à ordem crescente de grandeza.

As marcas E, G, H pertencentes ao grupo de pneus novos, apresentaram, em ordem crescente, os 3 menores valores para o parâmetro TreadRunout. Sendo, desta forma, as marcas com os melhores resultados para este parâmetro.

As marcas B e A, pertencentes, respectivamente, aos grupos de pneus reformados acompanhados e apreendidos, apresentaram, em ordem crescente, os 2 valores intermediários para o parâmetro TreadRunout. Sendo, desta forma, as marcas com os resultados intermediários para este parâmetro.

As marcas F, C, D, pertencentes, respectivamente, aos grupos de pneus apreendidos, acompanhados e apreendidos, apresentaram, em ordem crescente, os 3 maiores valores para o parâmetro TreadRunout. Sendo, desta forma, as marcas com os piores resultados para este parâmetro.

A partir das análises pelo procedimento de procedimento de *Games-Howell*, foi identificado apenas o grupo “A” para o parâmetro Desbalanceamento.

A Tabela 18 apresenta o resumo do resultado da análise do parâmetro Desbalanceamento, a partir do procedimento de *Games-Howell*, complementar ao método de ANOVA de *Welch*.

Grupos (ANOVA de <i>Welch</i> + <i>Games-Howell</i>)	Parâmetro Desbalanceamento [g]							
	Marcas de Pneus							
	Apreendidos			Acompanhados		Novos		
	A	D	F	B	C	E	G	H
	⁷ 53,00	⁸ 53,40	⁵ 28,40	⁶ 37,02	⁴ 24,88	² 14,95	¹ 14,54	³ 19,47
“A”	X	X	X	X	X	X	X	X

*Os prefixos sobrescritos ordinais ao valor do parâmetro equivalem à ordem crescente de grandeza.

As marcas G, E e H, pertencentes ao grupo de pneus novos, apresentaram, em ordem crescente, os 3 menores valores para o parâmetro Desbalanceamento. Sendo, desta forma, as marcas com os melhores resultados para este parâmetro.

As marcas C e F, pertencentes, respectivamente, aos grupos de pneus reformados acompanhados e apreendidos, apresentaram, em ordem crescente, os 2 valores intermediários para o parâmetro Desbalanceamento. Sendo, desta forma, as marcas com os resultados intermediários para este parâmetro.

As marcas B, D e A pertencentes, respectivamente, aos grupos de pneus acompanhados e apreendidos, apresentaram, em ordem crescente, os 3 maiores valores para o parâmetro Desbalanceamento. Sendo, desta forma, as marcas com os piores resultados para este parâmetro.

6. Ensaio de Perfuração (Plunger)

Para efeitos de aceitação de cada uma das amostras ensaiadas, foram consideradas as marcações, no flanco do pneu, quanto à estrutura da carcaça, que pode ser classificada em reforçada (*reinforced*) ou padrão (*standard*), assim como pela marcação do índice de carga, que varia entre os valores de “57P” e “51P”, respectivamente, quando existentes.

Durante a realização dos ensaios, foram identificadas amostras de pneus que possuíam índice de carga “56” e amostras que não possuíam a identificação do índice de carga, mas que contemplava, no flanco do pneu, o valor de pressão máxima compatível com a pressão máxima de pneu com estrutura reforçada. Ambos os casos foram ensaiados considerando-se como critério de aceitação a energia mínima de 45J.

O quantitativo utilizado para esse ensaio foram 3 amostras de cada marca de pneu, totalizando 24 amostras, onde 9 amostras são de pneus novos e 15 amostras de pneus reformados. Os resultados dos valores obtidos da média dos cinco pontos de cada amostra são apresentados nas tabelas 19 e 20:

Tabela 19: resultado detalhado do ensaio de perfuração (*plunger*)

Grupo	Amostra	Média	Tipo de carcaça	Critério de aceitação	Resultado obtido
Pneus Reformados	A 2	38,8 J	Reforçado	Maior que 45 J	Não atende
	A 3	40,4 J	Reforçado	Maior que 45 J	Não atende
	A 5	55,1 J	Reforçado	Maior que 45 J	Atende
	B 6	40,4 J	Reforçado	Maior que 45 J	Não atende
	B 7	40,9 J	Reforçado	Maior que 45 J	Não atende
	B 9	47,2 J	Reforçado	Maior que 45 J	Atende
	C 1	42,7 J	Reforçado	Maior que 45 J	Não atende
	C 2	50,4 J	Reforçado	Maior que 45 J	Atende
	C 3	49,9 J	Reforçado	Maior que 45 J	Atende
	D 1	33,8 J	Reforçado	Maior que 45 J	Não atende
	D 2	37,2 J	Reforçado	Maior que 45 J	Não atende
	D 3	36,8 J	Reforçado	Maior que 45 J	Não atende
	F 4	50,1 J	Reforçado	Maior que 45 J	Atende
	F 5	50,3 J	Reforçado	Maior que 45 J	Atende
	F 6	50,3 J	Reforçado	Maior que 45 J	Atende
Pneus Novos	E 9	38,2 J	Não-reforçado	Maior que 34 J	Atende
	E 10	38,3 J	Não-reforçado	Maior que 34 J	Atende
	E 11	38,3 J	Não-reforçado	Maior que 34 J	Atende
	G 5	39,7 J	Reforçado	Maior que 45 J	Não atende
	G 6	43,4 J	Reforçado	Maior que 45 J	Não atende
	G 7	41,5 J	Reforçado	Maior que 45 J	Não atende
	H 1	38,2 J	Não-reforçado	Maior que 34 J	Atende
	H 2	38,3 J	Não-reforçado	Maior que 34 J	Atende
	H 3	38,3 J	Não-reforçado	Maior que 34 J	Atende

Tabela 20: resultado resumido do ensaio de perfuração (*plunger*), em %

Ensaio de perfuração	Percentual das amostras que atenderam o critério	Percentual das amostras que não atenderam o critério
Pneus Novos	66,7%	33,3%
Pneus Reformados	46,7%	53,3%
Resultado de todas as amostras ensaiadas	54,2 %	45,8 %

Separando esse resultado em dois grupos, temos as marcas E, G e H de pneus novos com 66,7 % das amostras que atenderam o critério de aceitação do ensaio e as marcas A, B, C, D e F de pneus reformados com 46,7% das amostras que atenderam o critério de aceitação do ensaio.

O gráfico 7 demonstra o resultado percentual de conformidades e não conformidades das amostras consolidadas por marca no ensaio de perfuração.

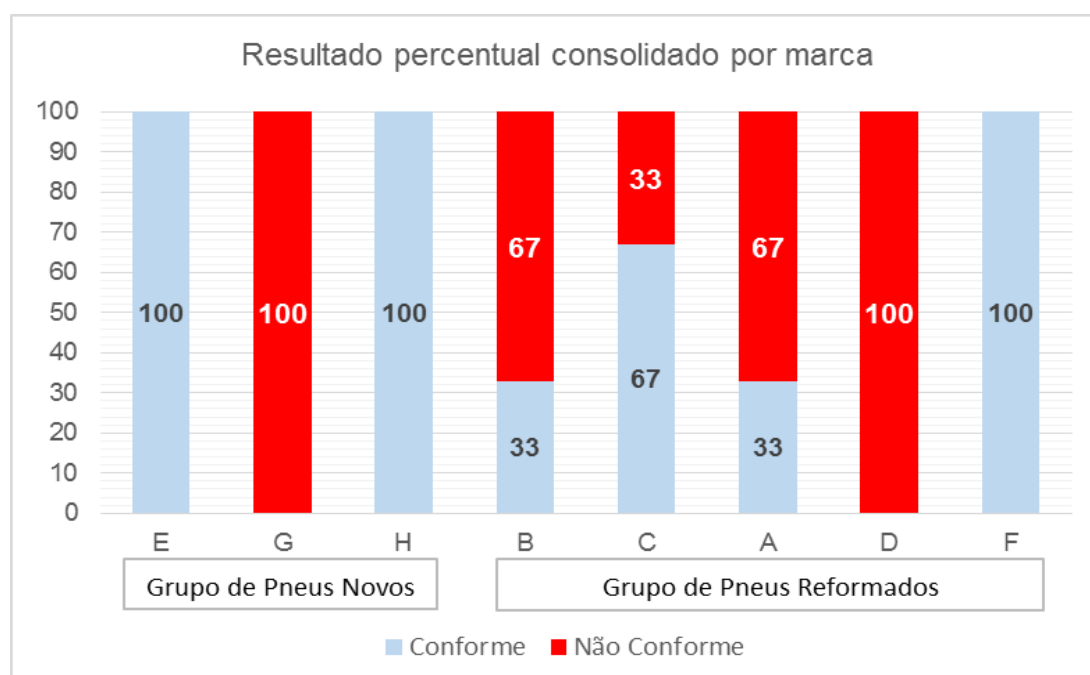


Gráfico 7: Percentual de aceitação no ensaio de perfuração (*Plunger*), por marca.

No resultado para o grupo de pneus novos das marcas E e H, ambas atenderam o critério de aceitação em 100% de suas amostras. Contudo, as três amostras da marca G, também pertencente a este grupo, não atenderam o critério de aceitação, pois os valores obtidos ficaram abaixo do limite estabelecido. Mesmo possuindo as marcações do índice de carga “57” e o tipo da estrutura da carcaça reforçada, estas apresentaram os valores médios de energia à penetração que correspondem aos valores de pneus com estrutura do tipo não reforçada.

O resultado apresentado pelo grupo de pneus reformados indica que, apesar do índice de carga do pneu, marcado no flanco ser “57”, correspondente à estrutura reforçada, foram evidenciadas amostras que não apresentaram resistência à perfuração compatível com este índice, onde os valores médios de energia à penetração correspondem a pneus com estrutura do tipo não reforçada.

A partir dos ensaios de perfuração, para os grupos de pneus reformados, pode ser verificada uma grande heterogeneidade entre as origens das carcaças, podendo estas serem do tipo com estrutura reforçada ou não reforçadas, uma vez que foram observados valores estaticamente não equivalentes entre os valores médios de energia à penetração nos pontos das amostras, para cada marca.

Por outro lado, pode ser verificada uma grande homogeneidade nas propriedades de resistência à perfuração das carcaças das amostras dos grupos de pneus novos, uma vez que foram observados valores estaticamente equivalentes entre os valores médios de energia à penetração das amostras, para cada marca.

Por fim, devido à heterogeneidade dos valores médios das energias de falha à perfuração para o grupo de pneus reformados, para uma mesma marca, pode ser verificado que, no serviço de reforma de pneus não se utilizam carcaças de pneus novos, usadas, do tipo de estrutura correspondente ao índice de carga marcado no respectivo pneu reformado.

7. Ensaio Hidrostático

O objetivo deste ensaio é verificar a resistência da estrutura da carcaça do pneu quando submetida à pressão hidrostática interna, conforme a metodologia estabelecida na norma ABNT NBR 13585:2013. O resultado esperado para este ensaio é destalonamento entre o talão e o aro de teste, sem falhas na estrutura da carcaça.

O quantitativo utilizado para esse ensaio foram 3 amostras de cada marca de pneu, totalizando 24 amostras, onde 9 amostras são de pneus novos e 15 amostras de pneus reformados.

No gráfico 8 são demonstrados os valores individuais de pressão de ruptura ou destalonamento obtidos por cada amostra (pontos cinzas). As médias dos valores de pressão das amostras, representadas por pontos azuis, e os intervalos de abrangência de 95% para as médias, pelos colchetes, obtidos no ensaio hidrostático

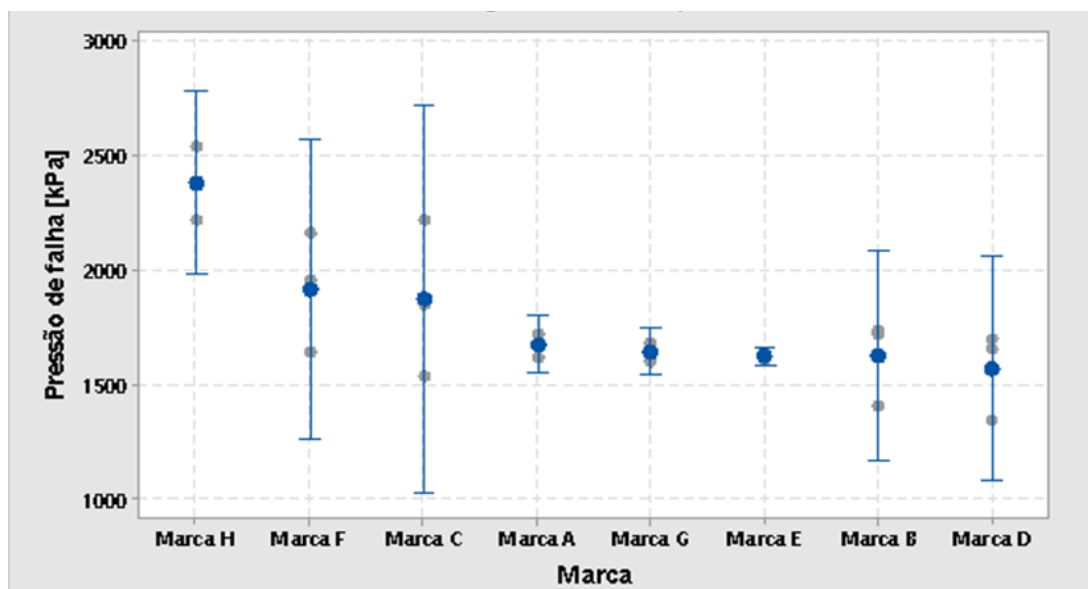


Gráfico 8 – Valores individuais, médias e intervalos de abrangência de 95% para pressão de falha por marca analisada.

Evidencia-se no gráfico 8, que os resultados obtidos na pressão de falha das amostras das marcas A, E e G, são bastante homogêneos neste ensaio, demonstram que a média dessas amostras tendem a ter um comportamento muito mais previsível do as demais, quando submetidos à pressão interna excessiva.

No entanto, a marca A de pneus reformados, apesar de apresentar resultados estatisticamente bastante semelhantes aos das marcas de pneus novos E e G, o seu modo de falha foi o rompimento da carcaça em 100% das amostras, enquanto as marcas E e G apresentaram destalonamento sem o rompimento da carcaça em todas as suas amostras.

A marca G, por sua vez, apesar de se declarar como reforçada apresentou valores de destalonamento semelhantes aos da marca E, classificada como não reforçada.

Por outro lado, nota-se uma grande dispersão dos valores para as amostras das marcas B, C, D, F e H, que em um intervalo de abrangência de 95%, apresentam uma variância significativa dentre as amostras de uma mesma marca, denotando que existe uma probabilidade de menor homogeneidade no desempenho das amostras destas marcas quando submetidas à excessiva pressão interna, possivelmente provocada pela mistura de carcaças de diferentes origens na composição dos pneus reformados, com exceção da marca H.

A marca H, fabricante de pneus novos, apresentou os maiores valores de pressão de ruptura dentre todas as marcas ensaiadas, por ter alcançado a média de pressão de falha mais elevada (2.380 KPa). Todas as amostras dessa marca destalonaram sem o rompimento da carcaça. Apesar de os resultados de variância desta marca serem mais elevados que os dos demais fabricantes de pneus novos, mesmo assim a sua média foi superior à média de todas as marcas analisadas, denotando um projeto de pneu com maior resistência da sua estrutura interna, porém oriundo de processo que gera menor reprodutibilidade em seus produtos.

As marcas de pneus reformados C e F demonstraram ter maiores intervalos de abrangência do que as demais marcas, apesar dos valores médios da pressão de falha, por rompimento, serem maiores que os dos demais pneus reformados, o que representa maior heterogeneidade nas propriedades mecânicas resistentes aos esforços sob pressão hidrostática, que pode ser atribuída à maior heterogeneidade da origem das carcaças usadas neles aplicadas.

7.1 Modos de falha após ensaio hidrostático

Na tabela 21 são apresentados os valores obtidos de pressão de falha ou destalonamento (KPa) e comportamento, pelas amostras, após o ensaio hidrostático.

Tabela 21: Valores de pressão de falha ou destalonamento, comportamento, após ensaios hidrostáticos.

Grupo	Amostra	Pressão de falha (KPa)	Destalonamento entre o pneu e o aro	Rompimento da Carcaça
Pneus Reformados	A-01	1.720		x
	A-04	1.680		x
	A-07	1.620		x
	B-04	1.740		x
	B-08	1.720	x	
	B-10	1.410		x
	C-04	2.220	x	
	C-09	1.540	x	
	C-10	1.850		x
	D-05	1.700	x	

Grupo	Amostra	Pressão de falha (KPa)	Destalonamento entre o pneu e o aro	Rompimento da Carcaça
	D-07	1.660		x
	D-08	1.340		x
	F-01	1.950	x	
	F-02	1.640		x
	F-03	2.160	x	
Pneus Novos	E-01	1.620	x	
	E-02	1.640	x	
	E-03	1.610	x	
	G-09	1.600	x	
	G-10	1.680	x	
	G-11	1.650	x	
	H-09	2.540	x	
	H-10	2.220	x	
	H-11	2.380	x	
Resultado			62%	38%

Na tabela 22 são apresentados os percentuais dos resultados obtidos em cada grupo de pneus e classificação de seu comportamento final, após o ensaio hidrostático.

Tabela 22: Resultados das Inspeções Visuais pós Ensaio Hidrostáticos

Grupo de pneus	Quantitativo de amostras	Destalonamento	Quantitativo de amostras	Rompimento da Carcaça
Novos	9	100%	0	0%
Reformados	6	40%	9	60%

Durante a aplicação da pressão nos ensaios hidrostáticos, as 9 amostras pertencentes ao grupo de pneus novos destalonaram em 100% dos casos, enquanto 6 amostras do grupo de pneus reformados, representando 40% dos casos, destalonaram do aro sem haver falha na região da carcaça.

Nas figuras 19 e 20 são apresentados os exemplos do desacoplamento entre o aro e pneu, por meio de destalonamento, com deformação plástica do talão, com e sem rompimento dos fios, respectivamente, ocorridos após ensaio hidrostático.



Figura 19: Destalonamento, com deformação plástica do talão, sem rompimento dos fios



Figura 20: Destalonamento, com deformação plástica do talão, com rompimento dos fios

Com comportamento diferente, as 9 amostras pertencentes ao grupo de pneus reformados apresentaram resultados de 60% de não destalonamento, obrigatoriamente resultando como modo de falha o rompimento na região da carcaça.

Nas figuras 21 e 22 são apresentados os exemplos de amostras de marcas pertencentes apenas ao grupo de pneus reformados que não tiveram o destalonamento, tendo como modo de falha o rompimento da carcaça na direção da banda de rodagem.



Figura 21: Modo falha da carcaça, por rompimento total na direção da banda de rodagem



Figura 22: Modo falha da carcaça, por rompimento total na direção da banda de rodagem

A Figura 23 apresenta um exemplo de amostra de pneu reformado que teve o modo de falha na carcaça, por rompimentos totais na direção da banda de rodagem e do flanco.



Figura 23: Modo falha por rompimento total da carcaça na direção da banda de rodagem e o flanco

Os modos de falha na região da banda de rodagem apresentados pelas amostras das marcas de pneus reformados foram por: 8 amostras com rompimento total da carcaça na direção da banda de rodagem; e uma amostra rompimento total da carcaça na direção da banda de rodagem e do flanco.

Em tese, a ocorrência destes mecanismos de falhas apenas na região da carcaça de pneus reformados pode ser acreditada, em quase sua totalidade, devido aos danos causados nos componentes constituintes da estrutura das carcaças usadas nestes pneus, oriundas de pneus novos, após a vida útil destes.

8. Ensaios de *High-Speed* e *Endurance* Modificado

8.1 Ensaio de *High-Speed*

O quantitativo utilizado para esse ensaio foram 3 amostras de cada marca de pneu, totalizando 24 amostras, onde 9 amostras são de pneus novos e 15 amostras de pneus reformados.

Após o término do ensaio de *High Speed*, duas amostras de pneus reformados não atenderam ao critério estabelecido, por terem apresentados falhas verificadas ao término da duração ensaio. Na tabela 23 são apresentados os resultados obtidos do ensaio de *High Speed*.

Tabela 23: Resultados após Ensaio de *High Speed*

Grupo de Pneus	Quant. de amostras que atenderam o critério	Percentual de amostras que atenderam o critério	Quant. de amostras que não atenderam o critério	Percentual de amostras que não atenderam o critério
Novos	9	100%	0	0%
Reformados	13	86,7%	2	13,3%

Ao final do ensaio de *High Speed*, foram evidenciados defeitos nas amostras A-11 e B-12 das marcas A e B, respectivamente, verificados nas análises visuais após o ensaio. Tais amostras foram rejeitadas para a realização do ensaio de *Endurance*.

Através do ensaio *High Speed* foi possível verificar a baixa resistência da carcaça e banda de rodagem destas duas amostras de pneus reformados.

8.1.1 Modos de Falha após Ensaio de *High Speed*:

A partir das análises das falhas após o ensaio de *High Speed*, foram observados modos de falhas em 2 regiões das amostras: banda de rodagem e carcaça.

A tabela 24 apresenta os modos de falhas para as amostras após o ensaio de *High Speed*.

Tabela 24: Inspeções Visuais das Amostras após Ensaio de *High Speed*

Falha na banda de rodagem:	Quant. Amostras	Identificação Amostras
- Rachaduras	2	A-11 e B-12
Falha na carcaça:	Quant. Amostras	Identificação Amostras
- Ruptura total da carcaça sob o reparo e bolha interna na direção da banda de rodagem	1	A-11

As Figuras 24 e 25 apresentam os modos de falha da banda de rodagem, por rachadura da banda, observados nas amostras das marcas A e B de pneus reformados.



Figura 24 Modo de falha da banda de rodagem, por rachadura da banda da amostra 11 da marca A



Figura 25 Modo de falha da banda de rodagem, por rachadura da banda da amostra 12 da marca B

A Figura 26 apresenta o modo de falha da carcaça, por ruptura total da carcaça sob o reparo na amostra da marca A.



Figura 26: falha da carcaça, por ruptura total da carcaça sob o reparo da marca A.

A Figura 27 apresenta o modo de falha, por bolha interna na carcaça em direção da banda de rodagem, observado na amostra da marca A pertencente ao grupo de pneus reformados.



Figura 27: falha da carcaça, por bolha interna da marca A

Contudo, foi verificado que, apesar das 2 amostras apresentarem os modos de falha na banda de rodagem, estas possuem mecanismos de falha diferentes:

Na amostra da marca B tem-se a tese que o modo de falha por rachadura na banda de rodagem foi originado pelo mecanismo de surgimento e crescimento de bolha interna na carcaça, sob a banda de rodagem, gerando a falha por rachaduras na banda de rodagem.

Na amostra da marca A tem-se a tese que o modo de falha por rachadura na banda de rodagem foi originado pelo mecanismo de crescimento de defeito, pré-existente, sob o reparo realizado na 1ª lona da carcaça, resultando na propagação do defeito até a ruptura total da carcaça, também gerando a falha por rachadura na banda de rodagem.

Pelo exposto, foi verificado que para as duas amostras pertencentes ao grupo dos pneus reformados, que não atenderam o critério estabelecido, o padrão do modo de falha pode ser atribuído aos mecanismos que originaram os modos de falha das carcaças das amostras, iniciado em um defeito pré-existente, com seu posterior crescimento ou propagação, até a rachadura da banda de rodagem, devido ao uso durante o ensaio.

8.2 Ensaio de *Endurance* Modificado

Após o ensaio de *High Speed*, as 22 amostras que tiveram desempenho sem falhas, sendo 9 amostras de pneus novos e 13 amostras de pneus reformados, foram submetidas ao ensaio de *Endurance*, considerado como destrutivo.

A tabela 25 apresenta o resultado obtido pelas amostras após o ensaio de *Endurance*, tendo como critério de aceitação a durabilidade de, no mínimo, 24 horas sem evidência de defeitos.

Tabela 25: Resultados do Ensaio de *Endurance*

Grupo de pneus	Quant. de amostras que atenderam o critério	Percentual de amostras que atenderam o critério	Quant. de amostras que não atenderam o critério	Percentual de amostras que não atenderam o critério
Novos	4	44,4%	5	55,6%
Reformados	0	0%	13	100%

Quatro amostras do grupo de pneus novos conseguiram ultrapassar as 24 horas, sendo 44,4% das amostras que atenderam o critério estabelecido. No gráfico 9, são apresentados os tempos em fração de horas para os resultados das 22 amostras que realizaram o ensaio de *Endurance*

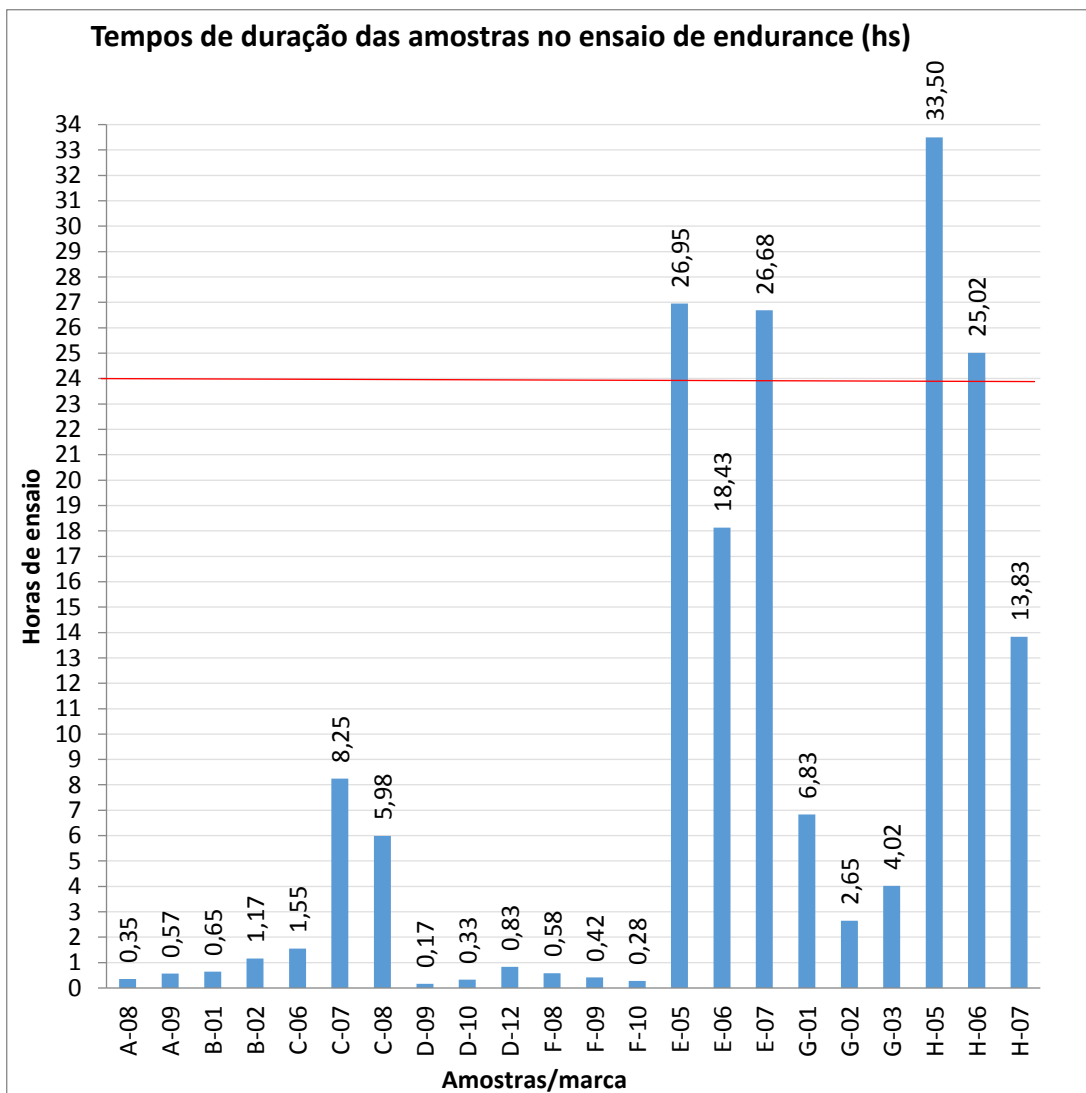


Gráfico 9: Tempo de duração máxima do ensaio de *Endurance* (em horas) por amostra, até o surgimento de falha no pneu.

Separando esse resultado em dois grupos, temos as marcas A, B, C, D e F de pneus reformados e as marcas E, G e H de pneus novos. O gráfico 10, apresenta o resultado do tempo médio de duração das amostras, de cada marca, no ensaio de *Endurance*.

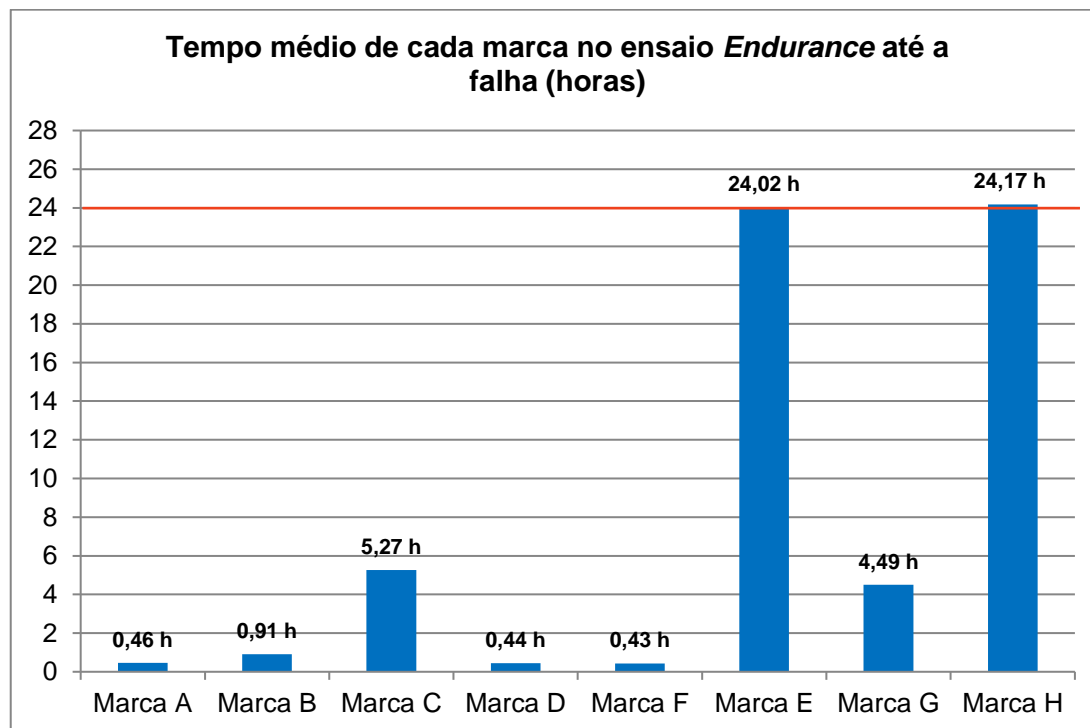


Gráfico 10: Tempo de duração média do ensaio de *Endurance* (em horas) por marca, até o surgimento de falha no pneu.

A Tabela 26 apresenta os resultados por marcas em relação aos grupos de pneus novos e pneus reformados.

Tabela 26: Resultados do Ensaio de *Endurance* das marcas

Grupo de pneus	Quant. de marcas que atenderam o critério	Percentual de marcas que atenderam o critério	Quant. de marcas que não atenderam o critério	Percentual de marcas que não atenderam o critério
Novos	2	66,6%	1	33,3%
Reformados	0	0%	5	100%

No grupo de pneus novos uma marca não atendeu o critério mínimo de 24 horas sem apresentar defeitos em sua composição. Por outro lado, no grupo de pneus reformados, nenhuma das marcas conseguiu atender o critério mínimo de 24 horas sem apresentar defeitos em sua composição.

10.2.1 Modos de falha após Ensaio de *Endurance* Modificado

Após a finalização do ensaio de *Endurance*, as amostras foram desmontadas dos aros de teste para o procedimento de inspeção visual a fim de se averiguar os modos de falhas ocasionados no pneu após ensaio.

A partir das análises das falhas, das amostras que não atenderam o critério estabelecido após os ensaios de *Endurance* Modificado, foram observados modos de falhas em 2 regiões: banda de rodagem e carcaça.

As falhas na região da banda de rodagem foram pelos modos de:

- a) desprendimento de fragmentos do desenho da banda;
- b) arrancamento da banda com exposição da carcaça;
- c) descolamento entre a banda e a carcaça;
- d) rachaduras na banda de rodagem.

As falhas na região da carcaça foram pelos modos de:

- a) surgimento e crescimento de bolha(s) interna(s) na direção da banda de rodagem; e
- b) ruptura e exposição de cordonéis (fios) de defeito sob o reparo da carcaça.

Na tabela 27 são apresentados os modos de falhas após os ensaios de *Endurance* Modificado para as amostras de pneus novos e reformados

Tabela 27: Inspeções visuais das amostras após Ensaio de *Endurance* Modificado

Modos de Falha Banda de Rodagem:	Pneus Novos	Pneus Reformados
- Desprendimento de fragmentos do desenho da banda	44,4%	-
- Arrancamento da banda com exposição da carcaça	-	46,2%
- Descolamento entre a banda e carcaça	-	69,2%
- Rachaduras	100%	76,9%
Modos de Falha na Carcaça:	Pneus Novos	Pneus Reformados
- Bolha interna na direção da banda	-	53,8%
- Ruptura e exposição dos cordonéis (fios) sob o reparo da carcaça	-	7,7%

Podemos observar que os modos de falhas apresentados para o grupo de pneus novos foram concentrados na banda de rodagem, onde 100% foram em rachaduras e 44,4% no desprendimento de fragmentos do desenho da banda.

A Figura 28 apresenta o modo de falha na banda de rodagem, por desprendimento de fragmentos do desenho da banda, observados apenas nas amostras de pneus novos que não atenderam aos critérios nos ensaios de *Endurance* Modificado.



Figura 28: Modo falha da banda de rodagem por desprendimento de fragmentos do desenho da banda, apresentado pela amostra 6 marca H

No caso dos pneus reformados além de falhas da banda de rodagem, serem mais graves como arrancamento da banda com exposição da carcaça e descolamento entre a banda e carcaça, houve bolhas internas na direção da banda e ruptura e exposição dos cordonéis caracterizando um outro modo de falha situado na carcaça.

A Figura 29 apresenta o modo de falha na banda de rodagem, por arrancamento da banda com exposição da Carcaça, observados apenas nas amostras das marcas de pneus reformados



Figura 29: Modo falha da banda de rodagem, por arrancamento da banda com exposição da carcaça, apresentado pela amostra 6 marca C

A Figura 30 apresenta o modo de falha na banda de rodagem, por descolamento entre a banda de rodagem e a carcaça, observados apenas nas amostras das marcas de pneus reformados.



Figura 30: Modo falha da banda de rodagem, por descolamento entre a banda e a carcaça, apresentado pela amostra 6 marca C.

A Figura 31 apresenta o modo de falha na banda de rodagem, por rachaduras na banda, observados apenas nas amostras das marcas pertencentes ao grupo de pneus novos que não atenderam aos critérios nos ensaios de *Endurance* Modificado.



Figura 31: Modo falha da banda de rodagem, por rachadura da banda, apresentado pela amostra 6 marca E

A Figuras 32 apresentam o modo de falha na banda de rodagem, por rachaduras na banda, observados apenas nas amostras das marcas de pneus reformados.



Figura 32: Modo falha da banda de rodagem, por rachadura da banda, apresentado pela amostra 3 Marca B

As Figuras 33 a 34 apresentam o modo de falha na carcaça, por bolha(s) interna(s) na direção da banda de rodagem, observados apenas nas amostras das marcas de pneus reformados.



Figura 33: Modo falha da carcaça, por bolha interna na direção da banda de rodagem, apresentado pela amostra 8 Marca F



Figura 34 Modo falha da carcaça, por bolha interna na direção da banda de rodagem, apresentado pela amostra 9 Marca F

A Figura 35 apresenta o modo de falha na carcaça, por ruptura e exposição dos cordonéis (fios) sob o reparo da carcaça, observados apenas na amostra da marca pertencente ao grupo de pneus reformados nos ensaios de *Endurance* Modificado.



Figura 35: Modo falha da carcaça, por ruptura e exposição dos cordonéis (fios) sob o reparo da carcaça, apresentado pela amostra 12 Marca D.

Foi observado que 100% das amostras das marcas pertencentes ao grupo de pneus novos apresentaram o modo de falha apenas na região da banda de rodagem.

Os modos de falha na região da banda de rodagem apresentados pelas amostras das marcas pertencentes ao grupo de pneus novos foi por: desprendimento de fragmentos do desenho da banda; e rachaduras na banda de rodagem.

Por outro lado, foi observado que 61,54% das amostras das marcas de pneus reformados apresentaram, no mínimo, os modos de falha na região da carcaça, complementados pelos modos de falha na região da banda de rodagem.

Os modos de falha na região da banda de rodagem apresentados pelas amostras das marcas de pneus reformados foram por: arrancamento da banda com exposição da carcaça; descolamento entre a banda e a carcaça; e rachaduras na banda de rodagem.

Em complemento aos modos de falha da região da banda de rodagem, os modos de falha na região da carcaça apresentados pelas amostras das marcas pertencentes ao grupo de pneus reformados foram por: surgimento e crescimento de bolha(s) interna(s) na direção da banda de rodagem; e de ruptura e exposição de cordonéis (fios) de defeito sob o reparo da carcaça.

Pelo exposto, foi verificado que as amostras das marcas de pneus reformados que não atenderam os critérios de aceitação do ensaio de *Endurance* Modificado foram, majoritariamente, devido aos mecanismos que originaram os modos de falhas na região da carcaça, uma vez que, 61,54% destas amostras apresentaram falhas nesta região. As falhas complementares destas e das demais amostras deste grupo foram devidos aos mecanismos que originaram os modos de falhas na região da banda de rodagem.

9. Conclusão do Estudo Técnico sobre Pneus de Motocicletas

Para a conclusão deste estudo foram levados em consideração todos os resultados obtidos durante as avaliações nos ensaios propostos.

Importante destacar que os ensaios realizados neste estudo extrapolam as condições de criticidade estabelecidas na Portaria Inmetro nº 83/2008. Porém, as metodologias utilizadas foram embasadas em práticas de normas e regulamentos internacionais, com o objetivo de fornecer subsídios técnicos para avaliar os critérios de segurança dos pneus avaliados.

Para melhor exposição e entendimento, a análise da conclusão foi dividida em 5 aspectos, conforme a seguir:

9.1. Aspectos Geométricos

Nas Inspeções visuais pré ensaios realizadas nas 95 amostras, foram observadas que 100% das amostras de pneus novos, correspondente a 36 amostras não possuíam nenhum tipo de defeito. Por outro lado, das 59 amostras de pneus reformados, 91,5% das amostras inspecionadas apresentaram, pelo menos, um defeito.

No ensaio dimensional e nas inspeções das marcações obrigatórias descritos na Portaria Inmetro nº83/2008, as 36 amostras de pneus novos e as 59 amostras de pneus reformados apresentaram seguintes resultados: 8 amostras de uma marca do grupo de pneus novos, que corresponde a 25% das amostras, e 27 amostras do grupo de pneus reformados, correspondente a 40,7% das amostras, não atenderam aos critérios estabelecidos na referida portaria.

Nos ensaios de uniformidade e balanceamento, 100% das amostras de pneus novos, correspondente a 36 amostras, possibilitaram a realização do ensaio. Por outro lado, das 59 amostras de pneus reformados, apenas 74,6%, que corresponde a 44 amostras, possibilitaram a realização do ensaio. As 15 amostras de pneus reformados, que corresponde a 25,4%, foram rejeitadas por não ser possível a realização do ensaio devido a defeitos de deformação plástica apresentados na região do talão.

Após a realização dos ensaios de uniformidade e balanceamento, com os dados dos parâmetros de Run Outs Laterais, Wobble, Run Out Axial (Tread Run Out) e desbalanceamento, foram realizadas análises estatísticas com aplicação da técnica de ANOVA (Análise de Variância) sendo obtidos os seguintes resultados:

Foi possível provar, estatisticamente, que existem três grupos de pneus bem definidos: o primeiro composto pelas três marcas de pneus novos, que apresentaram os melhores resultados para os parâmetros analisados nos ensaios; o segundo, composto pelas duas

marcas de pneus reformados, que tiveram o serviço de reforma acompanhado pelo Inmetro, que apresentaram resultados intermediários; e, por último, o composto pelas três marcas de pneus reformados apreendidas no mercado, que apresentaram os piores resultados.

Importante destacar que os valores dos parâmetros analisados nos ensaios de uniformidade e balanceamento apresentados pelas marcas de pneus reformados devem ser ainda maiores, desta forma, piores, quando comparado aos pneus novos, uma vez que 25% das amostras destes pneus foram rejeitadas, não sendo ensaiadas, devido aos defeitos de deformação plástica apresentados na região do talão.

9.2. Aspectos de Desempenho

O resultado obtido no ensaio de perfuração demonstrou que no grupo de pneus novos duas marcas, que corresponde a 66,7%, atenderam os critérios de aceitação. No grupo de pneus reformados apenas uma marca, que corresponde a 25%, atendeu os critérios de aceitação.

Importante destacar que dentre todas as amostras ensaiadas, 18 amostras eram declaradas como sendo de estrutura reforçada e 6 amostras não reforçada. No entanto, 61% de todas as marcas avaliadas (pneus novos e pneus reformados) que se declaram como sendo de estrutura reforçada, não obtiveram os resultados de perfuração condizentes para esta condição de reforçados, a partir dos valores de energia de falha apresentados nos ensaios.

A partir dos resultados obtidos no ensaio de High Speed, das 24 amostras ensaiadas, foi observado que 2 amostras de pneus reformados não atenderam os critérios de aceitação. Por outro lado, todas 10% das amostras de pneus novos atenderam aos critérios.

As 22 amostras consideradas aptas no High Speed foram submetidas ao ensaio de Endurance modificado.

No grupo de pneus novos, das 9 amostras ensaiadas no Endurance, 2 amostras oriundas da marca E, e 2 amostras da marca H ultrapassaram o tempo mínimo de 24 horas. As 3 amostras da marca G apresentaram falhas antes de completar 7 horas de duração do ensaio.

No grupo de pneus reformados, 100% das marcas não conseguiu atender o critério mínimo de 24 horas sem apresentar defeitos. Importante destacar que 9 amostras não atingiram, ao menos, 1 hora de duração no ensaio, representando 69,2% das marcas. Em adição, a amostra do grupo de pneu reformado, oriunda da marca C, que apresentou melhor desempenho neste ensaio, cumpriu apenas 1/4 do tempo mínimo requerido, de 24 horas.

O estudo também demonstrou que existem marca de pneu novo que possuiu desempenho abaixo outras marcas deste grupo. Diante disso, fica evidente uma necessidade de aperfeiçoamento do regulamento atual para pneu de motocicleta, aplicando os critérios que deverão compor este novo regulamento, oriundo das normas técnicas e regulamentações internacionais.

9.3. Aspectos de Modos de Falha

A partir do ensaio hidrostático, foi observado dois tipos de comportamentos distintos nos pneus avaliados: pelo destalonamento entre o pneu aro de teste; e a ruptura da carcaça. Como critério adotado de destalonamento, foram consideradas aptas para este ensaio as amostras que apresentaram o comportamento de destalonamento, que foram 15 amostras que correspondem a 62% do total de amostras ensaiadas.

Em adição, foram observados que 9 amostras dos pneus reformados, que corresponde a 60%, não destalonaram do aro durante o ensaio hidrostático, apresentando modo de falha por rompimento total da carcaça, na direção da banda de rodagem ou na direção do flanco.

A partir dos ensaios hidrostáticos, o modo de falha da carcaça, sem o destalonamento, apresentado pelo grupo de pneus reformados, diferente do modo de falha apresentado pelo grupo de pneus novos, apenas por destalonamento, significa que as carcaças das amostras de pneus reformados apresentaram redução das propriedades mecânicas dos componentes da estrutura da carcaça, quando comparado às carcaças de pneus novos.

Os resultados obtidos no ensaio de High Speed, das 24 amostras ensaiadas, 2 amostras de pneus reformados não atenderam os critérios de aceitação por apresentar modos de falhas na banda de rodagem e na carcaça após o término da duração do ensaio.

Nos ensaios de Endurance modificado, foi observado que todas as amostras submetidas a estas condições extremas, apresentaram comportamentos dinâmicos distintos. Após as análises das amostras neste ensaio, foram observados dois modos de falhas.

No grupo de pneus novos, foram evidenciados apenas rachaduras e desprendimento de fragmentos do desenho da banda de rodagem. Por outro lado, no grupo de pneus reformados, além dos modos de falhas na banda de rodagem: rachaduras, arrancamento da banda com exposição da carcaça e descolamento entre a banda e carcaça, foram constatadas falhas da estrutura da carcaça: bolha interna e ruptura com exposição dos cordoneis (fios) sob reparo pré existente na carcaça.

9.4. Aspectos de Segurança

A partir dos ensaios de uniformidade e balanceamento, foi verificado que os grupos de pneus reformados apresentaram os maiores valores para parâmetros de Run Outs Laterais, Tread Run Out, Wobble e desbalanceamento quando comparados aos grupos de pneus novos.

Maiores valores destes parâmetros representam a geração de maiores oscilações e forças, laterais e verticais que afetam a estabilidade e manuseabilidade da motocicleta, em quando movimento.

Estas oscilações podem ser observadas em determinadas velocidades, especialmente se as rodas estiverem desbalanceadas, e ocorrer na extremidade parte dianteira da motocicleta, ou ocorrer na motocicleta inteira, mas principalmente a extremidade traseira.

Estas oscilações, aumentam à medida que a velocidade aumenta, alcançam sua amplitude máxima e diminui, à medida que a velocidade diminui, até desaparecer completamente.

Contudo, durante o movimento da motocicleta, as oscilações podem tornar-se instáveis, possivelmente de difícil ou impossível controle, pelo piloto, sob velocidades menores que as velocidades previstas no projeto original da motocicleta, principalmente se os pneus possuírem elevados valores dos parâmetros de Run Outs Laterais, Tread Run Out, Wobble e desbalanceamento.

Um complemento para os ensaios de uniformidade e balanceamento seria o teste de dirigibilidade utilizando as amostras dos grupos de pneus novos e reformados, em que um piloto avaliasse as condições de estabilidade e manuseabilidade da motocicleta testando a segurança de uso destes pneus.

Deve ser esclarecido este tipo de ensaio, denominado ensaio outdoor, é bastante utilizado no desenvolvimento e aperfeiçoamento dos projetos de pneus novos, sendo realizado por piloto profissional de teste, em pista específica, sob as condições de: baixa, média e alta velocidade; piso seco e molhado; percursos em linhas retas e curvas; e sob aceleração e frenagem.

Contudo, neste estudo, não foi prevista a realização do ensaio outdoor por este realizar a avaliação dos requisitos de segurança de forma subjetiva, a partir da quantificação destes requisitos apenas pelo piloto, sem a utilização de equipamentos de ensaio para registros dos valores dos parâmetros.

A partir dos ensaios hidrostáticos e de Endurance modificado, os diferentes modos de falhas observados para os grupos de pneus reformados e novos, são congruentes e significam que as carcaças das amostras de pneus reformados apresentaram redução das propriedades mecânicas dos componentes da estrutura da carcaça, quando comparadas às carcaças de pneus novos.

Sob condição real de uso da motocicleta, o modo de falha do grupo de pneus novos, apenas pelo destalonamento entre o pneu e aro, observados a partir dos ensaios hidrostáticos, significa que a estrutura da carcaça possui resistência mecânica compatível com os valores de projeto do talão e, desta forma, será capaz de transferir, para o talão, as forças originadas a partir do contato entre o pneu e solo, durante os movimentos de aceleração, frenagem e, principalmente, curvas da motocicleta onde são verificados elevados valores de esforços mecânicos laterais, de forma segura para o piloto, sem a ocorrência de falha do pneu.

Por outro lado, o modo de falha do grupo de pneus reformados, por falha da carcaça, sem o destalonamento do pneu, observados a partir dos ensaios hidrostáticos, significa que a

estrutura da carcaça apresentou redução significativa das propriedades mecânicas, incompatíveis com os valores do talão e, desta forma, incapaz de transferir, para o talão, as respectivas forças originadas a partir do contato entre o pneu e solo, durante os movimentos de aceleração, frenagem e, principalmente, curvas da motocicleta. Deste modo, poderá ocorrer a falha da carcaça pneus, de forma repentina e abrupta, resultando no aumento imediato do nível de oscilações na motocicleta, possivelmente de difícil ou impossível controle destas, pelo piloto.

Sob condição real de uso da motocicleta, o modo de falha do grupo de pneus novos, apenas por rachaduras e desprendimento de fragmentos do desenho da banda de rodagem, observados nos ensaios de Endurance modificado produz um menor efeito negativo na segurança do piloto, uma vez que os fragmentos são desprendidos com tamanhos pequenos, de forma lenta, resultando no aumento gradual do nível de oscilações na motocicleta, possivelmente de razoável controle destas, pelo piloto.

Por outro lado, o modo de falha do grupo de pneus reformados, principalmente por arrancamento da banda com exposição da carcaça e descolamento entre a banda e carcaça produz um grande potencial negativo na segurança do piloto, uma vez que a porção de banda e o descolamento da carcaça são desprendidos com tamanhos médios ou grandes, de forma repentina e abrupta, resultando no aumento imediato do nível de oscilações na motocicleta, possivelmente de difícil ou impossível controle destas, pelo piloto.

9.5. Aspectos Construtivos

Foi observado que a carcaça de pneu um pneu novo, após sua vida útil, quando esta for utilizada na reforma do pneu, o desempenho e segurança do pneu reformado serão inferiores supondo esta carcaça na condição nova, quando no pneu novo precursor, podendo comprometer a segurança e a vida do consumidor.

Dentre as amostras de pneus reformados, pôde ser verificada uma grande heterogeneidade nas origens das carcaças, podendo esta ser do tipo com estrutura reforçada ou não reforçadas, sendo utilizadas carcaças não reforçadas em pneus reformados declarados reforçados, também sendo observado o inverso.

Desta forma, pneus declarados como reforçados, mesmo sem possuir danos na carcaça durante a vida útil o pneu novo precursor, apresentará propriedades mecânicas incompatíveis com os valores de estrutura reforçada. A utilização de pneu não reforçado em aplicações que requeira o uso de pneu do tipo reforçado acarretará risco no nível de segurança do piloto.

Diferente dos grupos de pneus reformados, a homogeneidade dos valores dos parâmetros avaliados nos ensaios deste estudo, oriundos do grupo de pneus novos, demonstra uma maior estabilidade e controle do processo produtivo, que é capaz de entregar produtos

padronizados, com maior previsibilidade e menor variabilidade entre si, o que se traduz, indubitavelmente, em maior segurança para o usuário deste produto.

Para os pneus reformados, foi observado que mesmo uma empresa com experiência e controle da produção não consegue ter controle do histórico do uso de suas carcaças durante a vida útil do pneu novo, precursor da carcaça, sendo a carcaça o elemento mais importante na segurança de pneu reformado.

10. Agradecimentos

Manifestamos nossos mais sinceros agradecimentos aos nobres colegas Paulo Roberto Couto, Jailton Carreteiro Damasceno e Ricardo Luis d'Avila Villela, membros do Núcleo de Incerteza de Medição Aplicada (Nimea), da Diretoria de Metrologia Científica (Dimci) que nos prestaram valioso apoio na análise estatística dos resultados dos ensaios, contribuindo sobremaneira para o sucesso na consecução deste Estudo Técnico.

Agradecimentos aos laboratórios que prestaram apoio à realização deste estudo: Industrial Levorin S.A. – Laboratório de ensaio de pneus Levorin, Pirelli Pneus Ltda. - Laboratório de Ensaios Indoor e Vipaltec - Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Ltda., que cederam ao Inmetro seu precioso tempo, equipamentos, pessoal e infraestrutura, imprescindíveis para a realização dos ensaios que compuseram as análises deste Estudo Técnico.

Agradecimentos aos dirigentes e técnicos da Superintendência do Rio Grande do Sul (SUR-RS), Instituto de Pesos e Medidas do Estado de São Paulo (IPEM-SP), Instituto de Pesos e Medidas do Estado do Paraná (IPEM-PR), Instituto de Pesos e Medidas do Estado de Pernambuco (IPEM-PE) e Instituto de Metrologia do Estado de Santa Catarina (Imetro), que prestaram valioso apoio na etapa de coleta e apreensão das amostras de pneus que foram avaliadas neste Estudo Técnico.

11. Referências Bibliográficas

ABNT NBR 13585:2013 - Segurança em pneus - Pneus de borracha para bicicletas.

ABNT NBR NM 224:2003 - Conjunto pneumático – Terminologia.

COSSALTER, Vittore. Motorcycle Dynamics. 2nd English edition, 2006.

E/ECE 324 / ADD 74: REG 75 - Uniform provisions concerning the approval of pneumatic tyres for motorcycles and mopeds.

ISO 10231:2003 - Motorcycle tyres - Test methods for verifying tyre capabilities.

ISO 13326:1998 - Test methods for measuring tyre uniformity.

Federal Motor Vehicle Safety Standards - FMVSS 109 (DOT) - Standard N°109 - New pneumatic and certain specialty tires e Federal Motor Vehicle Safety.

Federal Motor Vehicle Safety Standards - FMVSS 119 (DOT) - Standard N° 119 - New pneumatic tires for motor vehicles with a GVWR of more than 4,536 kilograms (10,000 pounds) and motorcycles.

Federal Motor Vehicle Safety Standards - FMVSS 139 (DOT) - Standard N° 139 - New pneumatic radial tires for light vehicles.

Lei nº 9.503/1997 - Institui o Código Brasileiro de Trânsito (CTB).

Manual Técnico da Associação Latino Americana de Pneus e Aros - A.L.A.P.A.

Ministério da Saúde - Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM). Brasília: CGIAE/Secretaria de Vigilância em Saúde-SVS. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/ext10br.def> Acessado em: 20/12/ 2018.

Portaria Inmetro nº83/2008 - Regulamento Técnico da Qualidade de Pneus novos para motocicleta, motoneta e ciclomotor.

Polícia Rodoviária Federal – Dados abertos de acidentes – Sítio disponível em: <https://www.pr.f.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes>. Acessado em: 20/12/19.

Seguradora Líder – Relatório Anual 2018 Seguradora Líder - Sítio disponível em: https://www.seguradoralider.com.br/Documents/Relatorio-Anual/RELATORIO%20ANUAL_2018_WEB.pdf Acessado em: 02/04/19