



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
DEPARTAMENTO DE INDÚSTRIA, SEGURANÇA E PRODUÇÃO CULTURAL
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

ALEXSIONE COSTA SOUSA

**PROJETO E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UMA BANCADA DE ENSAIOS
DE IMPACTO E QUEDA EM QUADROS E GARFOS DE BICICLETAS.**

TERESINA

2018

ALEXSIONE COSTA SOUSA

PROJETO E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UMA BANCADA DE ENSAIOS
DE IMPACTO E DE QUEDA EM QUADROS E GARFOS DE BICICLETAS.

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Bacharelado em
Engenharia Mecânica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. Campus
Teresina Central.

Orientador: Prof. Msc. José Matias Ferreira Filho.
Coorientador: Prof. Sérgio Alves da Silva.

TERESINA

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S725p Sousa, Alexsione Costa
PROJETO E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UMA BANCADA DE ENSAIOS
DE IMPACTO E QUEDA EM QUADROS E GARFOS DE BICICLETAS / Alexsione Costa
Sousa - 2018.
46 p. : il. color.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, Bacharelado em Engenharia
Mecânica, 2018.

Orientador : Prof Me. José Matias Ferreira Filho.
Coorientador : Prof. Sérgio Alves da Silva.

1. Bancada de ensaios. 2. Ensaio de impacto e queda. 3. Quadros e garfos de
bicicletas. I. Título.

CDD 620

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "PROJETO E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UMA BANCADA DE ENSAIOS DE IMPACTO E QUEDA EM QUADROS E GARFOS DE BICICLETAS."

ALUNO: ALEXSIONE COSTA SOUSA

MATRÍCULA N° 20101EME0463

DATA: 07 de fevereiro de 2018

Este trabalho foi julgado adequado e aprovado para a obtenção do título de graduação em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí.

Assinado no original

Prof. Msc. **Anderson Felipe Chaves Fortes**

Coordenador do Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica

COMISSÃO EXAMINADORA

Assinado no original

Prof. MSc. **José Matias Ferreira Filho**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí

Orientador

Assinado no original

Prof. MSc. **Marcos Guilherme Carvalho Braulio Barbosa**

Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Avaliador

Assinado no original

Prof. Dr. **José Francisco dos Reis Sobrinho**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí

Avaliador

Teresina, 07 de fevereiro de 2018.

Aos pais, amigos e professores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus professores, amigos e familiares pois todos contribuíram direto e indiretamente para que pudesse concluir este trabalho com sucesso.

Quero agradecer, principalmente, meu irmão, minha mãe e meu pai porque são eles que são os verdadeiros motivos de eu seguir em frente.

“TUDO MUDA QUANDO VOCÊ MUDA.”

Jim Rohn

**O importante é saber lidar com as perdas do seu jeito,
sem tirar você do caminho do sucesso.**

Alexsione Costa

RESUMO

O presente trabalho visa o desenvolvimento de uma bancada de ensaios para quadros e garfos de bicicletas, com a finalidade de ser mais um bancada de ensaios responsável para ensaiar as bicicletas produzidas na nossa região (Teresina e Norte-Nordeste). Primeiramente, foram realizados levantamentos bibliográficos sobre os ensaios de impacto e queda em quadros e garfos de bicicletas para que se possa compreender o projeto por completo, e em seguida determinar suas características, materiais, limitações e restrições da bancada, afim de atingir o objetivo com sucesso. Então foi estabelecido que a bancada possua um design simples, de baixo custo e de fácil manuseio, além de ambos os ensaios serem realizados em uma única estrutura. Com base nessas primeiras etapas de projeto foram feitos esboços do projeto, e cada desenho passou por análises para detectar os pontos positivos e negativos, com isso foram feitas várias interações até chegar no projeto final detalhado (2D e 3D). Após isso, os materiais e a metodologia da construção foram determinadas. Com o projeto revisado, o mesmo seguiu para etapa de validação computacional, ou seja, foi realizado simulações esboçando os esforços que a bancada sofre durante os ensaios, após obter resultados positivos, o próximo passo foi dá início ao processo construtivo. Um dos pontos mais importante da implementação dessa bancada de ensaios na laboratório na cidade de Teresina, é que a indústria local e o mercado consumidor de bicicletas serão os mais beneficiados, pois irá gerar menos gastos para a indústria, e o produto final terá mais confiabilidade para os consumidores. Portanto, a bancada trará muitos benefícios ao setor industrial de duas rodas, fornecerá uma maior segurança ao consumidor e tornará a cidade de Teresina uma referência para esse tipo de pesquisa.

Palavras – chave: Bancada de ensaios; Ensaio de impacto e de queda; Quadros e garfos de bicicletas.

ABSTRACT

The present work aims at the development of a bench of tests for frames and forks of bicycles, with the purpose of being another bench of conformity tests to test like bicycles produced in our region (Teresina and North-Northeast). Firstly, bibliographical surveys were carried out on impact and fall tests on bicycle frames and forks so that the project could be seen in its entirety, and then determine its characteristics, materials, limitations and restrictions of the bench, for control or purpose successfully. It was then established that the bench has a simple design, low cost and easy to handle, in addition to both tests are performed in a single structure. Based on these early design steps, project sketches and drawings were sketched through analysis to detect positive and negative points. In other words, make several inter-urban comparisons to a detailed final project (2D and 3D). After that, the materials and a methodology of the construction are determined. With the revised project, the same went to the stage of computational validation, that is, simulations were carried out outlining the efforts that the bench undergoes during the tests, after the positive results, the next step to the beginning of the construction process. One of the most important points in the implementation of the laboratory bench in the city of Teresina is that the local industry and the consumer market for bicycles are the most benefited, since they generate less expenses for the industry, and the final product will have more reliability for the consumers. On the other hand, a bench will bring many more to the industrial two-wheeler sector, providing greater consumer safety and will make a city of Teresina a reference for this type of research

Key words: Test bench. Impact and fall tests. Bicycle

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Ensaio de impacto.....	25
Figura 2 – Ensaio de queda.	27
Figura 3- Teste de queda com a distribuição de massas.....	28
Figura 4 – Estrutura base da bancada composta por aço carbono SAE 1020 de perfil quadrado.	29
Figura 5 – Roldanas de náilon 66.....	30
Figura 6 - Guincho manual catracado.	31
Figura 7 – Fluxograma do projeto.....	32
Figura 8 – Esboços e concepções iniciais do projeto.....	33
Figura 9 – Configuração final da bancada de ensaios em CAD.....	34
Figura 10 – Distâncias mínimas para realização dos ensaios.....	36
Figura 11 – Distribuição das “torres” e apoios de sustentação.....	37
Figura 12 – Simulação dos esforços do ensaio de impacto na bancada.....	38
Figura 13 – Simulação dos esforços do ensaio de queda na bancada.....	38
Figura 14 – Vista isométrica da bancada de ensaios.....	39
Figura 15 – Projeto detalhado, visão frontal.....	41
Figura 16 – Ensaio de impacto e de queda.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Metodologia de projetos.	19
Tabela 2 - Altura de queda para tipos de bicicletas.	25
Tabela 3 - Deformação limite do quadro e garfo.....	26
Tabela 4 - Altura de queda e distribuição de massas no selim, cabeçote e pedais.	28
Tabela 5 – Quantidade e metragem dos componentes estruturais de aço carbono SAE 1020.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRACICLO	Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares
CET	Companhia de Engenharia e Tráfego
CRB	Conselho Regional de Biblioteconomia
GEE	Gases do Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
ISO	International Organization for Standardization
UFPI	Universidade Federal do Piauí

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO LITERÁRIA	18
2.1 PROJETO	18
2.2 BICICLETA.....	20
2.3 ENSAIOS.....	23
2.3.1 Ensaio de impacto.....	24
2.3.2 Ensaio de queda.....	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5 CONCLUSÃO/ CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS.....	44
ANEXO A - NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 14714:2013 (VEÍCULO DE DUAS RODAS – BICICLETA – QUADRO E GARFO RÍGIDO – REQUISITOS DE SEGURANÇA)	45
ANEXO B - NORMA INTERNACIONAL ISO/FDIS 4210-6:2014 (CYCLES – SAFETY REQUERIMENTS FOR BICYCLES – PART 6: FRAME AND FORK TEST METHODS).	522

1 INTRODUÇÃO

Devido ao grande aumento da emissão de substâncias poluidoras (CO₂, CH₄, entre outras) com a crescente utilização de veículos automotores, a sociedade mundial vem obtendo uma maior conscientização frente a utilização destes meios de transportes. De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2016), no ano de 2015, os veículos emitiram um total de 40,9 milhões de toneladas de CO₂. No ano de 2015 a maior contribuição veio dos caminhões, cerca de 15 milhões de toneladas de CO₂, em seguida vem os automóveis com cerca de 12 milhões de toneladas. Em relação ao ano de 2014, houve uma redução de 9% de emissões de gases de efeito estufa (GEE) devido ao aumento do uso de etanol em substituição pela gasolina e o menor consumo aparente de óleo diesel.

Por conta das grandes e inúmeras pressões que os países industrializados e os em desenvolvimentos vem sofrendo em relação aos níveis de gases poluentes e tóxicos emitidos, muitos países criaram leis para diminuir as emissões desses gases, além disso começaram a investir e modificar a infraestrutura das grandes cidades, com o intuito de incentivar a população a utilizar meios de transporte ecologicamente mais sustentáveis. A bicicleta é um bom exemplo.

Com base no Plano Diretor Cicloviário Integrado de Teresina – PDCI de Teresina (2015) a extensão atual da malha cicloviária de Teresina é de aproximadamente 42 km, divididos em 19 trechos, os quais foram implantadas nas décadas de 80 e 90, e também nos últimos 6 anos. De acordo com a Companhia de Engenharia de Tráfego – CET de São Paulo (2017) a cidade possui 498,3 km de vias com tratamento cicloviário permanente, sendo 468,0 km de ciclovia/ciclofaixas e 30,3 km de ciclorrotas. Além disso o ciclista conta com 6149 vagas em bicicletários públicos e 121 paraciclos instalados nos terminais de ônibus e nas estações de trem e metrô.

Um exemplo de transporte ecoeficiente, a bicicleta é impulsionada pela força humana, o que além de não prejudicar o meio ambiente traz benefícios para seu usuário, com melhorias a saúde devido a prática de exercícios físicos, e da população em geral, com a diminuição do número de carros em circulação. Segundo dados da Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares – ABRACICLO (2016) a maioria das bicicletas vendidas no

Brasil, cerca de 50% é voltada para locomoção e transporte, as fatias restantes se dividem entre as finalidades de: público infantil, recreação e lazer, e competição.

Com essas novas medidas políticas e com maior conscientização da população em busca de melhorar sua qualidade de vida, alguns setores da indústria começaram a procurar melhorias para seus produtos. Um dos ramos industriais que se sentiu afetado e obrigado a buscar inovações foi o setor de transporte, principalmente as bicicletas, pois o público alvo tornou-se maior e mais exigente. O papel da indústria nesses momentos inovadores é fundamental porque ela incentiva a descoberta de novos materiais e métodos durante o processo de fabricação.

Para se obter um produto final com excelentes avaliações em todos os quesitos como segurança, conforto, material e entre outros, a bicicleta deve ser submetida a vários ensaios e análises, a fim de obter informações capazes de identificar eventuais acidentes e determinar quais são suas limitações. Com base nisso, um dos ensaios imprescindíveis são: os ensaios de impacto e de queda no conjunto quadro e garfo da bicicleta.

Ambos os ensaios são regulamentados e atendem aos requisitos estabelecidos pela norma brasileira ABNT NBR 14714:2013 (Veículo de duas rodas – Bicicleta – Quadro e garfo rígido – Requisitos de segurança) e a norma internacional ISO/FDIS 4210-6:2014 (Cycles – Safety requirements for bicycles – Part 6: Frame and fork test methods). Essas normas estabelecem requisitos de segurança que o conjunto quadro e garfo devem atender para que possam compor bicicletas que tenham uma distância superior de 320 mm entre o centro do eixo traseiro e o centro do eixo da pedivela, e que o garfo rígido apresente uma distância superior a 270 mm entre o centro do eixo até a parte inferior do canote do garfo.

A partir dessas normas foram realizados estudos com o intuito de projetar e construir uma bancada capaz de realizar os ensaios de impacto e de queda no conjunto quadro e garfo. Para isso foi desenvolvido um projeto com um design inovador, com ênfase na praticidade da execução dos ensaios e que apresente uma aparência compacta, garantindo um melhor aproveitamento do espaço do laboratório aonde vai ser alojado.

De modo geral, a bancada de ensaios de impacto e queda é formada por uma estrutura treliçada metálica, com um sistema de roldanas de náilon e um guincho

manual com catraca para auxiliar no içamento de pesos e do conjunto quadro e garfo. Além disso, possui estruturas removíveis, pois os dois ensaios em questão não podem ser realizados ao mesmo tempo. Para que fosse definido esses componentes, materiais, processos de fabricação e entre outros, todo o desenvolvimento da bancada foi baseado em uma metodologia de projeto, desde a ideia de elaborar algo que pudesse realizar os testes até a confecção do produto final.

O presente trabalho consiste em projetar e construir um bancada capaz de realizar os ensaios de impacto e de queda no conjunto quadro e garfo de bicicleta, com o intuito de ensaiar as bicicletas produzidas, além de informar aos consumidores que a bicicleta aprovada ou validada agrega maior valor de segurança e conforto.

2 REVISÃO LITERÁRIA

2.1 PROJETO

Projeto é um processo inovador e altamente repetitivo, é também de tomada de decisão, com o objetivo de atender uma necessidade específica ou resolver um problema. Norton (2013) define projeto de engenharia como “processo de aplicação das várias técnicas e princípios científicos com o intuito de definir um dispositivo, um método ou um sistema suficientemente pormenorizado para permitir sua realização”. Para Budynas e Nisbett (2011) projeto de engenharia é uma espécie de compartimentalização, ou seja, todas as áreas da engenharia estão envolvidas dentro de um projeto. Entre as bases disciplinares estão mecânica dos sólidos e fluidos, transporte de massas, processos de fabricação e eletricidade.

Com base nas definições acima pode-se afirmar que um projeto deve englobar recursos pessoais (criatividade, habilidade comunicativa, soluções de problemas) e conhecimento das ferramentas de engenharia (como matemática, física, materiais, computadores e entre outros), e quando esses requisitos se entrelaçam, o resultado é um produto final funcional, confiável, competitivo, de fácil manipulação e viável para ser fabricado e comercializado.

Para que um projeto ganhe confiabilidade, o mesmo deve seguir determinadas etapas durante o seu desenvolvimento. Ao conjunto dessas etapas se dá o nome de metodologia de projeto. Segundo Norton (2013) a metodologia varia de projeto a projeto podendo a mesma ter poucas etapas ou mesmo várias dependendo da complexidade do trabalho. Já a literatura de Budynas e Nisbett (2011) menciona que a metodologia de projeto começa com uma identificação de uma necessidade e depois de várias repetições das etapas, são apresentados planos e soluções para atender à necessidade.

De acordo com Norton (2013) na Tabela 1 pode ser observado um exemplo de uma metodologia aplicada a um projeto simples com apenas 10 etapas. Durante o desenvolvimento do projeto é recomendado que seja auxiliado por uma grande variedade de ferramentas e recursos disponíveis para judar na solução de problemas. Por exemplo, ter à disposição computadores que permitem desenvolver desenhos detalhados e simulações.

Tabela 1- Metodologia de projetos.

Ordem	Etapas
1	Identificação de necessidade
2	Pesquisa de suporte
3	Definição dos objetivos
4	Especificações de tarefas
5	Síntese
6	Análise
7	Seleção
8	Projeto detalhado
9	Protótipo e teste
10	Produção

Fonte: Norton, 2011.

Segundo Norton (2013), a elaboração de um projeto se inicia com a **identificação de uma necessidade**, onde o projetista irá se depara com o problema e gerar as ideias iniciais para a sua possível solução. Na etapa seguinte tem início o levantamento de informações sobre o problema para que o projetista possa compreender melhor os fatos, ou seja, deve-se realizar uma **pesquisa de suporte**, afim de buscar fontes confiáveis as quais possam recorrer quando necessário, ajudando a compreender melhor o projeto, e consequentemente contribuindo para estabelecer um **objetivo** mais razoável do que no início da identificação do problema.

As etapas seguinte são a **especificação de tarefas** e a **síntese**, de acordo com Norton (2013) nesse ponto da metodologia é aonde surge as limitações e as alternativas viáveis para que se possa obter o mesmo resultado. Com as soluções criativas mencionadas na etapa anterior, as mesmas são **analisadas** podendo ser aceitas, rejeitadas ou modificadas. A solução mais viável e promissora é **selecionada**.

Segundo Norton (2013) após a aprovação é realizado o **projeto detalhado**, nessa etapa ocorre os ajustes dos primeiros croquis, seleção de materiais, especificações do processo de fabricação e montagem, etc. Com o projeto detalhado é feito o protótipo e alguns testes, às vezes feito utilizando o produto em menor escala

ou com a realização de simulações computacionais esboçando esforços similares do real. E por último ocorre a **produção final**, após serem realizados todos os ajustes e melhorias detectadas nas etapas anteriores, ou seja depois de realizar as interações necessárias para o projeto.

Segundo Norton (2013) para atingir a última etapa, **a produção final**, é necessário identificar o porquê das primeiras tentativas terem fracassado e em seguida deve se reprojeter as peças o que pode significar a modificação do formato, das dimensões, dos materiais e até mesmo dos processos de fabricação. Pois geralmente não se obtém resultados satisfatórios sem realizar várias interações no projeto.

Com base nessas etapas e interações durante o processo de desenvolvimento do projeto foi desenvolvido uma bancada de ensaio de impacto e de queda para o conjunto quadro e garfo de bicicletas.

2.2 BICICLETA

Desde os tempos remotos, o homem buscou modos de se locomover com mais facilidade, eficiência e rapidez. Com o surgimento da roda não demorou muito para surgir o primeiro veículo mecânico para o transporte individual – a bicicleta. Segundo Gupta (2015) a bicicleta é o transporte mais eficiente já projetado. O custo, em termos de energia gasta para transportar uma determinada carga em uma determinada distância, é um décimo mais eficiente do que um avião a jato e um vigésimo mais eficiente do que um automóvel.

De acordo com Gupta (2015) a primeira menção de um veículo com duas rodas conhecida como “Celerífero” foi desenvolvida pelo francês J.H. De Civrac, em 1791, sua construção é bastante simples, com duas rodas fixas no mesmo plano, que não podia ser virada para os lados e o seu condutor deveria dar passadas para gerar um velocidade suficiente para movimentá-la.

Em 1817, o engenheiro Karl Von Drais resolveu o problema da rotação da roda dianteira, mas ainda não tinha os pedais acoplados para gerar o movimento. Com essa inovação possibilitou que o velocípede (como era conhecido) ganhar mais estabilidade, mas o problema de postura dos condutores ainda era o principal

problema devido as inúmeras casos de hérnia provocadas ao andar de bicicletas durante grandes jornadas em estradas irregulares.

Só em 1839, o ferreiro escocês Kirkpatrick Mac Milan adaptou duas barras suspensas na parte frontal do quadro, as extremidades inferiores destas barras foram colocados pedais que eram alternadamente movidos pelos pés. O movimento desses pedais foi transmitido através de um par de bielas para a roda traseira, onde moviam duas manivelas. Essas manivelas que converteram o movimento de “empurrar” e “puxar” em movimento giratório da roda traseira.

Embora com as melhorias desenvolvidas, os velocípedes não foram sucesso de vendas. Segundo Gupta (2015), a primeira bicicleta comercialmente bem sucedida apareceu em 1863. Ela tinha um par de pedais conectados à roda dianteira e foi montada da mesma maneira que os triciclos infantis de hoje. Elas possuíam rodas de madeira com pneus de ferro, mas mesmo assim eram mais confortáveis e mais rápidas do que as antepassadas.

Esse conforto foi alcançado devido ao uso de molas no assento. Já a velocidade, foi utilizado o modo mais fácil de aumentar a relação de transmissão, ou seja aumentar o tamanho da roda dianteira. A roda dianteira começou com 36 polegadas até chegar a 64 polegadas (163 cm), o limite foi imposto pelo comprimento (alcance) das pernas dos condutores. Com isso, muitas dificuldades começaram a surgir, por exemplo: dificuldade de subir e descer da bicicleta; pequenos obstáculos conduziam o condutor à queda.

Para resolver o problema da estabilidade e torna à bicicleta um transporte mais seguro, a saída era buscar um novo design, colocando o condutor mais em baixo e mais próximo da roda traseira, algo que era impossível nas bicicletas com rodas de 64 polegadas.

Segundo Gupta (2015), em 1879 surgiu a primeira bicicleta que se parecia com as atuais bicicletas. Nelas bicicletas o condutor ficava entre as duas rodas possibilitando melhorar sua estabilidade e seu centro de gravidade, evitando os inúmeros acidentes que antigamente acontecia por pequenos percalços no caminho. Os pedais e a roda traseira eram interligadas por uma corrente, sendo assim surgiu assim um novo conceito de transmissão nas bicicletas, com isso tamanho da roda deixou de ser responsável pela velocidade, dando agora a responsabilidade ao conjunto de rodas dentadas interligadas por uma corrente. Outra modificação foi que

o tamanho das rodas diminuíram, e ambas ficaram com o mesmo tamanho, isso possibilitou aos condutores colocarem suas pernas em contato com o solo em caso de perda de estabilidade.

Em seguida 1885 surgiu quadros tubulares reduzindo significativamente o peso das bicicletas. Os primeiros pneus de borracha cheios de ar foram instalados pela primeira vez em 1888, com isso amorteciam e tornavam mais agradáveis os passeios. Em 1890, a bicicleta tornou-se um transporte seguro e confiável suficiente para ser aceita por todos, desde os pobres, comerciantes até a nobreza.

A evolução da bicicleta é indiscutível, de acordo com as necessidades foram surgindo, as melhorias, as inovações e as soluções vieram em seguida. Exemplo dessa evolução, é o material usado nas primeiras bicicletas que foram construídas de madeiras, em seguida foi usado metais pesados, alumínio até chegar em um material bem resistente e leve chamado fibra de carbono. As soluções vieram com o intuito de resolver esses problemas, e consequentemente proporcionar mais conforto para o condutor.

Pensando cada vez mais no conforto do condutor, as indústrias começaram a investir cada vez mais em ensaios, tecnologias e em busca de novos materiais e processos de fabricação para produzir bicicletas mais leves, de excelente desempenho e com mais segurança.

Além disso, o estilo de vida da sociedade brasileira contemporânea, apresenta um alto índice de pessoas sedentárias, como mostra a pesquisa realizada pelo Ministério do Esporte (2016) que apontou que cerca de 45,9% dos brasileiros não praticam nenhuma atividade física. Outro ponto importante é alta taxa de gases poluentes emitidos nas grandes cidades, segundo o Observatório do Clima (2016) afirma que o Brasil emite cerca de 3,6 % dos gases do efeito estufa no mundo, e que cada brasileiro emitiu 6,9 toneladas de CO₂ em 2015. O instituto também afirma que em São Paulo o maior responsável pelas emissões de gases poluentes é o setor de transportes de carga e de passageiros, por causa da queima de combustíveis. Com base nisso muitos governantes começaram a divulgar e a incentivar políticas ecologicamente corretas, visando propor a população a buscar meios de transportes mais saudáveis e menos nocivos ao meio ambiente.

Ao associar todos esses fatores mencionados acima, o resultado foi o crescimento do mercado de veículos de duas rodas – bicicleta. Pois um dos caminhos

viáveis para solucionar ou amenizar esses problemas é o uso da bicicleta como meio de transporte. Essa tal tendência começou a ser mais frequente nas grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, e isso refletiu no aquecimento do mercado e no crescimento das vendas de varejo e da produção industrial nacional. Segundo a pesquisa realizada pela Associação Brasileira do Setor de Bicletas – Aliança Bike (2015) o Brasil apresentou um consumo médio de 4,5 milhões de unidades ao ano, sendo assim a frota nacional apresenta cerca de 70 milhões de unidades, valor bem acima da frota de carro e motocicletas que são em torno de 45 e 20 milhões de unidades, respectivamente.

Com esses dados pode-se afirmar que a bicicleta, atualmente, é um transporte bastante popular, e está ganhando cada vez mais espaço nas ruas. Por isso, é muito importante certificar, por meio de ensaios, que o produto final destinado ao consumidor possua um alto índice de segurança e comodidade.

2.3 ENSAIOS

Para a obtenção de um produto final confiável e seguro, deve-se conhecer amplamente as características, propriedades mecânicas e o comportamento dos materiais que constituem a amostra (conjunto quadro e garfo). Por isso da importância da obrigatoriedade da normalização de ensaios mecânicos, com isso os critérios e os requisitos utilizados durante os ensaios ajudam a especificar as propriedades dos materiais e o comportamento dos mesmos sob determinadas condições de esforços (Garcia, Spim e Santos, 2012).

De acordo com a classificação de ensaios mecânicos, os mesmos que fazem referência a integridade geométrica e dimensional da peça podem ser considerados: destrutivos e não destrutivos. Os autores Garcia, Spim e Santos (2012) afirmam que “ensaios destrutivos provocam inutilização parcial ou total da peça e os ensaios não destrutivos não comprometem a integridade da peça”.

Com base nessa definição de ensaios e nas normas ABNT NBR 14714:2013 (Veículo de duas rodas – Bicicleta – Quadro e garfo rígido – Requisitos de segurança) e ISO/FDIS 4210-6:2014 (Cycles – Safety requirements for bicycles – Part 6: Frame and fork test methods) os ensaios de impacto e de queda são considerados como ensaios destrutivos.

Sendo assim, a norma ABNT NBR 14714:2013 afirma que “um ensaio destrutivo só pode ser realizado sobre amostra exclusiva ou sobre uma amostra anteriormente submetida a um ou mais ensaios não destrutivos, desde que seja realizado por último”. A amostra que for utilizada no ensaio de impacto não poderá ser reutilizada no ensaio de queda, e vice-versa.

Portanto, a função de realizar os ensaios de impacto e de queda é identificar como o conjunto quadro e garfo se comporta em situações variadas, e além de fazer uma análise mais específica da amostra caso a mesma apresente alguns defeitos ou de possíveis falhas futuras.

2.3.1 Ensaio de impacto

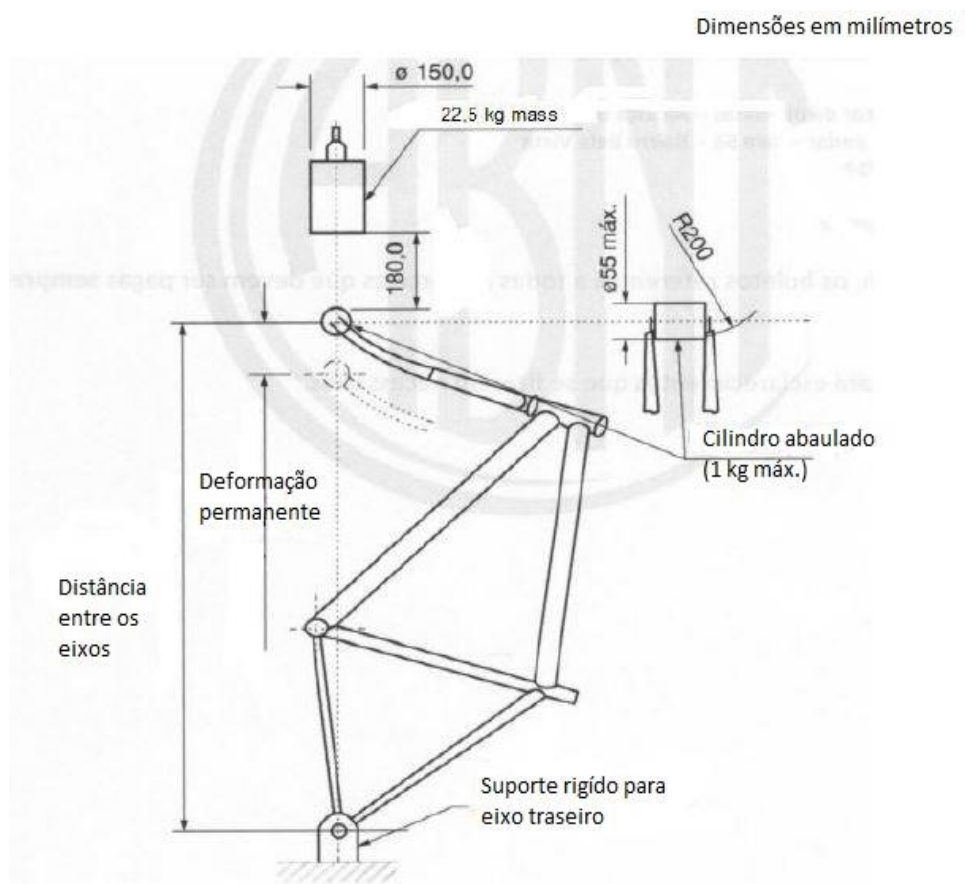
O ensaio de impacto tem como finalidade simular um “choque”, batida ou colisão frontal do conjunto quadro e garfo com uma estrutura sólida. Então, o ensaio de impacto garante que a amostra sendo aprovada será capaz de suportar tais esforços.

No conjunto quadro e garfo em estudo, os seus componentes estruturais são todos unidos através do processo de soldagem, o qual segundo Ribeiro (2000) a operação de soldagem envolve calor e fusão dos materiais envolvidos, com isso ocorrem os processos de expansão e em seguida do processo de contração da solda provocando concentração de tensão de alta magnitude. Além disso, pode ocorrer de acontecer eventuais falhas durante a operação de soldagem, por exemplo: tamanho incorreto da solda, porosidade, fusão imperfeita, penetração incompleta, trincas e entre outras. Portanto, para verificar se o processo de solda e os materiais que constituem a amostra suportam grandes esforços e se estão dentro dos padrões normativos, é necessário que seja realizado neste caso o ensaio de impacto.

O ensaio de impacto previsto pela norma ABNT NBR 14714:2013 diz que um bloco de massa 22,5 kg deve cair livremente ou com o mínimo de atrito possível de uma altura de 180 mm sobre um rolete, com uma massa de no máximo 1 kg, o qual deve ser fixado no eixo dianteiro. O conjunto quadro e garfo deve ser posicionado verticalmente deixando um alinhamento entre os centros dos eixos dianteiro e traseiro, como mostra a Figura 1.

A norma internacional ISO/FDIS 4210-6:2014 apresentam condições diferentes para cada categoria de bicicleta em relação à altura de queda do bloco de massa de 22,5 kg. Isso acontece, pois cada tipo de bicicleta é voltada para alguma atividade peculiar, e conseqüentemente irá sofrer diferentes tipos de esforços durante as atividades realizadas. As alturas de queda do sistema de massa de 22,5 kg devem variar para cada tipo de bicicleta, como estão demonstrada na Tabela 2.

Figura 1- Ensaio de impacto.



Fonte: Norma Brasileira ABNT NBR 14714:2013.

Tabela 2 - Altura de queda para tipos de bicicletas.

Tipos de Bicicleta	Bicicletas urbanas	Bicicletas para adultos	Mountain bike	Bicicletas para corrida
Altura de queda (mm)	180	180	360	212

Fonte: Norma internacional ISO/FDIS 4210-6:2014.

Após a realização do ensaio, o conjunto quadro e garfo não deve apresentar deformações permanentes superiores as medidas mostradas na Tabela 3. Além disso, caso apresente alguma falha ou trinca o conjunto quadro e garfo é considerado inválido, ou seja não está apto a configurar o produto final.

A Tabela 3 menciona o uso da barra de aço, isso implica que quando o fabricante não disponibilizar o garfo a ser testado, o mesmo pode ser substituído por uma barra rígida de aço apresentando dimensões e resistência compatíveis, de forma não impactar no resultado final do ensaio.

Vale ressaltar que um quadro equipado com sistema de amortecimento traseiro, o ensaio deve ser realizado com uma barra rígida de aço de mesmo comprimento.

Tabela 3 - Deformação limite do quadro e garfo

Componente em teste	Deformação permanente (mm)
Garfo	≤ 40
Barra de aço	≤ 10

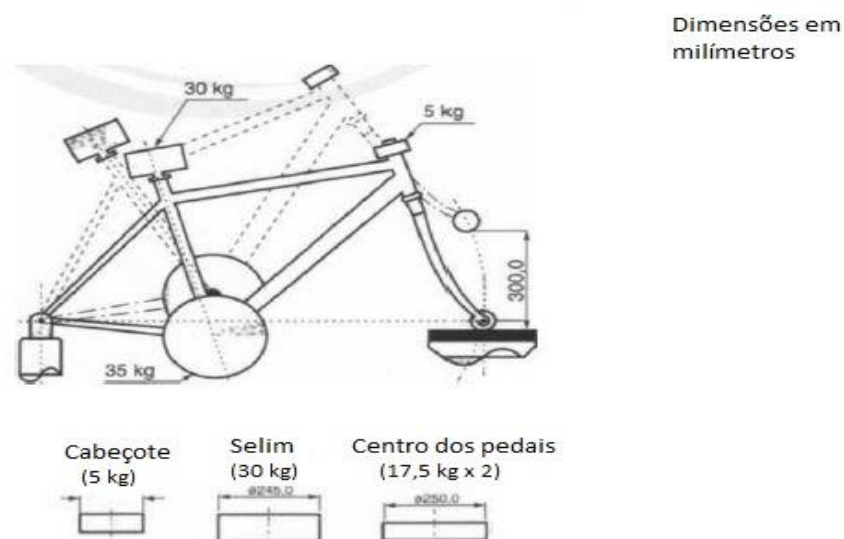
Fonte: Norma Brasileira ABNT NBR 14714:2013.

2.3.2 Ensaio de queda

O ensaio de queda é um ensaio destrutivo recomendado pela norma para demonstrar mais confiabilidade as bicicletas equipadas com o conjunto quadro e garfo validadas por este teste. Pois este ensaio simula reações de esforços provocados durante uma queda ou trepidações durante suas atividades.

Este ensaio consiste em que o conjunto quadro e garfo seja fixado pelo eixo traseiro em um suporte que possibilite o quadro rotacionar apenas no eixo vertical. Deve-se usar o mesmo formato do rolete utilizado no ensaio de impacto, onde o mesmo deve ser posicionado no eixo dianteiro.

Segundo a norma ABNT NBR 14714:2013 uma massa total de 70 kg deve ser distribuída e fixada no quadro e garfo, com o intuito de simular os efeitos provocados pelo peso de uma pessoa. De acordo com a Figura 2, a distribuição consiste em uma massa de 30 kg é fixada no selim, duas massas de 17,5 kg na luva central (pedais) e uma massa de 5 kg no cabeçote.

Figura 2 – Ensaio de queda.

Fonte: Norma Brasileira ABNT NBR 14714:2013.

Após a fixação dos pesos, o rolete fixado no garfo (eixo dianteiro) deve ser alçado a uma altura de 300 mm e solto, o rolete deve cair livremente em uma base de aço localizada no mesmo plano horizontal eixo traseiro, ou seja na mesma altura em relação ao solo, como mostrado a Figura 2.

Depois do primeiro impacto, o conjunto deve ser suspenso novamente na mesma altura inicial (300 mm), o ensaio deve ser realizado sequencialmente 3 vezes no total, sendo que impactos secundários não são permitidos.

Após a realização das três tentativas, o conjunto não pode apresentar sinais visíveis de trincas ou fraturas. Caso contrário, o conjunto quadro e garfo não será validado ou não estará apto a compor o produto final.

A norma internacional ISO/FDIS 4210-6:2014 adota algumas condições diferentes da norma brasileira citada acima. Exemplo disso, é que a altura de queda do rolete posicionada no eixo dianteiro e a quantidade de massa distribuída pelo conjunto quadro e garfo varia de acordo com o tipo de bicicleta em estudo. As alturas de queda e a massa distribuída pode ser verificada na Tabela 4 e na Figura 3.

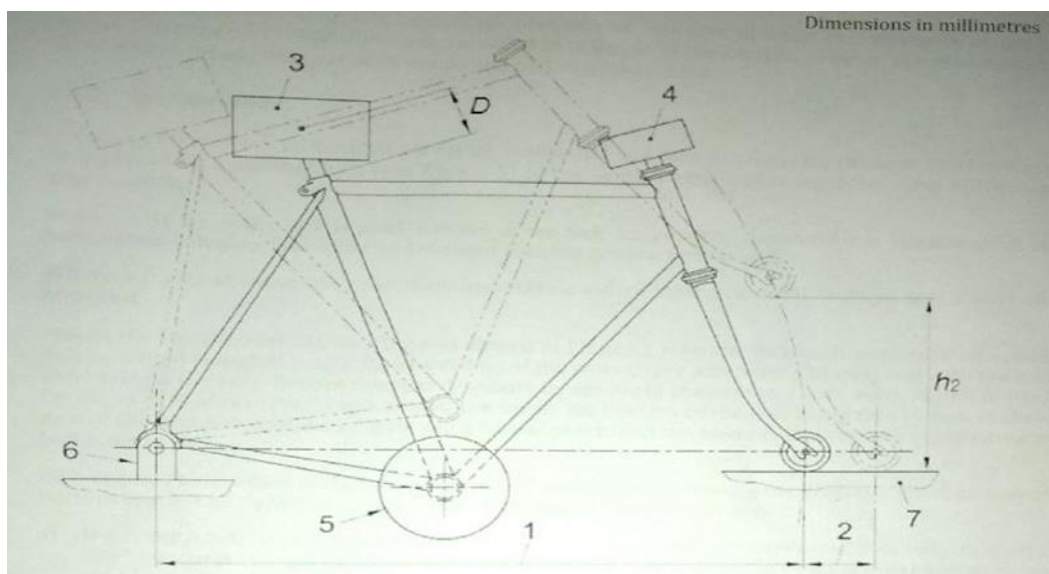
Isso acontece porque cada bicicleta tem seu público alvo e sua atividade proposta. Logo, as características físicas dos condutores são diferentes, consequentemente os testes tem que simular os esforços equivalentes de cada um.

Tabela 4 - Altura de queda e distribuição de massas no selim, cabeçote e pedais.

Tipo de bicicleta	Bicicletas urbanas	Bicicleta para adultos	Mountain bike	Bicicletas de corridas
Massa 1, selim (kg)	50	40	30	30
Massa 2, cabeçote (kg)	10	10	10	10
Massa 3, pedais (kg)	30	20	50	50
Altura de queda, h_2 (mm)	200	200	300	200

Fonte: Norma ISO/FDIS 1210-6:2014.

Figura 3- Teste de queda com a distribuição de massas.



Fonte: Norma ISO/FDIS 1210-6:2014.

Com as massas posicionadas, a norma recomenda realizar a medida entre o centro dos pedais até o eixo dianteiro. Em seguida, é realizado o ensaio duas vezes de acordo com a altura de queda disponibilizada na Tabela 4. Após a realização do ensaio é feito novamente a medida entre o centro dos pedais e o eixo dianteiro, com todas as massas ainda posicionadas, se houver alguma diferença, essa diferença é considerada uma deformação permanente, indicada pela cota 2 na Figura 3.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A bancada de ensaios de impacto e de queda para o conjunto quadro e garfo de bicicleta é composta de vários componentes. Dentre eles o componente estrutural principal chamado de “esqueleto” da bancada, e os componentes auxiliares como roldanas, guinchos e entre outros.

A estrutura principal serve como corpo da bancada, na qual estão alojados os demais componentes e deve ser bastante reforçada pois a mesma tem que ser capaz de suportar os grandes esforços gerados pelos ensaios. Por conta disso, o material escolhido para compor todo o “esqueleto” da bancada, como pode ser visto na Figura 4, foi o tubo de aço carbono SAE 1020 de perfil quadrado. A escolha desse material se deu devido apresentar excelentes propriedades estruturais e ser de fácil obtenção no mercado local. O aço carbono utilizado apresenta as seguintes características:

- a) Dimensão do perfil – 40 x 40 x 5 mm;
- b) Composição química – Carbono (0,18-0,23%); Manganês (0,30-0,60%); Fósforo (0,03%) e Enxofre (0,05%);
- c) Propriedades mecânicas laminado – Resistência à tração (450 MPa), limite de escoamento (330 MPa) e dureza (143 HB);

Figura 4 – Estrutura base da bancada composta por aço carbono SAE 1020 de perfil quadrado.



Fonte: Autoria própria. 2017.

Os materiais auxiliares ou de apoios são de grande importância para que a bancada tenha um bom desempenho durante os ensaios.

O Náilon 6,6 ou Náilon 66 foi utilizado na fabricação das roldanas para da suporte ao cabo da catraca manual durante a realização do ensaio de queda e de impacto, e auxilia na condução do sistema de pesos durante o ensaio de impacto. Primeiramente, foi adquirido o tarugo de náilon de 60 mm de diâmetro, em seguido foi usinado para originar as roldanas, como mostra a Figura 5.

O Náilon 6,6 ou Náilon 66 foi escolhido pois apresenta as seguinte características:

- a) Alta resistência à fadiga e a impacto;
- b) Alta temperatura de fusão (aproximadamente 250 °C);
- c) Baixo coeficiente de atrito e boa usinabilidade;
- d) Auto lubrificante e baixo;
- e) Baixo ruído de operação.

Figura 5 – Roldanas de náilon 66.



Fonte: Autoria própria.2017.

Outro componente auxiliar é o guincho manual com catraca, utilizado na bancada com o intuito de conduzir o peso de 22,5 kg em um trilho durante o ensaio de impacto, além de erguer o conjunto quadro e garfo pelo eixo dianteiro a uma altura de 300 mm, sendo que uma massa de 70 kg está distribuído por todo conjunto durante o ensaio de queda.

O guincho manual catracado, mostrado na Figura 6, possui as seguintes especificações:

- a) Capacidade máxima de 450 kg;
- b) Diâmetro do cabo: 4,5 mm e comprimento do cabo: 7 m;
- c) Gancho de amarração provido de uma lingueta de segurança.

Figura 6 - Guincho manual catracado.



Fonte: Autoria própria.2017.

Para o processo de fabricação da bancada foram utilizados equipamentos como aparelho de soldagem MIG/MAG e a máquina de corte policorte.

O equipamento de soldagem MIG foi utilizado na união dos tubos de aço carbono SAE 1020 de perfil quadrado e para fixar outros componentes. De acordo com Ribeiro (2000) o processo MIG utiliza o arco elétrico para aquecer a peça, e um metal de alimentação em forma de arame, fornecido por um alimentador contínuo faz a união das peças. Esse processo utiliza uma fonte externa de gás inerte (Argônio ou Hélio) para proteção da solda contra contaminação do ar externo. Durante o processo de soldagem foi utilizado gás argônio e uma corrente elétrica de 150 A.

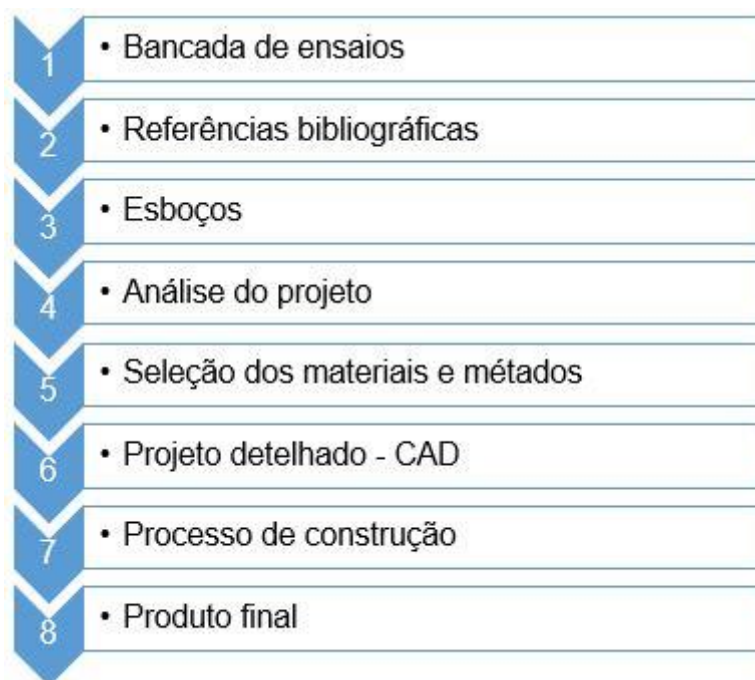
Este processo foi escolhido por apresentar as seguintes vantagens:

- a) Operação fácil e suave;
- b) Possui elevada velocidade de deposição;
- c) Soldagem em todas as posições;
- d) Grande versatilidade quanto ao tipo de material e espessuras aplicáveis.

A policorte foi utilizada para realizar os cortes nas peças de aço carbono, pois a bancada de ensaios são compostas por diversas peças com tamanhos variados. E foi utilizada para obter cortes com bom acabamento, manter as paredes do perfil perpendicular e ter uma maior agilidade nos cortes.

O desenvolvimento deste trabalho seguiu, de acordo com o que está descrito no fluxograma mostrado na Figura 7. Após a etapa inicial, de idealização do projeto, foi feito um levantamento bibliográfico de informações sobre a bancada de ensaios, como por exemplo: Como deve ser realizado esses ensaios? Qual é a estrutura (bancada) mais adequada para a realização dos ensaios? Quais são as suas dimensões? Quais são os procedimentos para realização dos dois ensaios? É possível realizar os dois ensaios na mesma estrutura da bancada? Esses ensaios são normatizados? Todos esses questionamentos foram feitos para que pudesse ter um bom entendimento do projeto.

Figura 7 – Fluxograma do projeto.

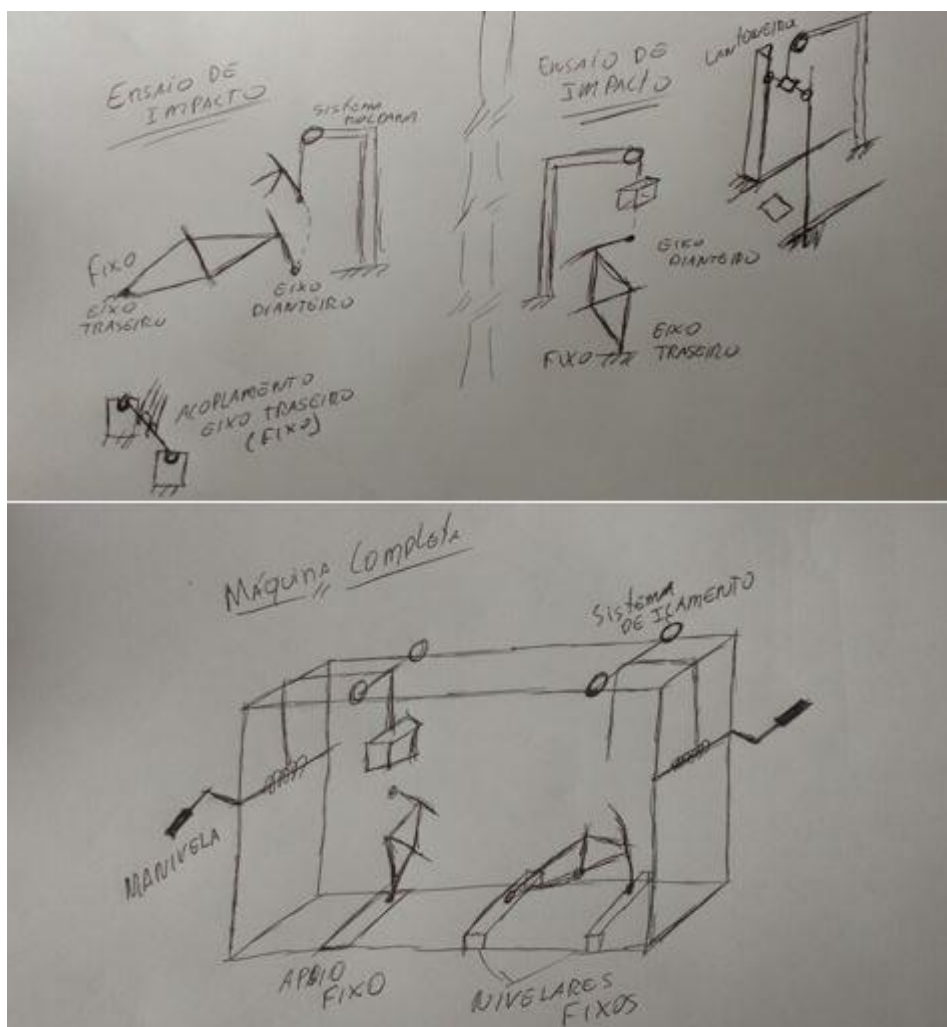


Fonte: Autoria própria.2017.

Após a compreensão do trabalho em questão, foram estabelecidos algumas características e limitações, os quais o projeto deve seguir. A principal característica da bancada é que seja capaz de realizar os dois ensaios (impacto e de queda) na

mesma base estrutural, para isso foi feita várias interações de desenhos, a fim de buscar uma forma compactada da mesma, como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Esboços e concepções iniciais do projeto



Fonte: Autoria própria. 2017.

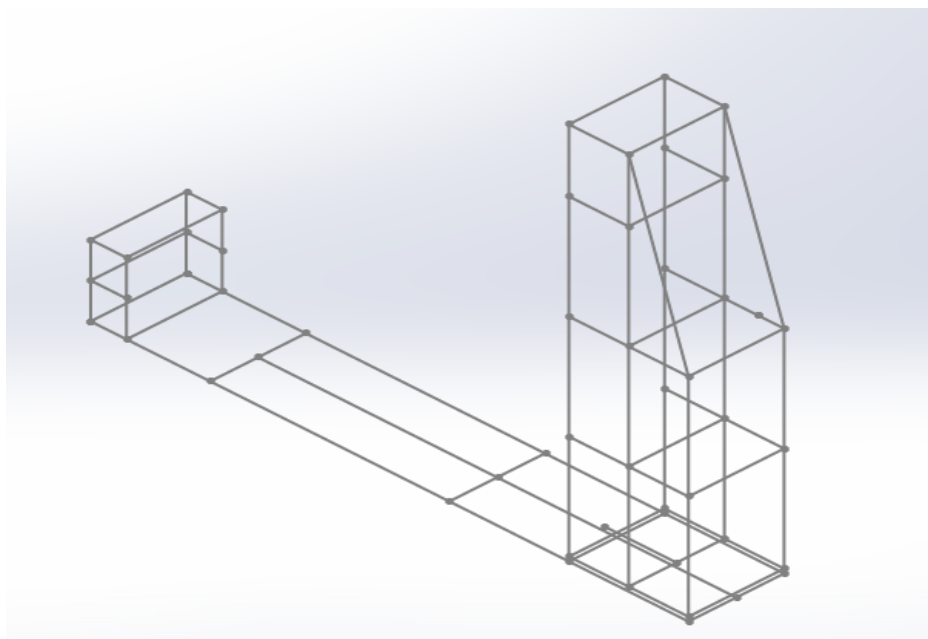
Todos os desenhos preliminares foram baseados em bancadas e equipamentos auxiliares que estão em funcionamento em laboratórios credenciados para realizar esses tipos de ensaios. Exemplo disso foram os equipamentos do laboratório da ABIMOTA em Portugal. Em seguida os desenhos foram analisados com o intuito de apresentar tanto os pontos negativos quanto positivos para o projeto.

Um dos pontos negativos apontados foi que os ensaios eram realizados em equipamentos separados, ou seja, existia uma bancada para ensaio de impacto e outra para ensaio de queda. Isto fazia com que o equipamento ocupasse mais espaço

dentro do laboratório. Os aspectos positivos foram incorporados ao novo projeto, como por exemplo: as fixações dos eixos traseiros do quadro da bicicleta, o sistema de içamento e de guia do peso utilizado no ensaio de impacto.

Com isso foi feita algumas alterações até conseguir a estrutura ideal e inovadora para a realização dos ensaios propostos, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Configuração final da bancada de ensaios em CAD.



Fonte: Autoria própria. 2017.

Um dos métodos utilizado para verificar se realmente a bancada está apta a suportar os esforços provocados pelos ensaios de impacto e de queda, é a utilização do método de elementos finitos (FEM), que tem o objetivo de validar a bancada antes do processo construtivo, evitando assim desperdiços de materiais e tempo.

O método de elementos finitos consiste em diferentes métodos numéricos que aproximam a solução de problemas de fronteiras descritos tanto por equações diferenciais quanto por equações diferenciais parciais através da subdivisão da geometria do problema em elementos menores, chamados elementos finitos, nos quais a aproximação da solução exata pode ser obtida por interpolação de uma solução aproximada.

Na etapa seguinte foi estabelecidos os materiais e os métodos do processo construtivo. Primeiramente, foi definido o material que iria compor o corpo estrutural

da bancada, para isso o material deve possuir características capazes de suportar os esforços gerados pelos ensaios. Além de considerar as propriedades mecânicas do material, foi importante destacar a facilidade de obtenção e o custo no mercado local. Com o intuito de atender os requisitos acima, foi adotado o tubo de aço carbono SAE 1020 de perfil quadrado.

A partir disso, deu-se início ao processo de detalhamento do projeto. Com o principal material já escolhido, identificou-se que necessitava de outros componentes auxiliares para poder realizar os ensaios conforme as normas regulamentadoras. Então surgiu a necessidade de inserir no projeto: roldanas de náilon, “trilhos” feitos por cantoneiras (perfil L), guincho manual catracado com pino de segurança e dentre outros. Todos esses componentes auxiliares são de suma importância durante a execução dos ensaios.

Além de identificar os componentes auxiliares, foi discutido e estudado como ocorreria o processo construtivo da bancada. Um dos requisitos levantado foi que a construção seja “rápida”, tenha um bom acabamento e que os equipamentos utilizados sejam de fácil acesso.

Com isso, o processo construtivo iniciou-se com a aquisição do principal material, neste caso o aço carbono SAE 1020, em seguida partiu-se para a fase de corte dos componentes estruturais utilizando a poliacete devido sua rapidez e bom acabamento, e depois disso os componentes foram lixados e todas as imperfeições como as rebarbas foram eliminadas.

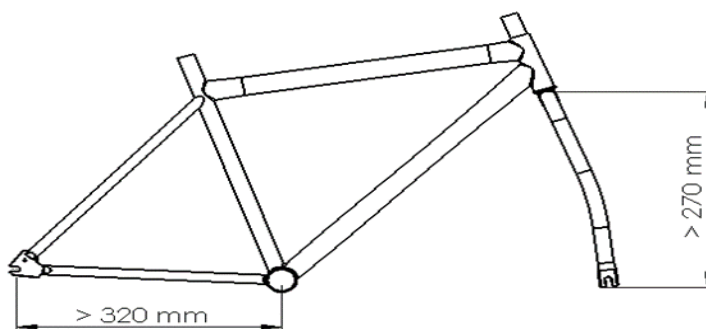
Após o corte, seguiu-se para o processo de soldagem das peças que formam o corpo da bancada. A união das peças deu-se utilizando o aparelho de soldagem MIG/MAG. E por último ocorreu a inserção dos componentes auxiliares.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A bancada de ensaios de impacto e de queda em quadro e garfo de bicicletas é um equipamento desenvolvido para ensaiar conjunto quadro e garfo em estudo, ou seja, se o conjunto está apto a compor o produto final (bicicleta). Para se obter uma bancada para tal finalidade, a mesma deve atender os requisitos de normas regulamentadoras para que se tenha uma bancada confiável e que possa produzir resultados satisfatórios.

A partir disso, o presente trabalho teve como base as normas ABNT NBR 14714:2013 e a ISO/FDIS 4210-6:2014. Ambas as normas apresentam restrições e diretrizes para a realização dos ensaios, sendo uma delas admitida como ponto de partida o qual é apresentado pela norma ABNT NBR 14714:2013 que afirma que apenas os quadros que possuem uma distância mínima de 320 mm entre o centro do eixo da roda traseira e o centro do eixo da pedivela, e os garfos que possuem uma distância de 270 mm entre o centro do eixo e a parte inferior do canote do garfo, estão aptos a realizar com segurança os ensaios propostos, como visto na Figura 12.

Figura 10 – Distâncias mínimas para realização dos ensaios.



Fonte: Autoria própria. 2017.

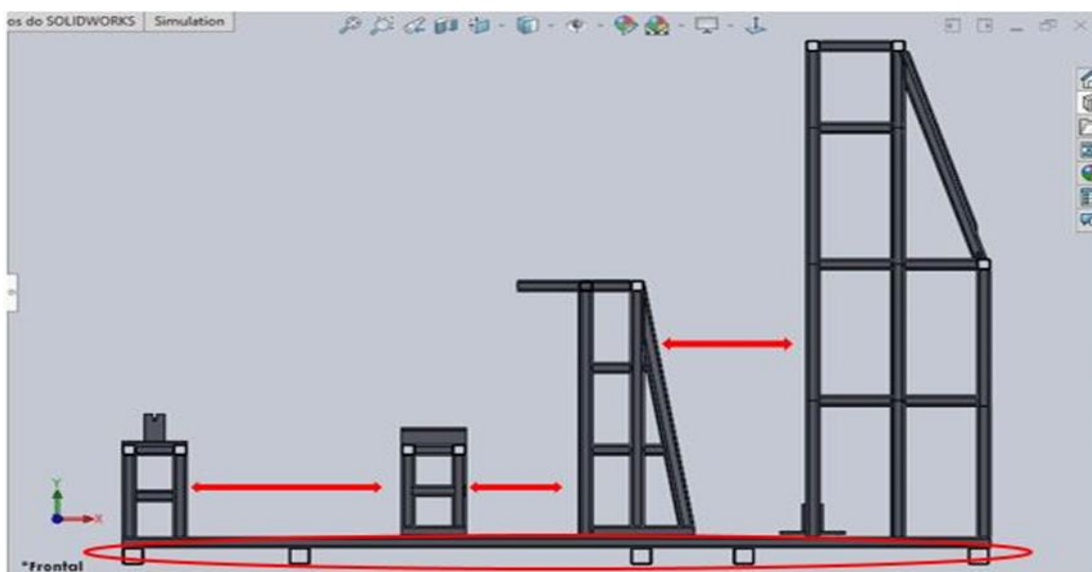
Com base nessas medidas restritivas foi elaborado um conjunto quadro e garfo em modelagem 3D no software Solidworks, adotando medidas reais de uma bicicleta de modelo adulta, nos mesmo moldes da Figura 10.

Isso ajudou a definir os espaçamentos necessários entre cada “torre” de treliça da bancada, a fim de a bancada seja capaz de realizar os dois ensaios com mais praticidade e rapidez, ou seja, cada ensaio tem seu espaço respeitado, com isso

não é necessário retirar nenhum componente para poder realizar algum ensaio.

Com a distribuição definida das “torres” de treliça, foi possível identificar os apoios de sustentação necessários no solo, para haver um equilíbrio das reações dos esforços e também evitar que alguns componentes estruturais formadores da base sofram deflexão, como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Distribuição das “torres” e apoios de sustentação.

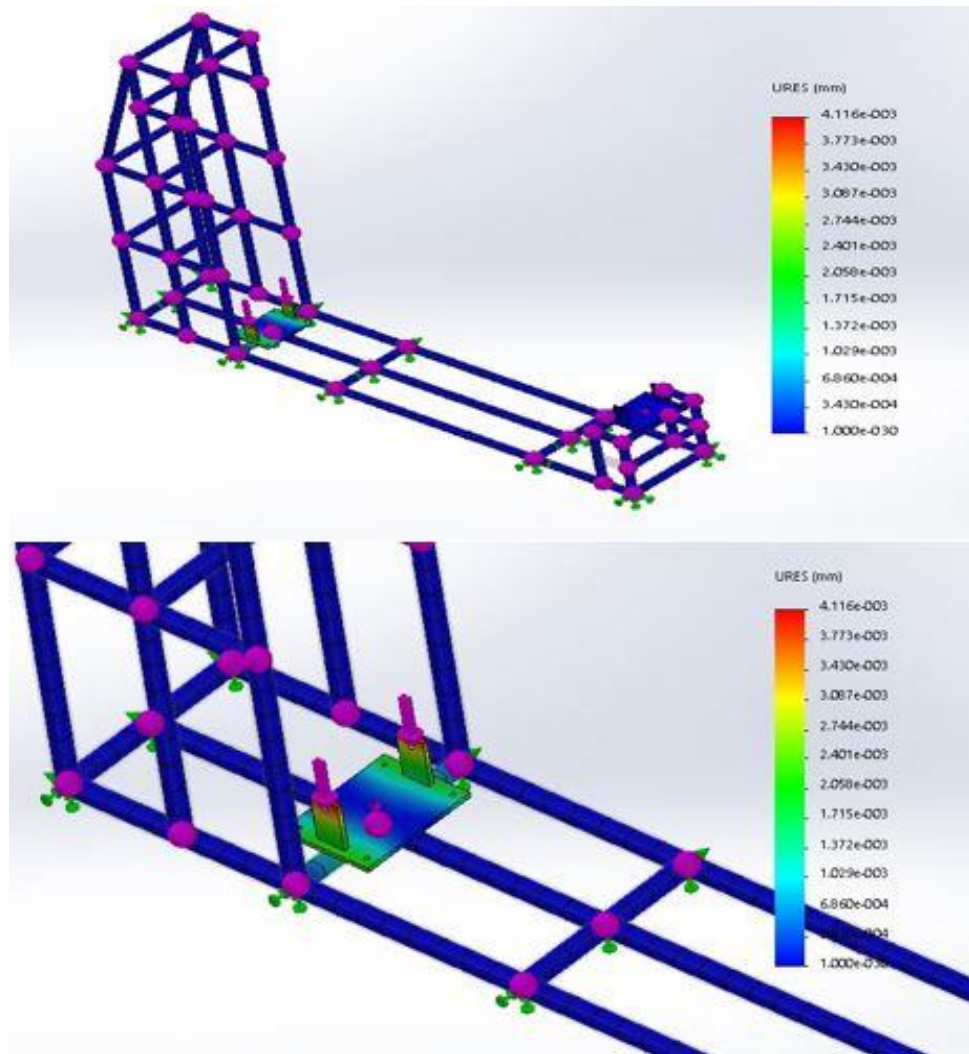


Fonte: Autoria própria. 2017.

Ao final foram realizadas simulações com o objetivo de mostrar se as escolhas do tipo e perfil de material suportam os esforços sofridos durante as realizações dos ensaios de impacto e de queda como mostra as Figuras 12 e 13. A bancada não poderá mostrar nenhum tipo de deformações permanentes, pois isso poderá afetar os resultados em relação aos ensaios propostos.

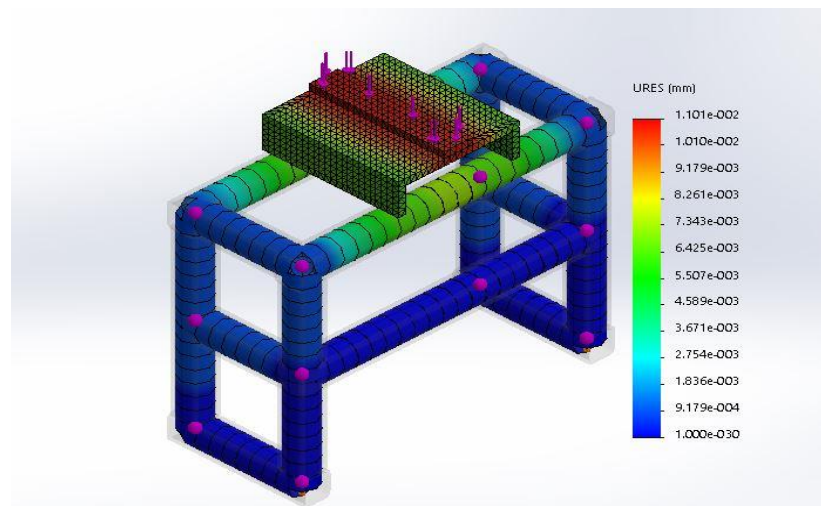
As Figura 12 e 13 mostram as simulações dos esforços atuantes no ensaios de impacto e de queda, respectivamente sobre a estrutura da bancada utilizando elementos finitos. Após essas simulações pode-se observar que a máxima deformação sofrida pelo suporte de fixação do eixo traseiro foi 0,00411 mm durante o ensaio de impacto. Já a máxima deformação sofrida durante o ensaio de queda foi 0,011 mm, ressaltando que foi utilizado uma carga elevada (700 N), que pelo visto nas normas não é aplicado uma carga desta magnitude, pois a carga real aplicada é menor que um massa de 70 kg (equivalente a uma pessoa adulta).

Figura 12 – Simulação dos esforços do ensaio de impacto na bancada.



Fonte: Autoria própria. 2017.

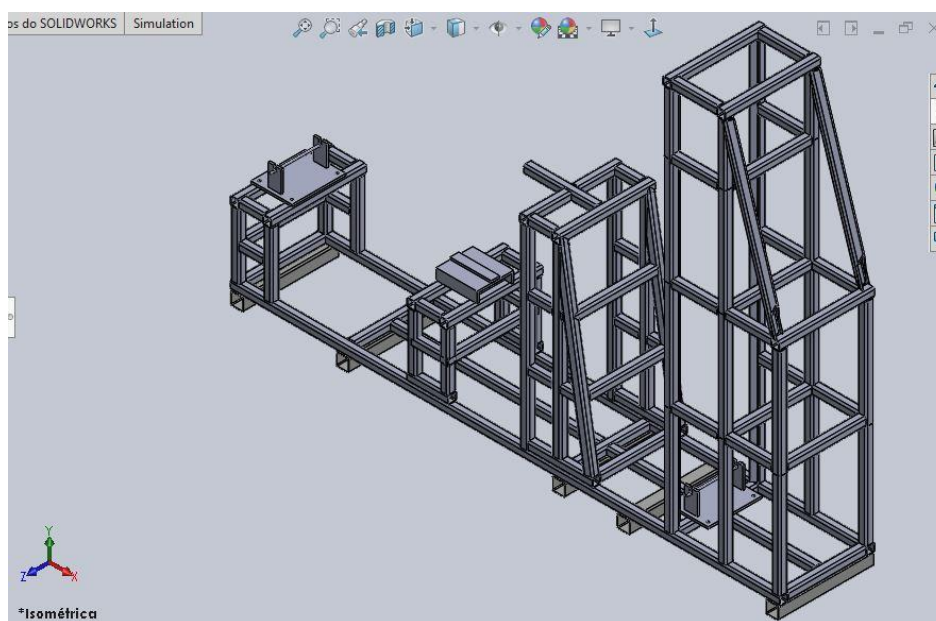
Figura 13 – Simulação dos esforços do ensaio de queda na bancada.



Fonte: Autoria própria. 2017.

Assim, após as análises estruturais por meio de elementos finitos, levando em consideração os critérios de resistência e fácil obtenção no mercado local, foi selecionado aço carbono SAE 1020 com perfil 40 x 40 x 2 mm para ser o principal componente estrutural. Por fim, foi possível chegar a uma configuração final da bancada de ensaios, como pode ser visto na Figura 14.

Figura 14 – Vista isométrica da bancada de ensaios.



Fonte: Autoria própria. 2017.

Com o material estrutural adquirido, foi realizado os cortes das peças de aço carbono SAE 1020 de acordo com a Tabela 5. Os cortes foram realizados pela máquina policorte com um disco de serra de 12", a fim de obter cortes perpendiculares com bom acabamento e com mais rapidez.

Tabela 5 – Quantidade e metragem dos componentes estruturais de aço carbono SAE 1020

Componentes	Comprimento(mm)	Quantidade
Barra 1	2540	2
Barra 2	360	14
Barra 3	960	1

Barra 4	460	2
Barra 5	300	8
Barra 6	110	14
Barra 7	440	8
Barra 8	1780	4
Barra 9	210	12
Barra 10	980	2
Barra 11	796,5	2
Barra 12	900	2
Barra 13	860	2
Barra 14	297	2
Barra 15	330	1
Barra 16	200	2
Barra 17	904	2

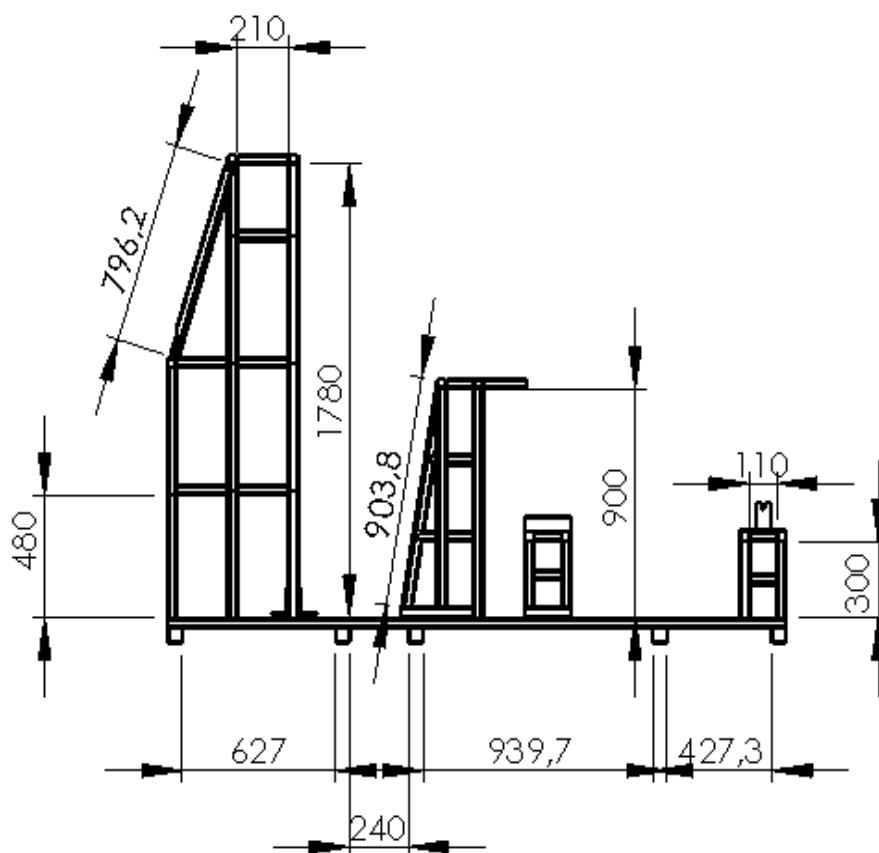
Fonte: Autoria própria. 2017.

Após o processo de corte, todas as peças foram lixadas para eliminar as rebarbas originadas durante o corte e averiguadas em relação ao seu tamanho e suas bordas.

Realizados os cortes e separados os componentes por tamanho, iniciou-se o processo de soldagem das peças, nesse procedimento foi utilizado o aparelho de soldagem MIG/MAG. Neste processo de soldagem foi utilizado como combustível Argônio e um carretel de arame de 15 kg, sendo o diâmetro do arame 1,8 mm. Para a realização da solda foi necessário o uso do gabarito de madeira, a fim de manter as peças posicionada corretamente, sempre alinhadas e perpendiculares.

Após soldar toda estrutura conforme o projeto detalhado, demonstrado pela Figura 18. Começou a inserção dos dispositivos auxiliares, por exemplo posicionar o guincho manual catracado nos suportes treliçados fixos dos ensaio de impacto e no de queda; fixar as roldanas de náilon para manter alinhado os cabos de sustentação responsáveis para erguer o sistema de peso durante o ensaio de impacto, e levantar o conjunto quadro e garfo pelo eixo dianteiro durante o ensaio de queda.

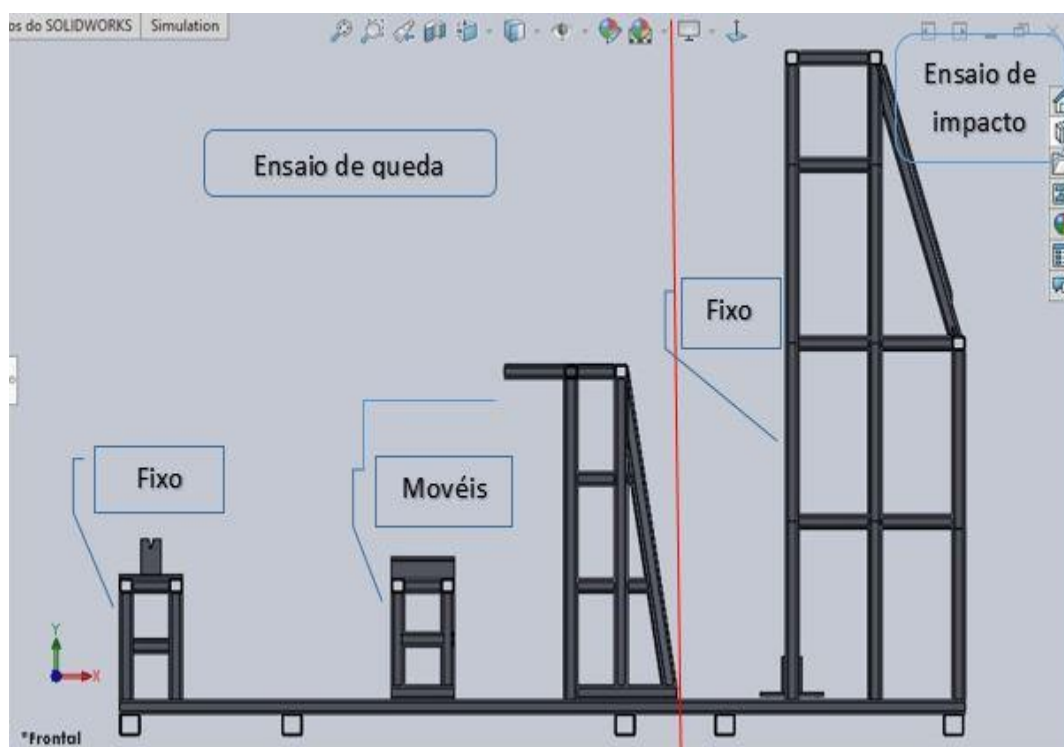
Figura 15 – Projeto detalhado, visão frontal.



Fonte: Autoria própria. 2017.

Por último foi realizado o posicionamento do sistema de peso de 22,5 kg utilizado no ensaio de impacto, onde o mesmo deve correr por duas cantoneiras (perfil L), a fim de proporcionar que o impacto aconteça exatamente no eixo dianteiro do conjunto quadro e garfo da bicicleta, onde neste local existe um cilindro abaulado de massa de 1 kg, feito para receber o choque.

Além disso, foi realizado o posicionamento da estrutura de apoio do ensaio de queda, pois o mesmo é móvel e deve ser posicionada de acordo com o tipo de bicicleta que será ensaiada (adultas, mountain bike e passeio). Isso acontece porque as distâncias entre os eixos dianteiro e traseiro são diferentes para cada tipo de bicicleta. Então, a bancada é composta por componentes fixos e móveis, como pode ser visto na Figura 16.

Figura 16 – Ensaio de impacto e de queda

Fonte: Autoria própria. 2017.

Com cada componente posicionado, pode-se realizar o acabamento final da bancada de ensaios. Toda estrutura de aço carbono foi lixada e pintada para evitar ou diminuir os efeitos corrosivos nos componentes de metais, com o intuito de prolongar a vida útil da bancada. Os orifícios dos perfis de toda estrutura da bancada foram preenchidos por tampões, afim de manter um bom padrão estético.

5 CONCLUSÃO/ CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer deste trabalho, foi possível conhecer alguns conceitos e análises que assentam em relação ao processo de elaboração e construção de projetos mecânicos. Percebeu-se que o projeto da bancada de ensaios de impacto e de queda para o conjunto quadro e garfo de bicicleta é de fundamental importância para que se possa obter uma bicicleta segura e confiável. Além disso, a indústria de bicicleta regional terá um grande benefício com um laboratório equipado com essa bancada de ensaios, assim poderá reduzir seus custos e melhorar ainda mais qualidade dos produtos.

Materiais e processos de fabricação do conjunto quadro e garfo da bicicleta tem grande influência no seu desempenho. Atualmente, a indústria está aplicando novos materiais cada vez mais resistentes e mais leves, e às vezes não se conhece tão bem o comportamento desses materiais durante as atividades requisitadas.

Outro problema que pode surgir, é durante o processo de fabricação, ou seja, pode ocorrer alguma falha na soldagem, em algum elementos de fixação ou em outros componentes. Então, é muito importante que os produtos passem por uma série de ensaios e testes para comprovar a qualidade do material e seus processos de fabricação. A bancada de ensaios de queda e de impacto foi projetada para reforçar e garantir que o produto final que será entregue ao consumidor tenha garantia de segurança, comodidade e confiabilidade.

Para que a bancada de ensaios garanta esses compromissos, a mesma passou por uma metodologia de projetos, o qual garante que a bancada passe por etapas conceituais, análises, verificações, interações e aprovações até chegar ao produto final. Com isso, está bancada foi elaborada obedecendo as normas regulamentadoras ABNT NBR 14714:2013 e ISO/FDIS 4210-6:2014.

Muitas características podem ser alteradas na bancada de ensaios afim de melhorar a execução dos testes, pois neste trabalho foi apresentado uma bancada de ensaios inovadora capaz de realizar os ensaios de impacto e de queda no conjunto quadro e garfo de bicicleta.

Como trabalhos futuros seria interessante, analisar os resultados dos ensaios propostos e se a execução dos ensaios ocorreram conforme planejado.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares – Abraciclo. Disponível em: < <http://www.segs.com.br/veiculos/31471-ciclismo-urbano-aquece-setor-de-bikes-no-brasil.html> >. Acessado em: 5 de agosto de 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14714: Veículo de duas rodas – Bicicleta – Quadro e garfo rígido – Requisitos de segurança. 2 ed. Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira do Setor de Bicicletas (Aliança Bike). Disponível em:< <http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=139987> >. Acessado em: 2 de agosto de 2017.

BUDYNAS, R. G.; Nisbett, J. K. Elementos de Máquinas de Shigley: projeto de engenharia mecânica. 8 ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Emissão Veiculares no Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2016.

Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo. Mapa da Infraestrutura Cicloviária. Disponível em: < <http://www.cetesp.com.br/consultas/bicicleta/mapa-de-infraestrutura-cicloviaria.aspx> >. Acessado em 28 de julho de 2017.

Final Draft International Standard. ISO 4210-6: Cycles – Safety requirements for bicycles – Part 6: Frame and fork test methods. 1 ed. Geneva, 2014.

GARCIA, A.; Spim, J. A.; Santos, C. A. Ensaios dos Materiais. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

GUPTA, V. The Bicycle Story. Nodia – India: Vigyan Prasar, 2015.

Ministerio do Esporte. Pesquisa mostra que 46% da população é sedentária. Disponível em: < <http://www.brasil2016.gov.br/pt-br/megaeventos/casabrasil/pesquisa-mostra-que-46-da-populacao-e-sedentaria> >. Acessado em: 2 de agosto de 2017.

NORTON, R. L. Projeto de Máquinas: uma abordagem integrada. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

Observatório do Clima. Estado de SP emite 7,7% dos gases poluentes no Brasil. Disponível em: < <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2016/10/estado-de-sp-emite-77-dos-gases-poluentes-no-brasil-aponta-estudo.html> >. Acessado em: 2 de agosto de 2017.

RIBEIRO, D. M. Tecnologia da Solda. Rio de Janeiro, 2000. (Apostila).

**ANEXO A - NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 14714:2013 (VEÍCULO DE
DUAS RODAS – BICICLETA – QUADRO E GARFO RÍGIDO – REQUISITOS
DE SEGURANÇA)**

BRAZILIAN STANDARD

ABNT NBR 14714

Second Edition (B1, 11, 2013)

Valid from: 10.11.2013

Two-wheeled vehicle — Bicycle — Frame and rigid fork — Safety requirements

Two-wheeled vehicle — Bicycle — Bicycle frame and rigid fork —
Safety requirement

ICS 43.150

ISBN 978-85-07-04485-7



Reference number
ABNT NBR 14714:2013
8 pages

ABNT NBR 14714:2013

Summary	Page
Foreword.....	4
1 Scope.....	5
2 Test methods.....	5
2.1 Weight against the frame impact test (destructive).....	5
2.2 Frame drop test (destructive).....	7
2.3 Rigid fork fatigue test (destructive).....	8
Figures	
Figure 1 - Pulling assembly – Impact test.....	8
Figure 2 - Drop test.....	7
Figure 3 - Fork fatigue test.....	8
Table	
Table 1 - Frame and rigid fork deformation limit.....	8

ABNT NBR 14714:2013

Foreword

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) is the National Forum for Standardization. The Brazilian Standards, whose content is the responsibility of the Brazilian Committees (ABNT / CB), Sectoral Standardization Bodies (ABNT / ONS) and Temporary Special Study Committees (ABNT / CEET), are drawn up by Study Groups (EC) formed by representatives of the sectors involved, including: producers, consumers and neutral parties (universities, laboratories and others).

ABNT Technical Documents are drafted in accordance with the rules of ABNT Directives Part 2.

~~Associação Brasileira de Normas Técnicas~~ (ABNT) draws attention to the possibility that some of the elements of this document may be subject to patent rights. ABNT shall not be considered responsible for the identification of any patent rights.

The ABNT NBR 14714 was drafted at the Brazilian Automotive Committee (ABNT/CB-05), by the Bicycle Study Commission (EC-05:109.01). The Project circulated for National Consultation in accordance with Public Notice ~~06~~ 05, from 05.15.2013 to 07.15.2013, with ABNT Project number NBR14714.

This second edition cancels and replaces the previous edition (ABNT NBR 14714: 2001), which has been technically revised.

The scope of this Brazilian Standard in English is as follows:

Scope

This Standard specifies safety requirements for frame and rigid fork for general use, in bikes that provide distance between the ~~axles~~ of the rear axle to the center of the crank shaft, more than 320 mm.

Two-wheeled vehicle — Bicycle — Frame and rigid fork — Safety requirements

1 Scope

This Standard specifies the security requirements for frame and rigid fork to be used in general purposes bicycles.

The frame shall present a distance between the rear wheel axle center and the crankset spindle center greater than 320 mm.

The rigid fork shall present a distance between the axle center and the lower part of the fork stem greater than 270 mm.

2 Test methods

Destructive tests shall be conducted after non-destructive tests, in order to make a better use of the specimens.

Two or more destructive tests cannot be accumulated in only one sample.

A destructive test can only be conducted on an exclusive sample or on a sample previously submitted to one or more non-destructive tests, provided that it is done at last.

When the manufacturer does not provide a rigid fork to conduct the test, a rigid steel bar with compatible dimensions and strength can be used, simulating the bicycle fork. The bar shall be mounted to the frame and shall have appropriate constructive characteristics, so as not to impact on the test result.

When the manufacturer provides a fork with suspension for conducting the test, it shall be locked and free of compression load.

For a frame with rear damping system, the test shall be conducted with a rigid bar with the same length of the bumper.

The process of identifying visible signs of fracture shall be conducted using the liquid penetrant test method.

2.1 Weight against the frame impact test (destructive)

After completion of the test, the frame shall not present visible signs of fracture and/or permanent deformation, i.e. the dimensional difference measured between the front and rear wheels line center shall be in accordance with Table 1.

Table 1- Frame and rigid fork deformation limit

Test component	Permanent deformation mm
Fork (supplied)	≤ 40
Steel bar	≤ 10

When the test is conducted with fork, a roller, of 1 kg mass (maximum) and dimensions in accordance with Figure 1, shall be attached to the fork. The mounted assembly shall be vertically positioned and the rear dropouts attached to the axle of the rigid support, in accordance with Figure 1.

A mass of 22.5 kg shall fall freely from a height of 180 mm on the roller at one point of alignment between the center lines of the wheels and against the roller, or rigid bar.

Dimensions in millimeters

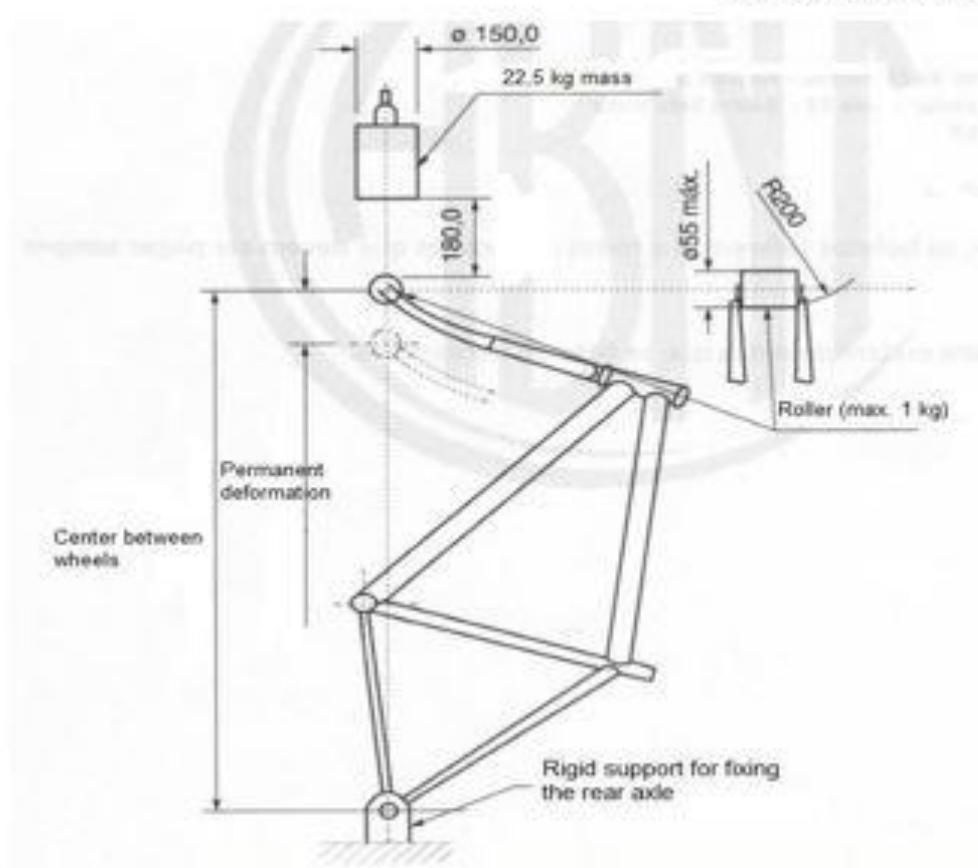


Figure 1- Falling Assembly – Impact test

ABNT NBR 14714:2013

2.3 Rigid fork fatigue test (destructive)

To conduct this test, the fork shall not have been used on tests 2.1 and 2.2.

The fork shall be mounted to a rigid device to represent the frame headset and shall be properly attached to the steering movement assembly (see Figure 3).

When the manufacturer does not provide a steering movement assembly to conduct the test, an equivalent device with appropriate design characteristics can be used, so as not to impact on the test result.

A dynamic and cyclic displacement force - above and below the origin point - shall be applied at the center of an axle attached to the tips and in perpendicular direction of the fork stem in the front wheel central plan, as shown in Figure 3.

Apply a force of +450 N and -450 N during 100.000 cycles.

The test frequency shall be between 6 Hz - 10 Hz.

After completion of the test, the fork shall not contain visible signs of cracks and/or fracture.

The force applied shall vary between 0 and + 5% of its nominal value, as determined by national and international calibration procedures.

Dimensions in millimeters



Fork fatigue test

**ANEXO B - NORMA INTERNACIONAL ISO/FDIS 4210-6:2014 (CYCLES –
SAFETY REQUERIMENTS FOR BICYCLES – PART 6: FRAME AND FORK
TEST METHODS).**

Cycles — Safety requirements for bicycles —

Part 6: Frame and fork test methods

1 Scope

This part of ISO 4210 specifies the frame and fork test methods for ISO 4210-2.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 4210-1, *Cycles — Safety requirements for bicycles — Part 1: Terms and definitions*

ISO 4210-2:2014, *Cycles — Safety requirements for bicycles — Part 2: Requirements for city and trekking, young adult, mountain and racing bicycles*

ISO 4210-3:2014, *Cycles — Safety requirements for bicycles — Part 3: Common test methods*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO 4210-1 apply.

4 Frame test methods

4.1 Frame — Impact test (falling mass)

4.1.1 General

Manufacturers of frames are permitted to conduct the test with a dummy fork (see [Annex A](#)) fitted in place of a front fork.

Where a frame is convertible for male and female riders by the removal of a bar, test it with the bar removed.

Where a suspension fork is fitted, test the assembly with the fork extended to its unloaded free length. Where a rear suspension system is incorporated in the frame, secure the suspension in a position equivalent to that which would occur with an 80 kg rider seated on the bicycle. For young adult bicycles, secure the suspension in a position equivalent to that which would occur with a 40 kg rider seated on the bicycle; if the type of suspension system does not permit it to be locked, then replace the spring/damper unit by a solid link of the appropriate size and with end fittings similar to those of the spring/damper unit.

4.1.2 Test method

Assemble a roller of mass less than or equal to 1 kg and with dimensions conforming to those shown in [Figure 1](#) in the fork. The hardness of roller shall be not less than 60 HRC at impact surface. If a dummy

ISO/FDIS 4210-6:2014(E)

fork is used in place of a fork, the bar shall have a rounded end equivalent in shape to the roller. Hold the frame-fork or frame-bar assembly vertically with clamping to a rigid fixture by the rear-axle attachment points as shown in [Figure 1](#).

Rest a striker of mass 22,5 kg on the roller in the fork dropouts or on the rounded end of the dummy fork and measure the wheelbase. Raise the striker to a height of h_1 above the low-mass roller and release it to strike the roller or the steel bar at a point in line with the wheel centres and against the direction of the fork rake or rake of the bar. The drop heights are given in [Table 1](#). The striker will bounce and this is normal. When the striker has come to rest on the roller or dummy fork, measure the wheelbase again.

If the fork fails, the frame shall be tested with a dummy fork.

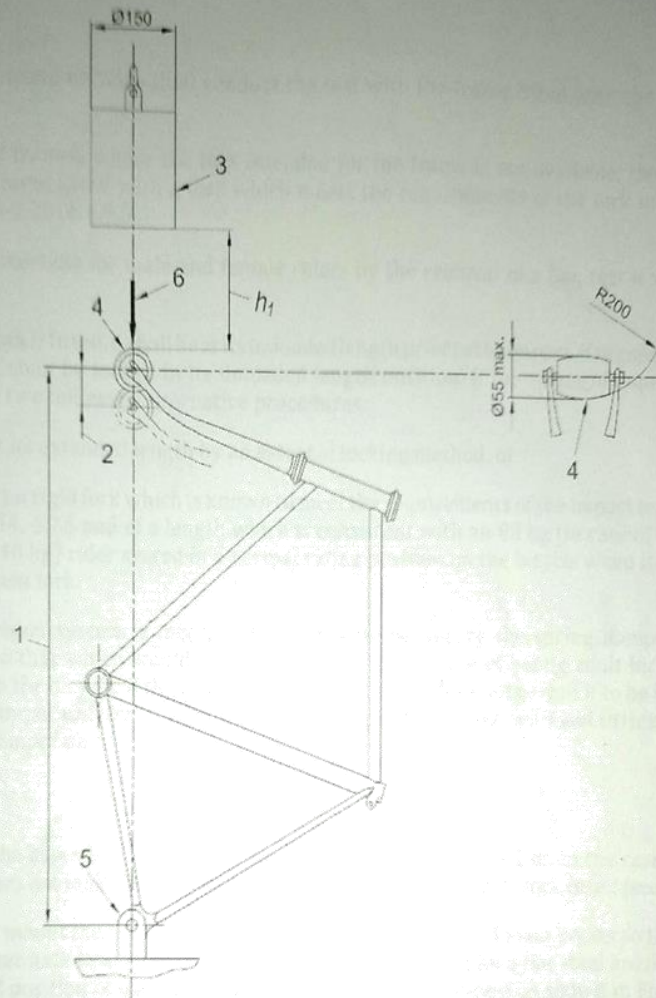
NOTE See ISO 4210-3:2014, Annex B.

Table 1 — Drop heights

Dimensions in millimetres

Bicycle type	City and trekking bicycles	Young adult bicycles	Mountain bicycles	Racing bicycles
Drop height, h_1	180	180	360	212

Dimensions in millimetres



Key

- h_1 drop height
- 1 wheelbase
- 2 permanent deformation
- 3 22,5 kg striker
- 4 low-mass roller (1 kg max.)
- 5 rigid mounting for rear-axle attachment point
- 6 direction of rearward impact

Figure 1 — Frame and front fork assembly — Impact test (falling mass)

4.2 Frame and front fork assembly — Impact test (falling frame)

4.2.1 General

Manufacturers of complete bicycles shall conduct the test with the frame fitted with the appropriate front fork.

For manufacturers of frames, where the fork intended for the frame is not available, the test can be conducted with the frame fitted with a fork which meets the requirements of the fork impact test as described in ISO 4210-2:2014, 4.9.5.

Where a frame is convertible for male and female riders by the removal of a bar, test it with the bar removed.

Where a suspension fork is fitted, it shall be at its unloaded length prior to the impact. If the spring/damper unit can be locked, it shall be locked in its unloaded length position. If the spring/damper cannot be locked, use one of the two following alternative procedures:

- secure the fork at its extended length by an external locking method, or
- replace the fork by a rigid fork which is known to meet the requirements of the impact test described in ISO 4210-2:2014, 4.9.5 and of a length which is consistent with an 80 kg (in case of young adult bicycles, apply a 40 kg) rider seated in a normal riding position on the bicycle when it is equipped with the suspension fork.

Where a rear suspension system is incorporated in the frame, secure the spring/damper unit in a position equivalent to that which would occur with an 80 kg (in case of young adult bicycles, apply 40 kg) rider seated on the bicycle; if the type of suspension system does not permit it to be locked, then replace the spring/damper unit by a solid link of the appropriate size and with end fittings similar to those of the spring/damper unit.

4.2.2 Test method

Conduct the test on the assembly used for the test in ISO 4210-2:2014, 4.8.2 or, in the case of a frame manufacturer who does not make forks, with the same frame with a suitable fork fitted (see 4.2.1).

As shown in Figure 2, mount the frame-fork assembly at its rear axle attachment points so that it is free to rotate about the rear axle in a vertical plane. Support the front fork on a flat steel anvil so that the frame is in its normal position of use. Securely fix mass M_1 to the seat-post as shown in Figure 2 with the centre of gravity at distance D (≈ 75 mm) along the seat-post axis from the insertion point, and fix masses of M_2 and M_3 (Table 2) to the top of the steering head and the bottom bracket, respectively, as shown in Figure 2.

Measure the wheelbase with the three masses in place. Rotate the assembly about the rear axle until the distance between the low-mass roller and the anvil is h_2 , then allow the assembly to fall freely to impact on the anvil.

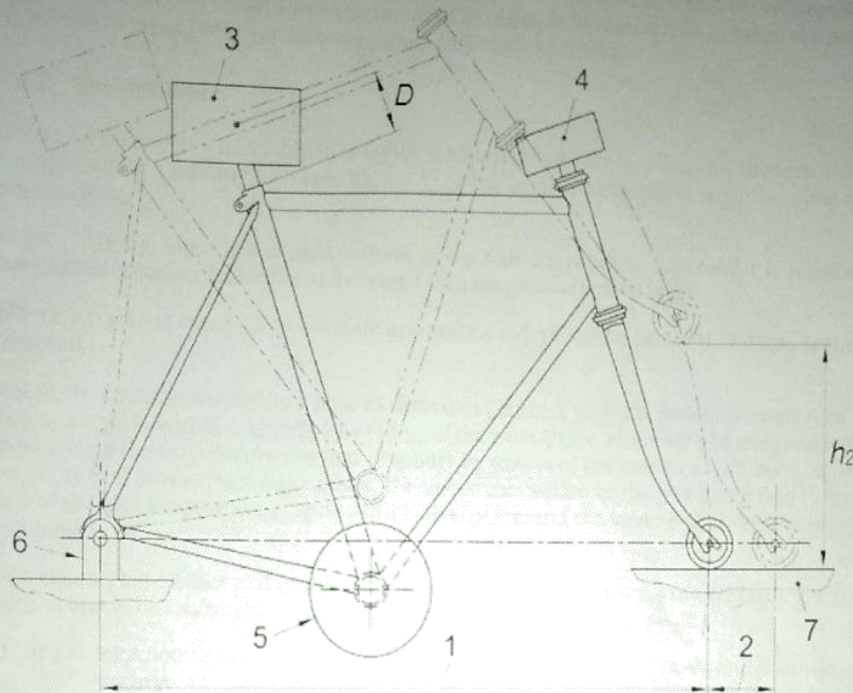
Repeat the test and then measure the wheelbase again with the three masses in place and the roller resting on the anvil.

Table 2 — Drop heights and distribution of masses at seat post, steering head, and bottom bracket

Bicycle type	City and trekking bicycles	Young adult bicycles	Mountain bicycles	Racing bicycles
Mass 1 Seat-post, M_1 kg	50	40	30	30
Mass 2 Steering head, M_2 kg	10	10	10	10
Mass 3 Bottom bracket, M_3 kg	30	20	50	50
Drop height, h_2 mm	200	200	300	200

ISO/FDIS 4210-6:2014(E)

Dimensions in millimetres

**Key**

- 1 wheelbase
- 2 permanent deformation
- 3 mass 1 (M_1)
- 4 mass 2 (M_2)
- 5 mass 3 (M_3)
- 6 rigid mounting for rear-axle attachment point
- 7 steel anvil
- D distance to the centre of gravity (75 mm)

Figure 2 — Frame and front fork assembly — Impact test (falling frame)**4.3 Frame — Fatigue test with pedalling forces****4.3.1 General**

All types of frame shall be subjected to this test.

In tests on suspension frames with pivoted joints, adjust the spring, air pressure, or damper to provide maximum resistance, or, for a pneumatic damper in which the air pressure cannot be adjusted, replace the suspension unit with a rigid link, ensuring that its end fixings and lateral rigidity accurately simulate those of the original unit. For suspension frames in which the chain stays do not have pivots but rely on flexing, ensure that any dampers are set to provide the minimum resistance in order to ensure adequate testing of the frame.

ISO/FDIS 4210-6:2014(E)

Where a suspension frame has adjustable brackets or linkages to vary the resistance of the bicycle against the ground-contact forces or to vary the attitude of the bicycle, arrange the positions of these adjustable components to ensure maximum forces in the frame.

4.3.2 Test method

Use a new frame/fork assembly fitted with standard head tube bearings for the test. The front fork can be replaced by a dummy fork (see Annex A) of the same length and at least the same stiffness as the original fork.

NOTE If a genuine fork is used, failures of the fork are possible; therefore, it is recommended that for convenience, a dummy fork stiffer and stronger than the genuine fork be used.

Where a frame is convertible for male and female riders by the removal of a bar, test it with the bar removed.

Mount the frame assembly on a base as shown in Figure 3 with the fork or dummy fork secured by its axle to a rigid mount of height R_w (the radius of the wheel/tyre assembly ± 30 mm) and with the hub free to swivel on the axle. Secure the rear dropouts by means of the axle to a stiff, vertical link of the same height as that of the front, rigid mount, the upper connection of the link being free to swivel about the axis of the axle but providing rigidity in a lateral plane, and the lower end of the link being fitted with a ball-joint.

Fit a crank, chain wheel and chain assembly or, preferably, a strong, stiff, replacement assembly to the bottom bracket as shown in Figure 3 and described in item a) or b) below.

- If a crank/chain-wheel assembly is used, incline both cranks forwards and downwards at an angle of 45° (accurate to within $\pm 2,0^\circ$) to the horizontal and secure the front end of the chain to the middle chain wheel of three, the smaller chain wheel of two, or the only chain wheel. Attach the rear end of the chain to the rear axle and perpendicular to the axis of the axle.
- If an adaptor assembly is used (as shown in Figure 3), ensure that the assembly is free to swivel about the axis of the bottom-bracket and that both replacement arms are 175 mm long (L) and that they are both inclined forwards and downwards at an angle of 45° (accurate to within $\pm 2,0^\circ$) to the horizontal. Secure the position of the crank replacement arms by a vertical arm (which replaces the chain wheel) and a tie rod which has ball joints at both ends and which is attached to the rear axle perpendicular to the axis of the rear axle. The length of the vertical arm (R_c) shall be 75 mm and the axis of the tie rod shall be parallel to and 50 mm from the vertical plane through the centreline of the frame.

Subject each pedal spindle (or equivalent adaptor component) to a repeated downward force of F_1 at a position 150 mm from the centreline of the frame in a vertical, transverse plane and inclined at $7,5^\circ$ (accurate to within $\pm 0,5^\circ$) to the fore/aft plane of the frame as shown in Table 3 and Figure 3. During application of these test forces, ensure that the force on a "pedal spindle" falls to 5 % or less of the peak force before commencing application of the test force to the other "pedal spindle".

Apply the test forces for 100 000 test cycles, where one test cycle consists of the application and removal of the two test forces. The maximum test frequency shall be maintained as specified in ISO 4210-3:2014, 4.5.

Table 3 — Forces on pedal spindle

Forces in newtons

Bicycle type	City and trekking bicycles	Young adult bicycles	Mountain bicycles	Racing bicycles
Force, F_1	1 000	1 000	1 200	1 100