

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA MECÂNICA

RODRIGO GUILHERME MARTINS

ACESSIBILIDADE PARA O PROJETO "METRÔ DO ASFALTO"

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO
2016

RODRIGO GUILHERME MARTINS

ACESSIBILIDADE PARA O PROJETO "METRÔ DO ASFALTO"

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Mecânico, do Departamento Acadêmico da Mecânica – DAMEC, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Celso Naves de Souza

CORNÉLIO PROCÓPIO
2015

Dedicatória

Dedico este projeto as minhas amizades que sempre estiveram ao meu lado não importando o momento e, principalmente, aos meus pais, que sempre me deram o suporte necessário para que eu pudesse estar realizando este projeto hoje.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Celso Naves, que viabilizou este trabalho através de seus ensinamentos dentro e fora da sala de aula, por ter aceitado de prontidão a ser meu orientador e por ter feito o possível para me ajudar na elaboração do trabalho mesmo em meio a situações adversas.

A todas as pessoas que, de alguma forma, participaram desse trabalho, como meus familiares e amigos me apoiando e incentivando.

É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

Esta monografia tem como foco principal a criação de um modelo de plataforma elevatória para cadeirantes a ser utilizada no projeto “Metrô do Asfalto”, dos alunos Caio Carmezini e Sérgio Endo. O desenvolvimento deste projeto iniciou-se no segundo semestre de 2015 e teve sua conclusão em Maio de 2016.

O levantamento deste trabalho levou em consideração as necessidades dos cadeirantes identificadas em um estudo de caso realizado na cidade de Londrina-PR, bem como os direitos previstos na Lei 7.853, de 24.10.1989 e normalizada pela ABNT NBR 15646.

Primeiramente, para assegurar a funcionalidade e eficiência da plataforma elevatória projetada, foi criado um check list abrangendo as principais dificuldades enfrentadas por pessoas portadoras de necessidades especiais no transporte público coletivo da cidade de Londrina, Paraná. Além de servir como base para o modelo criado, a intenção desta pesquisa foi identificar divergências entre o que consta nas normas de acessibilidade e o que é efetivamente imposto à população pelos órgãos e empresas responsáveis. Com isso, foi constatado que Londrina não possui um sistema completamente inclusivo de transporte público coletivo.

Por final, foi criado um modelo de plataforma elevatória que assegurasse verdadeiramente à toda a sociedade o pleno exercício de um de seus direitos básicos, o de ir e vir. Este elevador está completamente alinhado com o Metrô do Asfalto e, além disso, poderá ser adaptado para outros veículos conforme as particularidades de cada um.

Palavras-chave: NBR 15646. Plataforma elevatória. Acessibilidade. Ônibus.

ABSTRACT

This monography has as the main focus the creation of a elevator model through the software Soliworks for the project "Road Trail" by the students Caio Carmezini and Sérgio Endo. The development of this Project has begun in the second half of 2015, and it was finished in May, 2016.

For gathering data, it was considered the weelchair users necessities identified from an analysis made in the city of Londrina, state of Paraná, as well as the rights placed on the Law number 7.853, since 24.10.1989 and normalized by the ABNT NBR 15646.

First of all, in order to assure the efficiency and function of the lifting platforms, it was created a check list reaching the main difficulties faced by people with disabilities or reduced mobility in the public transportation system of Londrina. Besides being a base for the modeling, the intention of this survey was to identify the differences between what says the NBR 15646 and what the agencies and companies impose to people. With that, it was found that Londrina does not have a completely inclusive system of public transportation.

In the end, it was modeled a lifting platforms which truly assures to the whole society one of their first rights, the right to go anywhere by themselves. This platform is completely aligned to the "Road Trail", and, furthermore, it can also be adapted to other vehicles specific features.

Keywords: NBR 15646. Lifting platform. Accessibility. Bus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de Omnibus.	14
Figura 2: Omnibus em trilhos.	14
Figura 3: Omnibus elétrico do séc. XIX.	15
Figura 4: Omnibus elétrico do séc. XXI.	16
Figura 5: Gabarito para conferência de volume a ser considerado.	22
Figura 6: Representação tridimensional do gabarito.	23
Figura 7: Dimensões da escadaria.	24
Figura 8: Escadarias de acesso ao terminal.	26
Figura 9: Rampa de acesso ao terminal Vivi Xavier.	28
Figura 10: Rampa de acesso à bilheteria.	29
Figura 11: Rampa de acesso ao terminal Oeste.	30
Figura 12: Escadaria de acesso ao terminal Milton Gavetti em Londrina.	31
Figura 13: Rampas de meio fio em estado de abandono.	31
Figura 14: Corredores estreitos do Terminal Central de Londrina.	32
Figura 15: Plataforma elevatória em um veículo de médio porte.	34
Figura 16: Sequência de operações da plataforma.	38
Figura 17: Relação entre FMEA e confiabilidade.	41
Figura 18: Sequência seguida pelo Solidworks para chegar em conclusões de tensão e deformação.	43
Figura 19: Representação do somatório de integrais por um volume.	44
Figura 20: Exemplo de malha para análise de elementos finitos.	44
Figura 21: Tensão é a intensidade de uma força em determinada área.	45
Figura 22: Círculo de Mohr.	46
Figura 23: Círculo de Mohr para tensão uniaxial.	47
Figura 24: Análise de deslocamento, tensão e deformação da coluna.	49
Figura 25: Análise de deslocamento, tensão e deformação da base.	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Análise das não conformidades nos terminais urbanos de Londrina..... 36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:Tópicos em estudo.	35
Quadro 2:Modo de falha com abordagem funcional.	40
Quadro 3: Modo de falha com abordagem estrutural.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões a serem consideradas para a construção dos degraus.	24
Tabela 2: Exemplo de modos, tipos e causas de falha.	42

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 TRANSPORTE PÚBLICO.....	13
1.2 ACESSIBILIDADE	16
1.3 PROJETO METRÔ DO ASFALTO	18
1.4 OBJETIVO GERAL	18
1.5 OBJETIVO ESPECIFICO.....	19
1.6 JUSTIFICATIVA.....	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 ESTUDO DE CASO	20
2.2 NORMAS PARA PROJETO DE PLATAFORMA ELEVATÓRIA VEICULAR	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1 ESTUDO DE CASO SOBRE AS DIFICULDADES	26
3.1.1 TERMINAL URBANO 01.....	26
3.1.2 TERMINAL URBANO 02.....	28
3.1.3 TERMINAL URBANO 03.....	29
3.1.4 TERMINAL URBANO 04.....	30
3.1.5 TERMINAL URBANO 05.....	32
3.2 PLATAFORMAS ELEVATÓRIAS	33
3.2.1 ÔNIBUS DE MÉDIO PORTE.....	33
3.2.2 ÔNIBUS DE GRANDE PORTE.....	34
3.3 ANÁLISES CONJUNTAS DOS DADOS DO ESTUDO DE CASO.....	35
4. PLATAFORMA ELEVATÓRIA VEICULAR.....	37
4.1 ANÁLISE DE ESFORÇOS.....	39
4.1.1 FMEA – FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS.....	39
4.1.2 MODOS DE FALHA.....	41
4.1.3 ANÁLISE DE ESFORÇOS PELO SOFTWARE SOLIDWORKS	43
5. CONCLUSÃO FINAL	50
6. REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

1.1 TRANSPORTE PÚBLICO

Um dos assuntos mais comentados nos dias atuais no Brasil é a questão do transporte público urbano. Sendo alvo de muitas críticas, o sistema de transporte brasileiro é considerado precário, principalmente nas cidades de médio e grande porte, onde há um número maior de pessoas que necessitam deste serviço todos os dias. Isso é evidenciado pelas longas filas de espera, superlotação dos veículos, precariedade dos mesmos, etc.

Desde sempre houve uma preocupação da sociedade com a questão da mobilidade. Desde milhares de anos atrás, o homem utilizou de animais para facilitar sua locomoção, bem como o transporte de produtos a serem comercializados. Porém, foi somente em 1662, que surgiu o primeiro projeto de serviço de transporte público.

Com uma população de aproximadamente 150 mil habitantes, a cidade de Paris, na França, carecia de um serviço de transporte público que atendesse as demandas de uma sociedade em desenvolvimento. Foi quando, em 1662, o brilhante matemático francês Blaise Pascal projetou o primeiro sistema organizado de transporte público. Ainda neste tempo, eram utilizadas carruagens puxadas por cavalos. Este meio de locomoção ficava caro quando utilizado para grandes distâncias, porém era eficiente até aquele momento, pois as cidades eram compactas.

Ainda em Paris, em 1828, o transporte público reapareceu com os carruagens mais compridas que comportavam um número maior de pessoas. Embora este tipo de veículo já existia em Londres, foi em Nantes que ele foi batizado de omnibus ("para todos" em latim), nome este que originou o termo "ônibus", usado até os dias de hoje no Brasil. Este meio de locomoção, e o sistema de transporte, foi adotado em várias grandes cidades do mundo, como Londres e Nova York.

Figura 1: Modelo de Omnibus.



Fonte: New York Transit Museum

Em 1832, em Nova York, o carrinho puxado a cavalo foi posto em cima de trilhos. Porém, este sistema não se mostrou eficiente, pois os trilhos atrapalhavam a circulação de outros veículos. Problema resolvido em 1852 por um engenheiro francês que vivia em Nova York, que projetou os primeiros trilhos acoplados nas ruas. Os trilhos eram colocados em baixo relevo, fazendo com que os ferros não ultrapassassem o nível da rua. Com isso, a rede de omnibus se estendeu em todas as direções. A introdução dos omnibus foi seguida pelos trens, que corriam da cidade aos subúrbios e aumentava, portanto, o fenômeno da suburbanização.

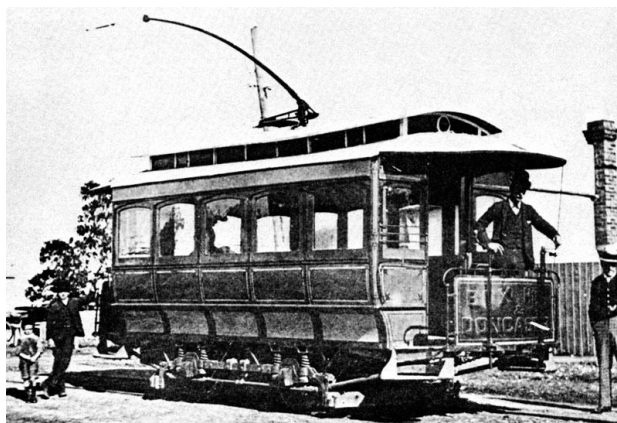
Figura 2: Omnibus em trilhos.



Fonte: New York Transit Museum

A grande revolução do transporte público veio com a eletricidade. Os trens elétricos foram inventados em 1879 pela companhia alemã Siemens e a inauguração da primeiro serviço de trem elétrico foi dois anos mais tarde, em 1881 em Frankfurt. Com isso, houve uma grande diminuição das taxas independentemente da distância percorrida, contribuindo, mais uma vez, para o crescimento das cidades. Também após isso, veio a criação de estações subterrâneas elétricas, primeiramente em Londres (1890), seguido por Nova York e Istambul no mesmo ano. Movimento seguido por inúmeras outras cidades como Budapest (1897), Glasgow (1897), Vienna (1898), Paris (1900), Boston (1901), Buenos Aires (1913), Tokyo (1927), entre outras.

Figura 3: Omnibus elétrico do séc. XIX



Fonte: New York Transit Museum.

Figura 4: Omnibus elétrico do séc. XXI.



Fonte: The Costa Rica News.

O próximo grande avanço foi somente a partir de 1925, com o advento dos veículos automotivos.

1.2 ACESSIBILIDADE

Outro tema que vem sendo muito discutido, e cada vez melhor regulado através de leis, é a questão da acessibilidade.

Segundo a Lei 10.098, a acessibilidade é a possibilidade e condição de alcance para a utilização, com segurança e autonomia, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos transportes e dos sistemas e meios de comunicação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida, refere-se a dois aspectos, que embora tenham características distintas, estão sujeitos a problemas semelhantes, no que diz respeito à existência de barreiras que são interpostas às pessoas com necessidades especiais: o espaço físico e o espaço digital. (TAVARES FILHO et al., 2002).

O termo acessibilidade surgiu no final da década de 40, mas foi só na década de 50 que se começou a estudar melhor o assunto. Muito por razão da

reintegração de combatentes americanos na Segunda Guerra Mundial, na década de 50, surgiu-se um movimento em favor de pessoas portadoras de necessidades especiais, principalmente físicas. Introduziu-se um trabalho de reintegração de adultos reabilitados em sua própria família, mercado de trabalho e na comunidade em geral. Foi neste período que foi constatado as inúmeras dificuldades destes cidadãos em se locomover causada por barreiras arquitetônicas nos espaços urbanos.

Uma década mais tarde, na década de 60, surgiu em universidades americanas os primeiros projetos para eliminação das dificuldades arquitetônicas existentes em suas estruturas. Surgia, então, a fase da inclusão.

O grande salto da questão da acessibilidade foi dado na década de 80, com a criação do ano internacional das pessoas deficientes (1981). Com isto, foi criada campanhas de conscientização em todo o mundo. O mundo passou a se preocupar não apenas com a eliminação de barreiras, mas também em realizar projetos sem a inserção dessas barreiras. Ou seja, a ideia não era somente integrar o deficiente à sociedade, mas também adequar a sociedade para a inclusão dos deficientes. O desenho acessível, pelo qual há a preocupação em exigir dos arquitetos, engenheiros e urbanistas a não inclusão de elementos obstrutivos, ganhava força sobre o desenho adaptável, onde a preocupação era de adaptar os elementos obstrutivos já existentes.

A partir daí, o conceito foi se ramificando. Segundo Queiroz (2006), “a aplicação da acessibilidade, tem origem nos obstáculos arquitetônicos que serviam e servem de barreiras que impedem o acesso de pessoas com deficiência a lugares de uso comum e público”.

O conceito foi sendo ampliado e generalizado, com o tempo, para qualquer tipo de barreira e até para pessoas sem deficiências, ou mesmo apenas com algum limite temporário, como o de calçadas esburacadas, perigosas para mulheres grávidas que, de imediato, não podem enxergar os pés, ou mesmo alguém querendo acessar um sítio na internet, cujo código não permita fazê-lo através de telefones celulares.

Uma grávida e um proprietário de um celular com bons recursos não são pessoas reconhecidamente com deficiência, mas que podem encontrar inacessibilidades comuns à pessoas com deficiência. Assim, o conceito de acessibilidade evoluiu para algo mais amplo, cujo significado prático, antes de qualquer coisa, é a qualidade ou falta de qualidade de vida para uma gama de pessoas muito maior que a original. (QUEIROZ, 2006).

Para W3C (2005), "a acessibilidade diz respeito a locais, produtos, serviços ou informações efetivamente disponíveis ao maior número e variedade possível de pessoas (...)". Ou seja, não se trata exclusivamente de barreiras físicas, podendo ser considerados também os mercados de serviços e informações, por exemplo a Internet.

1.3 PROJETO METRÔ DO ASFALTO

O projeto "Metrô do asfalto" é um trabalho realizado pelos alunos Caio Eduardo Carmezini e Sérgio Henrique Cavalcanti, ambos estudantes de quinto ano de Engenharia Mecânica na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com a orientação do Prof. Dr. Celso Naves de Souza.

Ele tem como objetivo a transformação de uma "carreta cegonha" em uma espécie de metrô, que atenderá cidades de médio porte, onde há escassez de dinheiro para investimentos em linhas de metrô tradicionais.

Cabe a este projeto idealizar uma solução viável para que o Metrô do Asfalto atenda a toda a população, sem exceção, através da criação de uma espécie de elevador, que tornará o metrô acessível para, também, cadeirantes e pessoas com dificuldades locomotoras.

1.4 OBJETIVO GERAL

Demonstrar através deste trabalho os conhecimentos adquiridos durante o período de graduação, principalmente na área de Projetos, Gestão e Planejamento estratégico. Consistindo na realização de análises estruturais, de eficiência e de custo de implantação, bem como calcular a potência necessária do motor elétrico e relacionar os equipamentos e acessórios necessários.

1.5 OBJETIVO ESPECIFICO

O objetivo deste trabalho será projetar um elevador que seja movimentado por um sistema de roldanas, que atenda as normas de segurança e acessibilidade, para ser implantado no metrô do asfalto.

1.6 JUSTIFICATIVA

De acordo com o artigo 5º do decreto-lei 5296 de 2 de dezembro de 2004:

Os órgãos da administração pública direta, indireta e fundacional, as empresas prestadoras de serviços públicos e as instituições financeiras deverão dispensar atendimento prioritário às pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida.

§ 1º Considera-se, para os efeitos deste Decreto:

I - pessoa portadora de deficiência, além daquelas previstas na Lei no 10.690, de 16 de junho de 2003, a que possui limitação ou incapacidade para o desempenho de atividade e se enquadra nas seguintes categorias:

a) deficiência física: alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, acarretando o comprometimento da função física, apresentando-se sob a forma de paraplegia, paraparesia, monoplegia, monoparesia, tetraplegia, tetraparesia, triplegia, triparesia, hemiplegia, hemiparesia, ostomia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral, nanismo, membros com deformidade congênita ou adquirida, exceto as deformidades estéticas e as que não produzam dificuldades para o desempenho de funções;

b) deficiência auditiva: perda bilateral, parcial ou total, de quarenta e um decibéis (dB) ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz e 3.000Hz;

c) deficiência visual: cegueira, na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; a baixa visão, que significa acuidade visual

entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60º; ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores;

d) deficiência mental: funcionamento intelectual significativamente inferior à média, com manifestação antes dos dezoito anos e limitações associadas a duas ou mais áreas de habilidades adaptativas, tais como:

1. comunicação;
2. cuidado pessoal;
3. habilidades sociais;
4. utilização dos recursos da comunidade;
5. saúde e segurança;
6. habilidades acadêmicas;
7. lazer; e
8. trabalho;

e) deficiência múltipla - associação de duas ou mais deficiências; e

II - pessoa com mobilidade reduzida, aquela que, não se enquadrando no conceito de pessoa portadora de deficiência, tenha, por qualquer motivo, dificuldade de movimentar-se, permanente ou temporariamente, gerando redução efetiva da mobilidade, flexibilidade, coordenação motora e percepção.

§ 2º O disposto no caput aplica-se, ainda, às pessoas com idade igual ou superior a sessenta anos, gestantes, lactantes e pessoas com criança de colo.

§ 3º O acesso prioritário às edificações e serviços das instituições financeiras deve seguir os preceitos estabelecidos neste Decreto e nas normas técnicas de acessibilidade da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, no que não conflitarem com a Lei no 7.102, de 20 de junho de 1983, observando, ainda, a Resolução do Conselho Monetário Nacional no 2.878, de 26 de julho de 2001.

Portanto, fica obrigado a todo e qualquer projeto de uso público, mesmo que por empresas privadas, a inclusão de acessórios que garantam a acessibilidade de portadores de deficiência ou com mobilidade reduzida. Tendo em vista que o metrô será utilizado por pessoas de cidades de médio porte, portanto de uso comum e público, então fica obrigado a atender a Lei de Acessibilidade - Decreto-lei 5296.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ESTUDO DE CASO

As opiniões sobre a origem dos estudos de caso divergem bastante de alguns estudiosos para outros. Alguns dizem que o estudo de caso surgiu da pesquisa médica e na pesquisa psicológica, onde se buscava uma avaliação detalhada de um caso específico em que se pudesse explicar determinada mutação e a patologia de uma

dada doença. Outros defendem a tese de que o estudo de caso como modalidade de pesquisa tem como origem os estudos antropológicos de Malinowski, um grande antropólogo polonês, e na escola de Chicago.

Independentemente da origem do estudo de caso como modalidade de pesquisa, ele pode ser entendido como uma metodologia de pesquisa ou como a definição de um sujeito de estudo particular.

Há três qualidades de estudo de caso diferentes. Ele pode ser classificado como intrínseco, quando se procura o entendimento de um caso isolado; instrumental, quando se estuda um caso para compreender melhor uma situação mais ampla, e coletivo, quando o estudo envolve vários casos instrumentais conectados.

Este projeto inclui um estudo de caso bem delimitado, a acessibilidade em edificações e veículos de mobilidade urbana coletiva. Ele pode ser classificado como instrumental, pois o caso estudado tem como objetivo o entendimento da situação em determinados locais para que se pudesse criar um projeto de auxílio à inclusão social de pessoas portadoras de necessidades físicas especiais.

2.2 NORMAS PARA PROJETO DE PLATAFORMA ELEVATÓRIA VEICULAR

De acordo com a NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 15646:2008 (em vigor desde 12 de Janeiro de 20016) - Acessibilidade — Plataforma elevatória veicular e rampa de acesso veicular para acessibilidade de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, em veículo de transporte de passageiros de categorias M1, M2 e M3 — Requisitos – a partir da página 10.

- 6 Plataforma elevatória veicular para acessibilidade
- 6.1 Categorias de PEV
- 6.2 Requisitos
- 6.2.3 Específicos

- 6.2.3.1

PEV para veículos de categoria M3 de características urbanas para o transporte público coletivo de passageiros.

- 6.2.3.1.1

A superfície da mesa da plataforma elevatória veicular em operação deve possuir no mínimo 800 mm de largura livre e 1 000 mm de comprimento livre.

- 6.2.3.1.2

Deve haver dispositivo de acionamento automático, localizado na borda frontal da mesa da plataforma elevatória veicular. Sua altura mínima deve ser de 70 mm, medida da aresta superior do dispositivo à superfície da plataforma elevatória veicular, permitindo, quando acionado, uma angulação entre 75° e 90°, limitando o movimento frontal da cadeira de rodas sem inferir nas suas manobras de entrada e saída. Este dispositivo pode ser acionado ao iniciar o movimento ascendente da plataforma elevatória veicular e deve estar na posição final antes de ela atingir 150 mm do solo. Quando do movimento descendente da plataforma elevatória veicular, o dispositivo deve somente ser desativado quando a mesa atingir o piso ou solo.

- 6.2.3.1.3

Para PEV de categoria A, deve haver dispositivo de acionamento automático localizado na parte posterior da plataforma elevatória veicular com movimento vertical para fechamento total do vão existente durante toda a operação, entre a parte inferior do veículo e a parte posterior da mesa da plataforma, para limitar o posicionamento dos pés do usuário e rodas da cadeira.

- 6.2.3.1.4

Para PEV de categorias B e C, deve existir um dispositivo de acionamento automático, localizado na borda traseira da mesa da plataforma elevatória veicular, limitando o movimento traseiro da cadeira de rodas sem interferir nas suas manobras de entrada e saída. Sua altura mínima deve ser de 150 mm, medida da aresta superior do dispositivo à superfície da plataforma, permitindo, quando ativado, uma angulação entre 75° e 90°. Quando do movimento ascendente da PEV, o dispositivo deve ser desativado à medida que a mesa atingir o nível do piso do veículo, e progressivamente ativado com o movimento descendente da PEV a partir do nível do piso do veículo.

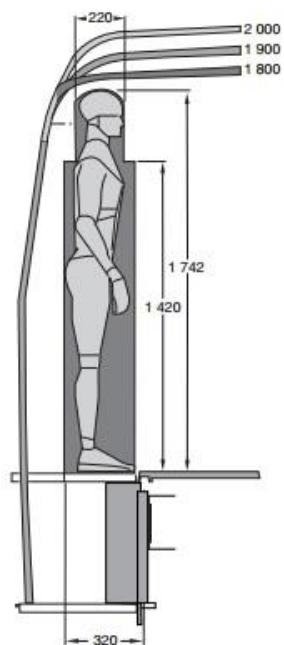
- 6.2.3.1.5

A capacidade de carga da plataforma elevatória veicular deve suportar, em operação, uma carga distribuída de no mínimo 2 500 N, aplicada no seu centro, em uma área de 700 mm x 700 mm, desconsiderando o seu peso próprio. Deve haver sinalização clara desta capacidade para o usuário.

- 6.2.3.1.6

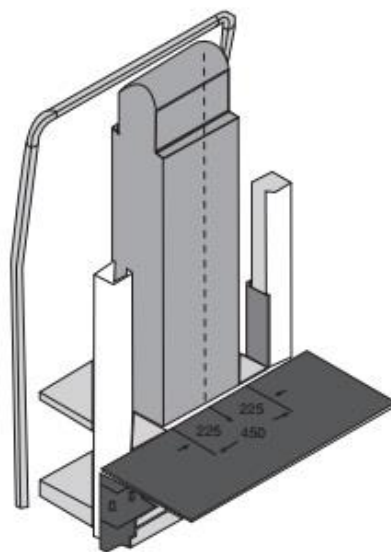
Para embarque de uma pessoa em pé, deve haver espaço livre que respeite as dimensões de volume, conforme figuras 5 e 6.

Figura 5: Gabarito para conferência de volume a ser considerado.



(Fonte: ABNT NBR 15646)

Figura 6: Representação tridimensional do gabarito.



(Fonte: ABNT NBR 15646)

Caso a plataforma elevatória veicular seja de categoria A (escada), ela deve permitir, em posição de transporte, o embarque e o desembarque dos passageiros.

- 6.2.3.1.8

Caso a plataforma elevatória veicular seja de categoria A (escada), as dimensões a serem observadas na construção dos degraus devem ser conforme a Tabela 1, tendo como referência para medição os planos vertical e horizontal do piso de rolamento do veículo, conforme Figuras 7a e 7b, estando o veículo em ordem de marcha.

Tabela 1: Dimensões a serem consideradas para a construção dos degraus.

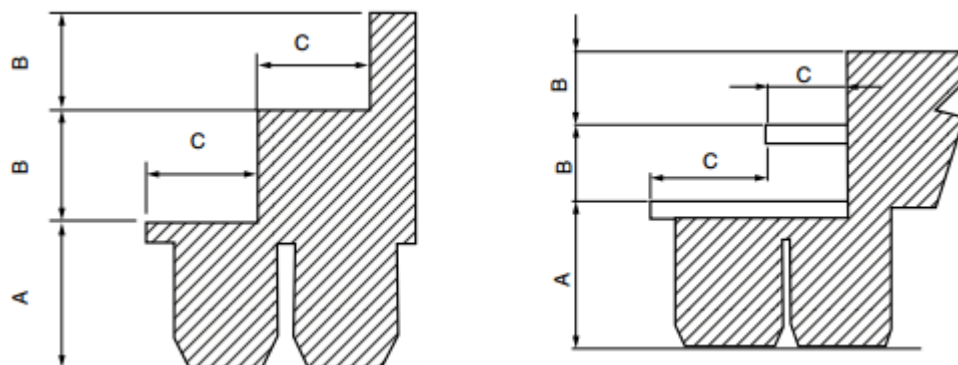
Categoria	Serviço	Categoria de PEV	Forma de embarque e desembarque do usuário	Operador da PEV	Capacidade de carga mínima kg	Vão livre mínimo de passagem mm	Profundidade mínima da PEV mm
M3	Transporte de passageiros com características urbanas contemplados em 3.23, 3.24, 3.25	A ou B	Em pé ou cadeira de rodas	Profissional habilitado, por exemplo, motorista, cobrador	250	800	1 000
	Transporte de passageiros com características rodoviárias contemplados em 3.23, 3.24, 3.25	B	Cadeira de rodas				
M1 M2	Transporte de passageiros de caráter público, por exemplo, táxi, ambulância	B ou C	Cadeira de rodas	Profissional treinado, por exemplo, motorista	250	760	1 000
	Transporte de passageiros de caráter privado			Passageiro treinado ou o responsável	160	680	

Fonte: ABNT NBR 15646

- 6.2.3.1.9

No caso de plataforma elevatória veicular de categoria A (escada), sem o espelho do degrau, o comprimento da mesa na posição de transporte deve ser no mínimo igual à soma das duas dimensões C das Figuras 7a e 7b.

Figura 7: Dimensões da escadaria.



Fonte: ABNT NBR 15646

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto visa a adequação do Metrô do Asfalto à lei Brasileira de acessibilidade, garantindo o acesso ao meio de transporte para todo e qualquer cidadão.

Para que se obtesse êxito no alcance dos objetivos deste projeto, o estudo seguiu os seguintes materiais e métodos de execução:

- Estudo de caso envolvendo as dificuldades de pessoas portadoras de necessidades especiais nos terminais urbanos e veículos de transporte coletivo da cidade de Londrina;
- Avaliação dos materiais necessários para projetar uma plataforma elevatória veicular eficiente e de baixo custo;
- Criação do modelo da plataforma;
- Análise de tensão e deformação.

3.1 ESTUDO DE CASO SOBRE AS DIFICULDADES

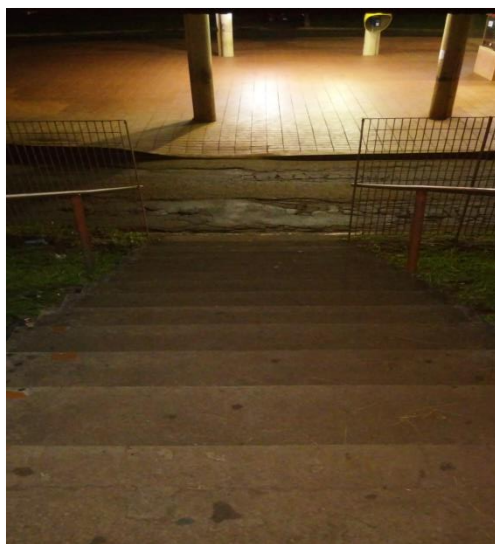
O sistema público de transporte da cidade de Londrina consiste em seis principais terminais urbanos, ligados a terminais secundários e pontos unitários através de 129 linhas de atendimento (Grande Londrina), e centenas de veículos trafegando por essas linhas. O estudo de caso se deu pela avaliação das condições de acessibilidade nos principais objetos em relação ao transporte público coletivo: os terminais urbanos e os veículos.

3.1.1 TERMINAL URBANO 01

O primeiro elemento a ser estudado foi o terminal urbano do Jardim Acapulco. Este é um terminal extremamente movimentado e de médio porte, o qual é a principal ligação entre a zona central de Londrina e a zona sul, bem como a zona sul com as zonas metropolitanas do sudeste da cidade. Embora o terminal disponha de um amplo espaço interno, onde cadeirantes podem se acomodar tranquilamente, o acesso aos pontos é inexistente para pessoas portadoras de necessidades especiais.

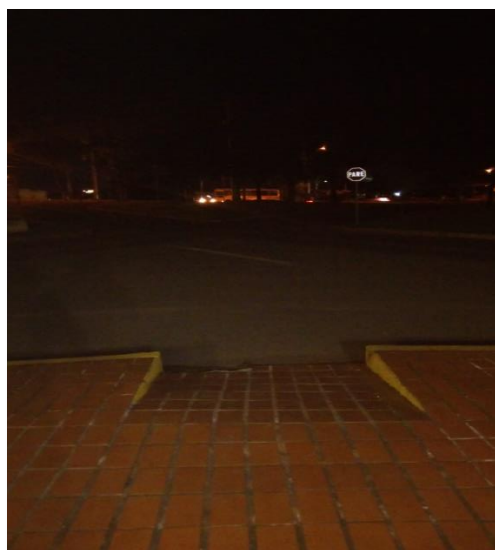
Como se pode observar nas imagens 8a e 8b, um dos acessos à bilheteria é dado por uma íngreme escada, sem qualquer rampa para cadeirantes ou elevadores, e a outra leva para a área de entrada e saída dos veículos, onde é proibida a circulação de pessoas.

Figura 8: Escadarias de acesso ao terminal.



Fonte: Autoria própria, 2016

Figura 9: rampa de acesso ao terminal.



Fonte: Autoria própria, 2016

Além disso, o piso do estabelecimento público está bastante danificado, podendo causar danos às cadeiras de rodas, bem como acidentes para portadores ou não de necessidades especiais.

3.1.2 TERMINAL URBANO 02

Localizado na zona norte de Londrina, o terminal urbano Vivi Xavier é o segundo terminal urbano mais movimentado de Londrina. Ele é o elo entre a zona norte, na qual residem grande parte da população londrinense, e a região central. O espaço físico pode ser considerado pequeno tendo em vista a alta densidade de pessoas circulando pelo local.

Pessoas portadoras de necessidades físicas especiais têm a entrada extremamente dificultada no terminal por um projeto mal dimensionado, ou/e mal executado, por parte dos órgãos responsáveis.

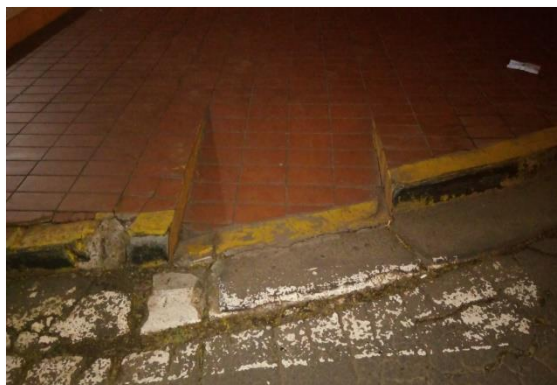
A entrada se dá por meio de um gramado que, embora baixo, torna muito complicada a passagem de cadeirantes, principalmente em dias de chuva. Após o gramado existem rampas de acesso, porém em péssima conservação.

Figura 9: Rampa de acesso ao terminal Vivi Xavier.



Fonte: Foto do autor, 2016.

Figura 10: Rampa de acesso à bilheteria.



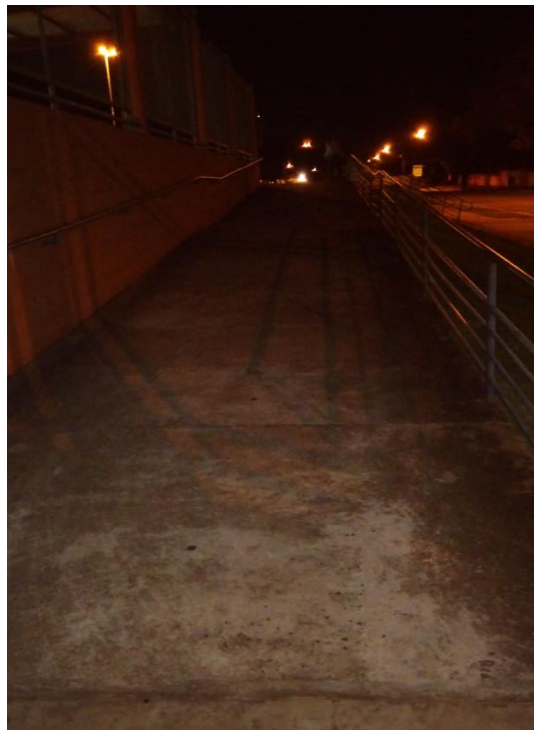
Fonte: Foto do autor, 2016.

3.1.3 TERMINAL URBANO 03

O terceiro terminal analisado foi o terminal Zona Oeste. Com um fluxo mais reduzido de pessoas em relação aos demais, o terminal Oeste é o mais novo da frota. Inaugurado em 14 de Abril de 2014, o terminal dispõe de uma grande rampa de acesso que, embora com alguma dificuldade por conta da inclinação, possibilita o acesso de cadeirantes aos pontos de ônibus terminal a dentro.

O local, assim como os demais, comporta um grande número de pessoas em seu interior, o que facilita a espera dos cadeirantes por seus respectivos veículos.

Figura 11: Rampa de acesso ao terminal Oeste.



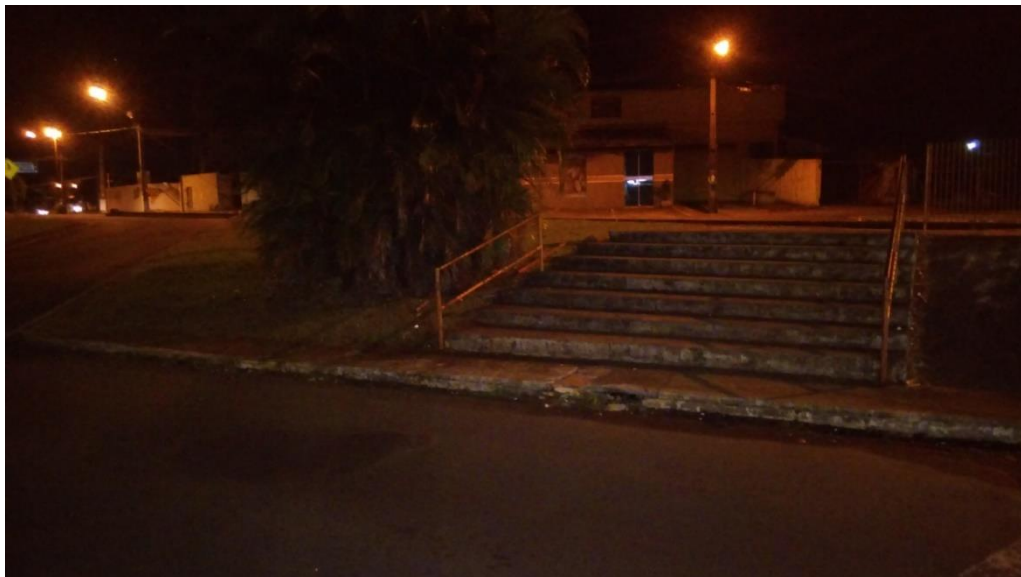
Fonte: Foto do autor, 2016.

3.1.4 TERMINAL URBANO 04

O terminal urbano 04 é o principal ponto de ligação entre o centro da cidade e a região nordeste. Localizado estrategicamente no topo do Jardim Milton Gavetti, recebendo também seu nome, o terminal é bastante falho quando o assunto é acessibilidade.

Os dois únicos meios de se atingir a bilheteria são através de escadarias, tornando praticamente impossível o acesso de cadeirantes.

Figura 12: Escadaria de acesso ao terminal Milton Gavetti em Londrina.



Fonte: Foto do autor, 2016.

Ainda que o cadeirante conseguisse vencer a escadaria, seu desafio ainda não estaria cumprido. Um pouco a frente, existe uma calçada completamente mal conservada e rampas de meio fio em estado de abandono.

Figura 13: Rampas de meio fio em estado de abandono.



Fonte: Foto do autor, 2016.

3.1.5 TERMINAL URBANO 05

O mais importante terminal urbano da cidade de Londrina, o terminal Central liga todos os outros terminais. Com uma grande estrutura em dois andares, este terminal conta com 50 pontos de embarque e desembarque. Embora seja, também, o mais antigo da cidade, inaugurado em 1988, ele passou por diversas obras para que pudesse atender a toda a sociedade londrinense.

Hoje o terminal Central conta com rampas acessíveis, elevadores e escadas rolantes entre o primeiro e segundo andar. Embora conte com todos os acessórios para acessibilidade, ele peca em questão de espaço interior para a espera. Pelo edifício passam, diariamente, cerca de 100.000 pessoas, o que fez com que os corredores se tornassem o mais estreito possível.

Figura 14: Corredores estreitos do Terminal Central de Londrina.



Fonte: Autoria própria, 2016.

Os corredores estreitos fazem com que cadeirantes passem a obstruir a passagem tanto de outros cadeirantes como de pessoas sem dificuldades de locomoção. Isso, além de criar uma inconveniência, faz com que os próprios cadeirantes se sintam desconfortáveis em estacionar nos pontos e esperar pelo ônibus.

3.2 PLATAFORMAS ELEVATÓRIAS

Embora a empresa responsável pelo transporte urbano coletivo seja a mesma em toda a cidade. Existiram diferenças entre as PEVs encontradas em ônibus de médio porte, os chamados micro-ônibus, e os de grande porte.

3.2.1 ÔNIBUS DE MÉDIO PORTE

Nos ônibus de médio porte, todas as medidas encontradas estavam dentro dos padrões estabelecidos pela NBR 15646:2008:

- As medidas encontradas para A foram de, exatos, 380 mm. O que o deixa dentro do padrão que vai de 370 a 381 mm;
- Houve diferenças entre as alturas dos degraus, variando entre 170 e 240 mm, perfeitamente aceitável segundo as normas.
- Vão livre de passagem de 850 mm, estando acima do mínimo previsto que é de 800 mm.

Figura 15: Plataforma elevatória em um veículo de médio porte.



Fonte: Foto do autor, 2016.

3.2.2 ÔNIBUS DE GRANDE PORTE

Em relação aos veículos de grande porte, foram encontradas medidas fora do range especificado pela norma NBR 15646:2008.

- Medida encontrada para A de 350 mm, dentro do determinado pela norma;
- Altura dos degraus variando de 290 a 310 mm, ficando 35 mm acima do permitido;
- Largura das plataformas indo de 350 a 380 mm, acima dos 300 mm mínimos, portanto aprovado pela norma;
- Vão livre de passagem de 850 mm, acima dos 800 necessários.

3.3 ANÁLISES CONJUNTAS DOS DADOS DO ESTUDO DE CASO

O quadro a seguir representa graficamente os aspectos comentados anteriormente e que fizeram parte da análise em campo. Foi realizado um check list com os tópicos pontuados, os quais nos fornece dados suficientes para estabelecer as conclusões necessárias.

Quadro 1:Tópicos em estudo.

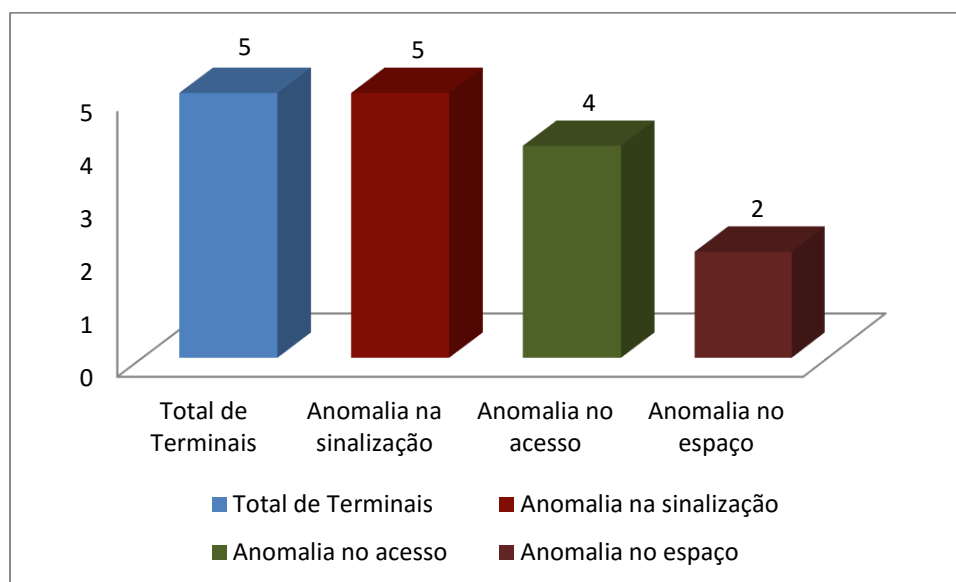
ITEM	CHECK LIST PESQUISA DE CAMPO
1.1	O local permite fácil acesso ao veículo? (Incluindo entradas)
1.2	O local é adequado para aguardar o veículo?
1.3	O ponto de parada dispõe de sinalização para cadeirantes ou pessoas com dificuldades de locomoção?
2.1	O veículo possui sistema de plataforma elevatória?
2.2	O veículo possui sinalização adequada quanto a acessibilidade?
3.1	A plataforma está funcionando?
3.2	Todas as medidas estão dentro das normas? (Medida A, Medida B, Medida C e Vão de passagem)

Fonte: elaborado pelo autor, 2016

As perguntas do quadro acima foram feitas em cada um dos 05 terminais urbanos analisados. Em Londrina há, ao todo, 06 terminais principais, o que nos da segurança para as conclusões tomadas.

No que se refere a questão de instalações, podemos avaliar que a cidade de Londrina está muito abaixo de um nível aceitável de acessibilidade. Em 04 dos 05 terminais analisados foram encontrados anomalias extremas que dificultam o acesso de cadeirantes aos pontos de ônibus.

Gráfico 1: Análise das não conformidades nos terminais urbanos de Londrina.



Fonte: Criado pelo autor.

Pode-se notar pelo gráfico acima que em todos os locais há uma sinalização deficiente, segundo a norma ABNT NBR 14022:2009 em conformidade com a norma ABNT NBR 9050:2004 que estabelece os padrões de sinalização para pontos de parada de ônibus com identificação visual, tátil e sonora dos recursos disponíveis.

Com exceção do Terminal Urbano Central, todos os demais terminais carecem de reformas em seus sistemas de acesso de cadeirantes. Alguns deles, como é o caso do primeiro terminal estudado, se quer existe um meio de adentrar nas instalações se não através de outro veículo.

Em relação ao espaço físico nos terminais, dois deles apresentaram anomalias: o terminal Acapulco, por ser calçado com um piso irregular, podendo causar danos às cadeiras de rodas ou acidentes, e o terminal Central, que possui espaço muito estreito para o aguarde dos cadeirantes pelos ônibus.

Para a questão das plataformas elevatórias veiculares, conclui-se que somente os veículos grandes possuem altura irregular dos degraus. Todas as outras medidas estão em conformidade com a norma ABNT NBR 15646:2008.

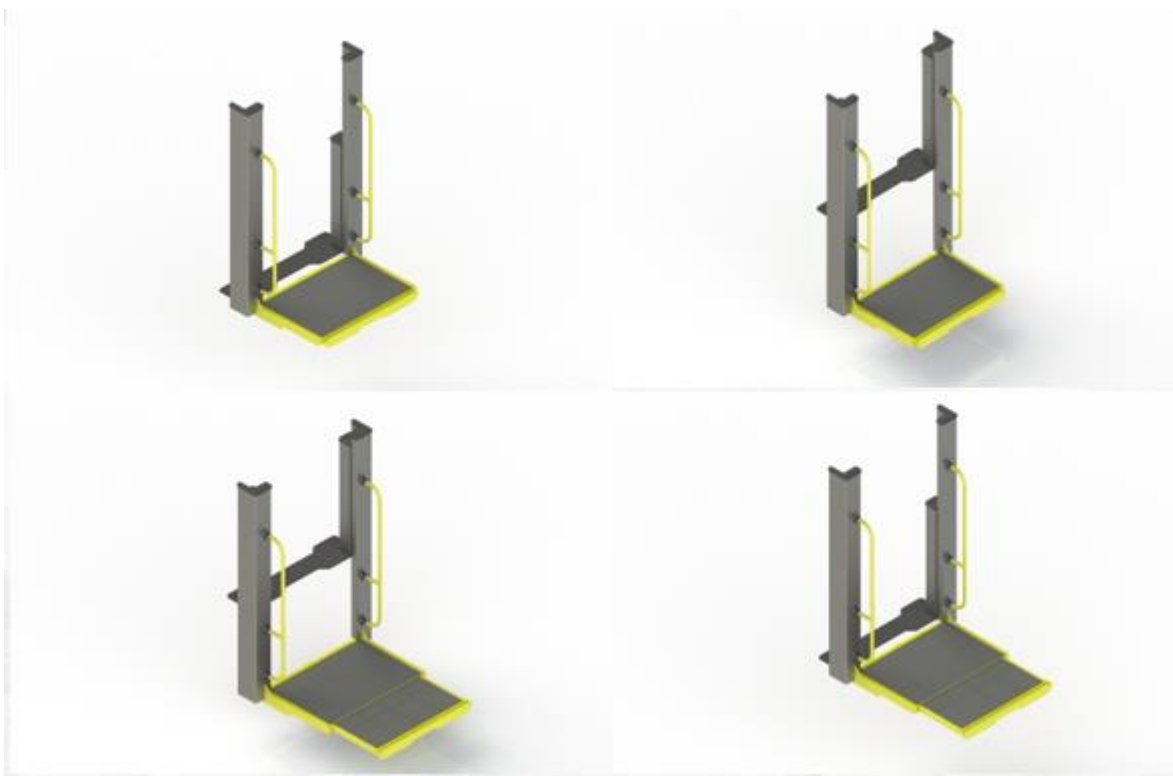
Portanto, com base nas normas apresentadas e os dados recolhidos, podemos afirmar com segurança que Londrina não possui um sistema de transporte coletivo completamente acessível. Os principais pontos a serem trabalhados são em relação às instalações que recebem os veículos para transporte dos passageiros que necessitam de reformar, principalmente, em relação à entrada e saída dos cadeirantes.

4. PLATAFORMA ELEVATÓRIA VEICULAR

Seguindo o pensamento acessível, foi criado um modelo que estivesse completamente dentro das normas já frisadas anteriormente. Embora este elevador seja especialmente projetado para o “Metrô do Asfalto”, que vem como uma sugestão de melhoria no transporte urbano para cidades de pequeno e médio porte, como o caso de Londrina, esta plataforma também pode ser facilmente adaptada tanto para outros veículos de transporte coletivo, como também para imóveis como instalações dos terminais urbanos e rodoviários.

Para tanto, foi feita uma adaptação da plataforma elevatória semiautomática FOCA-BRAUN, que utiliza acionamento eletropneumático em um sistema semiautomático. O modelo criado, porém, utiliza cabos e roldanas em conjunto com um motor elétrico para seu acionamento.

Figura 16: Sequência de operações da plataforma.



Fonte: Foto do autor, 2016.

Assumindo que o cadeirante esteja fora do veículo, ao ser acionado, o elevador primeiramente faz o movimento ascendente para que o Segundo degrau se encolha e a plataforma se abra. Assim que o sistema atinge seu pico, a base da plataforma se abre, criando o espaço necessário para a subida do cadeirante. Depois de aberta, o sistema desce até o nível do solo para o carregamento do passageiro. Observa-se que o degrau do meio continua recolhido para que o sistema possa seguir seu curso novamente para o pico. Com o passageiro já embarcado no elevador, este retoma o seu movimento ascendente até que se atinja o piso do veículo e o usuário possa adentra-lo.

4.1 ANÁLISE DE ESFORÇOS

Um projeto, seja para que finalidade for, somente atinge o seu objetivo por completo quando não compromete a segurança de seus usuários. Para garantir a segurança desta plataforma elevatória, é importante conhecer os modos de falhas a que ela estará exposta, suas causas e consequências e, com a ajuda de softwares de parametrização, aplicar as cargas equivalentes ao que acontece em casos reais. Com o objetivo de identificar os modos de falha e auxiliar o estudo da confiabilidade deste projeto, foi utilizado parte da ferramenta FMEA, do inglês Failure Mode and Effects Analysis.

4.1.1 FMEA – FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

FMEA é uma técnica analítica utilizada por um engenheiro/time como uma maneira de garantir que, até a extensão possível, os modos potenciais de falha e suas causas/mecanismos associados tenham sido considerados e localizados. Na sua forma mais rigorosa, o FMEA é um sumário do conhecimento do engenheiro/time (incluindo uma análise de itens que poderiam falhar baseado na experiência e em assuntos passados) de como um produto ou processo é desenvolvido. Esta abordagem sistemática confronta e formaliza a disciplina mental que um engenheiro passa em qualquer processo de planejamento de manufatura (Ford Motor Company, 1997).

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na norma NBR 5462 (1994), que engloba a ferramenta com nome originário do inglês, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) e a traduz como Análise dos Modos de Pane e seus Efeitos. Segundo a norma, FMEA é um método qualitativo de análise de confiabilidade que envolve o estudo dos modos de panes que podem existir para cada subitem, e a

determinação dos efeitos de cada modo de pane sobre os outros subitem e sobre a função requerida do item. NBR 5492 (1994).

Existem duas formas de analisar os possíveis modos de falha de um componente ou estrutura: Funcional e Estrutural. (ERMENEGILDO, Ivo Marcelo. 2014).

A abordagem funcional (Quadro 02) não dispõe de informações técnicas do projeto ou conhecimento avançado sobre a estrutura a ser estudada. Pode ser interpretada como a consequência de determinado modo de falha.

Quadro 2: Modo de falha com abordagem funcional.

Componente	Função	Modo de falha
Eixo	Transmitir movimento, torque.	Não transmite movimento, não transmite torque.

Fonte: ERMENEGILDO, Ivo Marcelo. 2014

A abordagem estrutural (Quadro 03) exige maior conhecimento técnico a respeito da engenharia do elemento analisado.

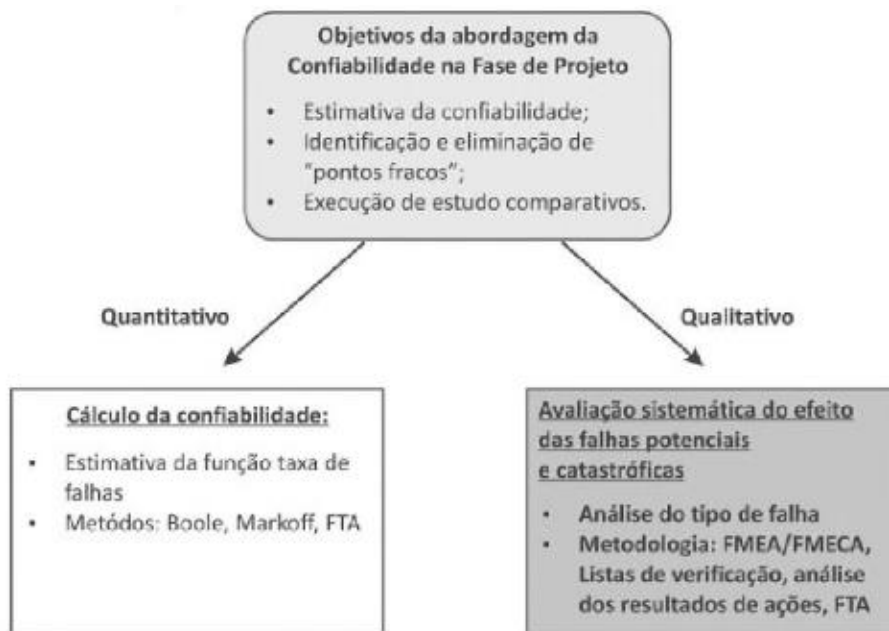
Quadro 3: Modo de falha com abordagem estrutural.

Componente	Função	Modo de falha
Eixo	Transmitir movimento, torque.	Ruptura, empenamento, desgaste...

Fonte: ERMENEGILDO, Ivo Marcelo. 2014.

A figura 16 demonstra algumas ferramentas normalmente ligadas ao estudo da confiabilidade em sistemas e componentes.

Figura 17: Relação entre FMEA e confiabilidade.



Fonte: adaptado de Bertche, 2008.

Portanto, segundo Brandão *et al* 2015, "O estudo com FMEA normalmente envolve: (1) prever falhas que possam ocorrer. (2) prever falhas no sistema em funcionamento, e (3) estabelecer procedimentos para prevenir as possíveis falhas.

4.1.2 MODOS DE FALHA

A definição para modo de falha é simples: como o próprio nome já diz, é a maneira ou causa possível em que um sistema pode falhar.

Para que se possa aplicar corretamente o estudo de falhas em um componente e prever as possíveis panes, é necessário também entender a respeito dos modos de falhas.

A tabela a seguir ilustra exemplo de modos, tipos e causas de falha.

Tabela 2: Exemplo de modos, tipos e causas de falha.

Modos de falha	Tipos de falha	Causas da falha
Fratura	Dúctil	Propagação lenta de trincas resultantes da nucleação e crescimento de microcavidades
	Frágil	Propagação de trinca sob tensão de forma rápida, sem ou com pouca presença de deformação
	Fadiga	Propagação de trinca resultante de um esforço cíclico
	Térmica	Propagação de trinca consequente de variações de temperatura.
Desgaste	Mecânico	Remoção de material devido ao atrito entre dois elementos
	Químico	Retirada de material devido a reações químicas
	Eletroquímico	Retirada de material devido a reações eletroquímicas
	Corrosivo	Perda de material devido à ação eletro química do meio ambiente
	Adesivo	Ruptura e micro adesões entre superfícies
	Abrasivo	Retirada de material por outro material mais duro
	Cavitação	Desgaste provenientes de colapsos de bolhas de ar
Deformação	Tração	Alongamento do material por força de tração
	Pressão	Encolhimento do material por força de pressão
	Torção	Distorção helicoidal do material por força de torção

Fonte: Criada pelo autor, 2016.

Nota-se que esta seleção contempla apenas os modos de falhas relativos aos elementos mecânicos presentes no projeto. Não foram considerados modos de falha elétricos, de motor, operacional, etc.

4.1.3 ANÁLISE DE ESFORÇOS PELO SOFTWARE SOLIDWORKS

Assim como a modelagem da plataforma elevatória veicular, as análises de esforços foram realizadas através da ferramenta SimulationExpress inclusa no pacote do software Solidworks para análise estrutural.

Basicamente, o programa funciona da seguinte forma: a partir de dados pré-estabelecidos como um modelo em malha, propriedades do material e um conjunto de cargas e restrições movimentos, o programa soluciona, com base em métodos e fórmulas padrões, um sistema de equações lineares de equilíbrio de elementos finitos a fim de chegar ao deslocamento resultante do sistema. Com os dados de deslocamento, o programa é habilitado para calcular os componentes de deformação desse mesmo sistema e, por fim, utilizando os dados de deformação somados as relações de tensão-deformação, o programa chega a uma resultante de tensão.

Figura 18: Sequência seguida pelo Solidworks para chegar em conclusões de tensão e deformação.



Fonte: Barra de ajuda do Solidworks.

A formulação requer a existência de uma equação integral que possa substituir o integral de um elemento complexo (de volume V) por um somatório de integrais distribuídos em micro-porções desse volume complexo (de volume V_i). Esta

técnica pode ser representada conforme a figura 18, que corresponde a integral de volume de uma função f .

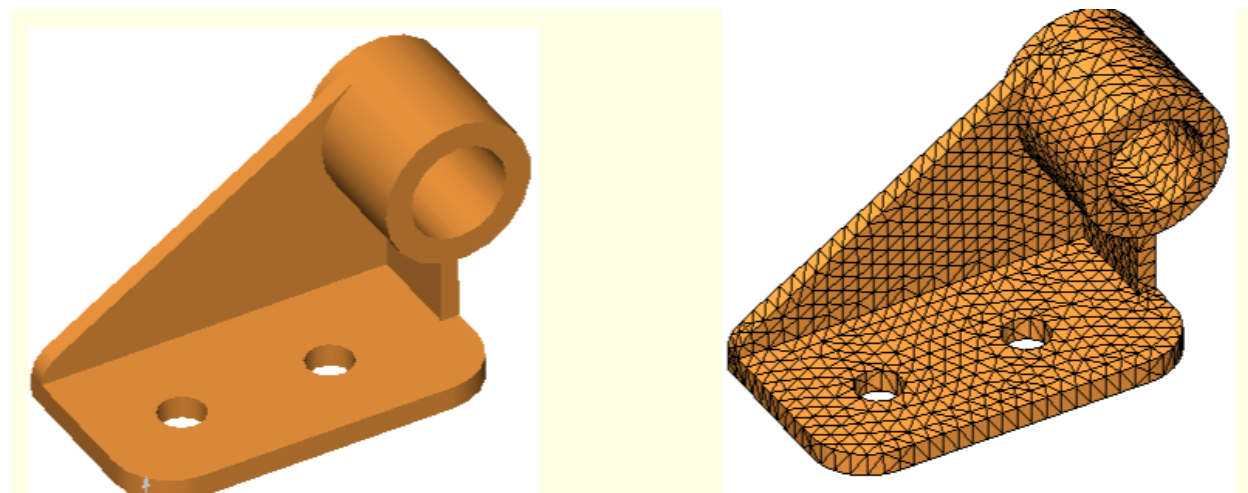
Figura 19: Representação do somatório de integrais por um volume.

$$\int_V f \, dV = \sum_{i=1}^n \int_{V_i} f \, dV$$

Fonte: Garbin *et al.*

O método acima é comumente denominado de método de elementos finitos, ou Finite Element Method (FEM) em inglês. O FEM, em outras palavras, substitui um problema extremamente complexo por uma somatória finita de problemas simples.

Figura 20: Exemplo de malha para análise de elementos finitos.

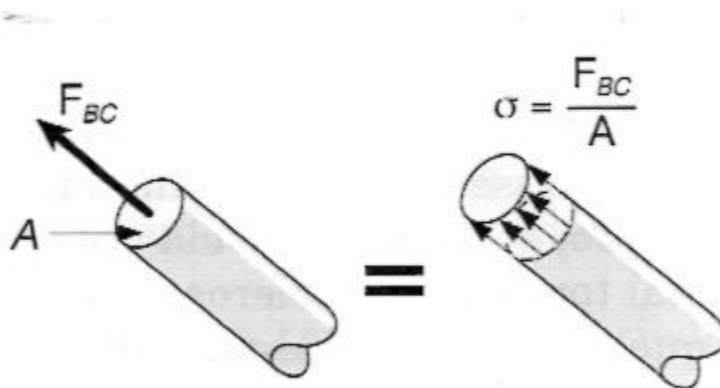


Fonte: SolidWorks.

4.1.3.1 ANÁLISE ESTÁTICA DE TENSÕES

Tensão é o efeito resultante de uma carga aplicada a determinado corpo. O corpo naturalmente tenta absorver essa carga gerando forças internas que, por sua vez, afeta os pontos vizinhos do corpo. Ela é representada por força dividida por uma unidade de superfície, ou seja, a tensão em um ponto é a intensidade da força reacionária em uma pequena área em volta desse ponto.

Figura 21: Tensão é a intensidade de uma força em determinada área.



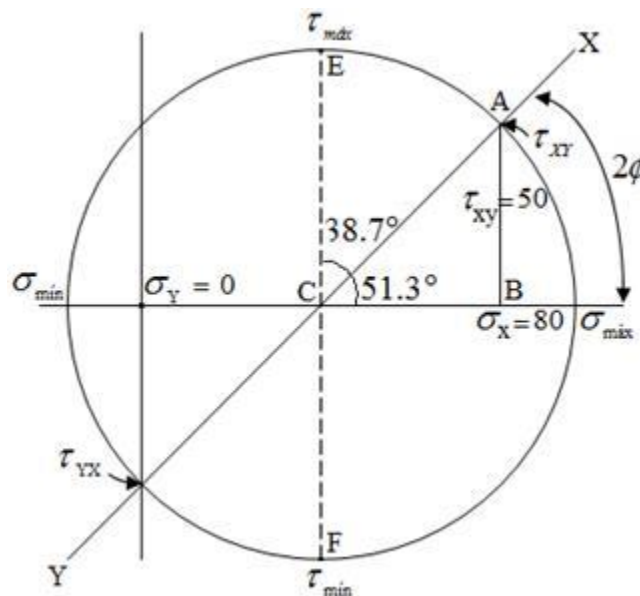
Fonte: HIBBELER, 2005.

A Análise Estática de Tensões é o método mais comum utilizados por usuários do SimulationExpress do SolidWorks (Solidworks). Ele considera um comportamento linear do material e despreza as forças de inércia, ou seja, ele considera que retirando as forças o material volta ao seu estado normal. Com isso, o material entra em colapso quando atinge determinado valor de tensão que ultrapassa a tensão de ruptura.

4.1.3.2 CRITÉRIOS DE ESCOAMENTO

O primeiro critério para escoamento foi desenvolvido por TRESCA (1865) que definia que o escoamento tem início quando a tensão de cisalhamento máxima (τ_{max}) ultrapassa os valores críticos característicos de cada material.

Figura 22: Círculo de Mohr.



Fonte: ZAPATA, Jorge.

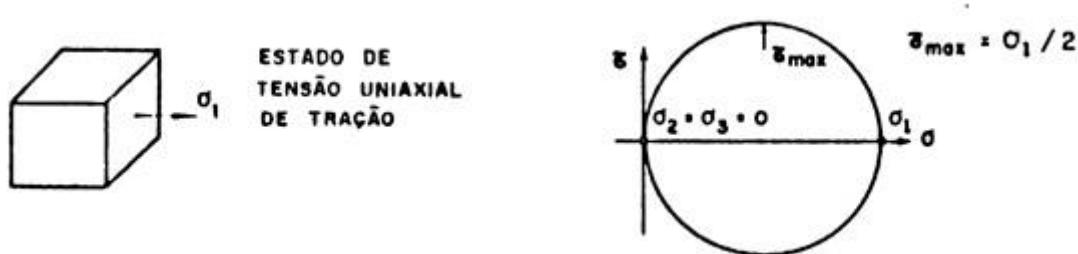
Segundo TRESCA (1865), com base no círculo de Mohr acima e admitindo $\tau_{max} = A$, tem-se que:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = A$$

Onde τ_{max} representa a tensão de cisalhamento máxima; σ_{max} representa a tensão de escoamento máxima; σ_{min} a tensão mínima de escoamento; A uma constante particular de cada material, sua microestrutura e propriedades particulares sob determinadas condições específicas.

Dessa forma, para um ensaio de tração, onde a tensão se dá de modo uniaxial, o círculo de Mohr fica conforme a figura 23.

Figura 23: Círculo de Mohr para tensão uniaxial.



Fonte: UNICAMP.

Portanto:

$$\tau_{max} = A = \sigma_1 / 2 = \sigma_0 / 2$$

Onde σ_1 é a tensão em determinado plano e σ_0 é definida como a tensão limite de escoamento sob tração.

O erro de TRESCA foi não considerar a tensão intermediária, que é um fator muito importante no comportamento plástico dos materiais.

Em 1913, surgiu o critério de escoamento por energia de distorção, elaborado por von MISES. Este critério diz que o escoamento acontece quando a energia de distorção atinge um valor crítico, vamos denominar por B, que é constante e difere de material para material de acordo com suas propriedades.

Dessa forma:

$$\frac{1}{6}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2] = B$$

Considerando o ensaio de tração, da mesma forma que no critério anterior:

$$\sigma_1 = \sigma_0 \quad \text{e} \quad \sigma_2 = \sigma_3 = 0$$

Portanto:

$$B = \frac{1}{3} \sigma_0^2$$

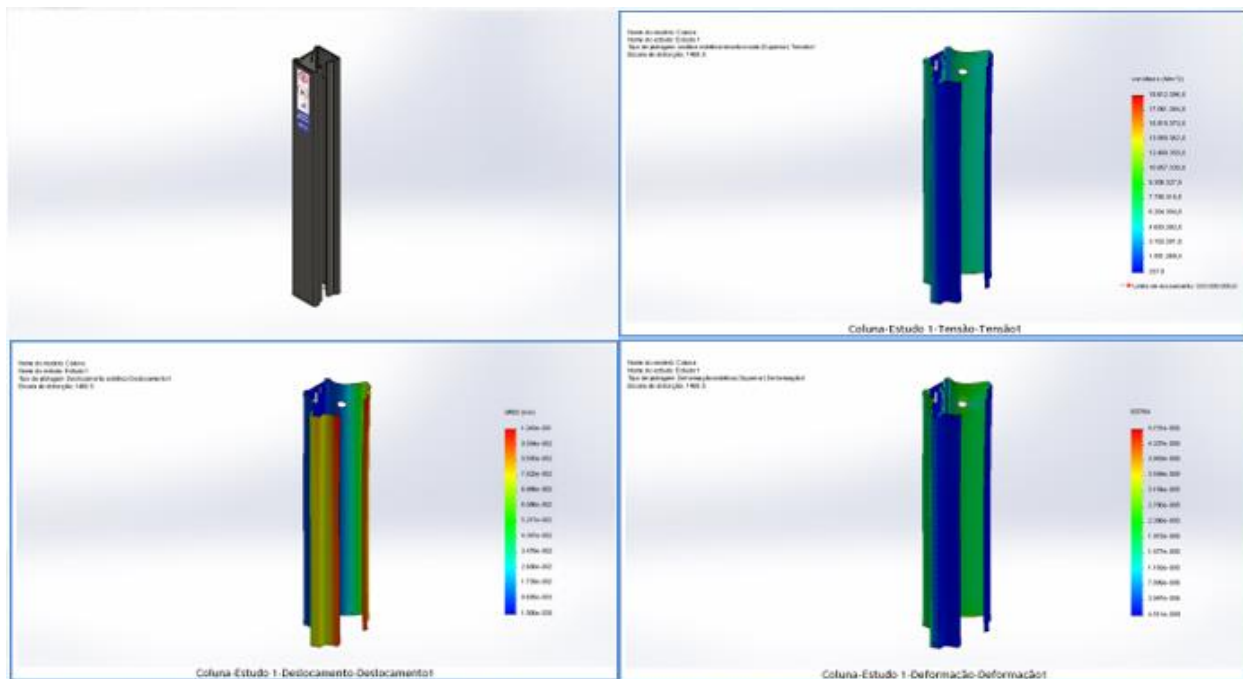
Com isso:

$$\frac{1}{6}[(\sigma_0 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_0 - \sigma_3)^2] = \frac{1}{3} \sigma_0^2$$

4.1.3.3 ANÁLISE DE TENSÃO NA PLATAFORMA ELEVATÓRIA

Através da ferramenta SimulationExpress do Solidworks, foi feito a análise de tensão nos dois principais pontos de carga: a coluna de sustentação e a base da plataforma. A carga aplicada ao modelo foi 2 vezes maior do que a mínima permitida.

Figura 24: Análise de deslocamento, tensão e deformação da coluna.

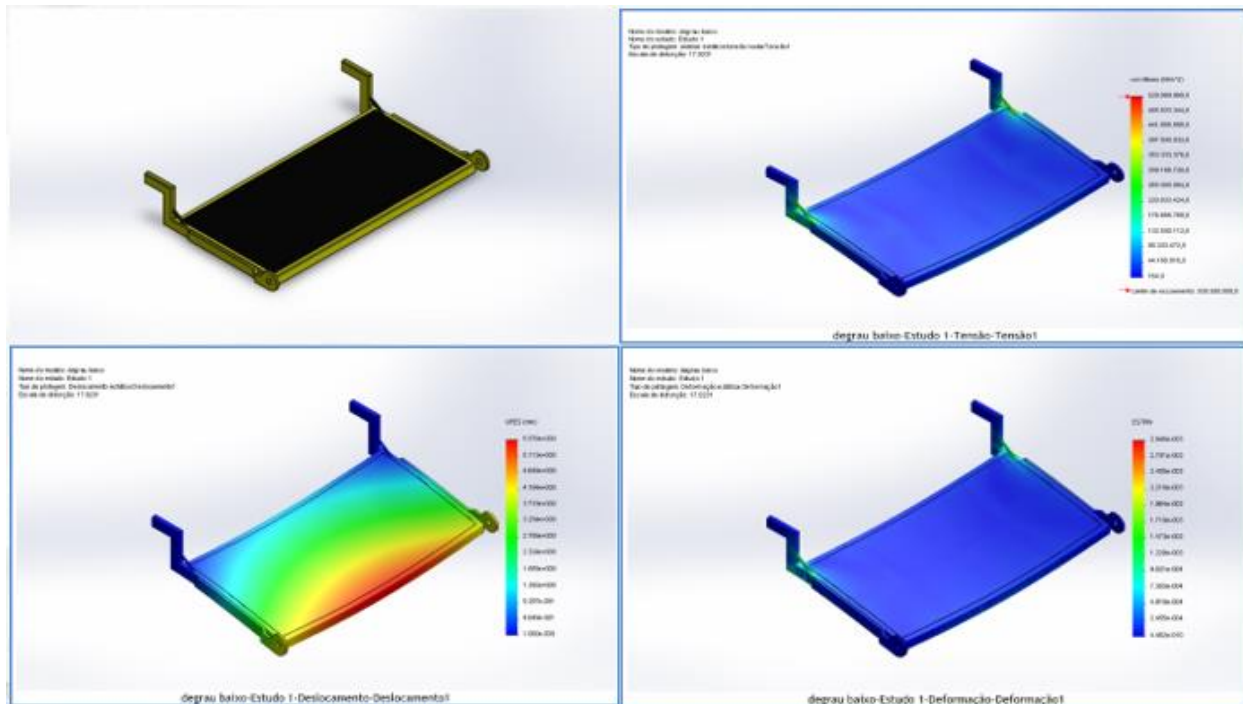


Fonte: Autoria própria, 2016.

Conforme observado na figura 23, os gráficos de tensão (primeiro da direita) e deformação (segundo da direita) se mantém dentro da faixa azul, o que indica que o material está longe de atingir o seu limite de escoamento.

Em relação à base da plataforma, o mesmo foi verificado. A base em quase toda sua extensão se mantém dentro de uma faixa segura de tensão e deformação, vide figura 24.

Figura 25: Análise de deslocamento, tensão e deformação da base.



Fonte: Autoria própria, 2016.

Com esses resultados, pode-se dizer que o elevador projetado pode ser utilizado para a elevação de pessoas ou objetos de até 500 Kg de massa, peso este que ultrapassa, e muito, o peso de um cadeirante juntamente com os acessórios, como cadeira de rodas, entre outros. Portanto, esta plataforma elevatória veicular é confiável e segura para qualquer usuário.

5. CONCLUSÃO FINAL

Este trabalho teve como meta a criação de um modelo de plataforma elevatória que atendesse verdadeiramente os cadeirantes e pessoas com dificuldades de locomoção. O modelo criado se deu com base em um estudo de caso realizado na cidade de Londrina, onde buscou-se por meio de um estudo instrumental, ou seja, com

foco em poucos elementos fundamentais para o entendimento de um tópico que abrange a todos, estabelecer as bases necessárias para a modelagem de um projeto eficiente de acessibilidade.

Foi considerado que a metodologia aplicada para a análise técnica das dificuldades enfrentadas por cadeirantes e pessoas com necessidades físicas especiais foi capaz de identificar, com base nas normas apresentadas e os dados recolhidos, que Londrina não possui um sistema de transporte coletivo completamente acessível.

Portanto, este trabalho não só atingiu seu principal objetivo, que era a criação de um modelo de elevador para cadeirantes a ser utilizado em um metrô, como também destacou a necessidade da criação de um plano de ação para a regularização das instalações pertencentes ao sistema de transporte público coletivo. Somente dessa forma a população como um todo terá seu direito básico de ir e vir assegurado.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15646:

Acessibilidade – Plataforma elevatória veicular e rampa de acesso veicular para acessibilidade de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, em veículo de transporte de passageiros de categoria M1, M2 e M3 – Requisitos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14022:

Acessibilidade em veículos de características urbanas para o transporte coletivo de passageiros. Disponível em:

http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/%5Bfield_generico_imagens-filefield-description%5D_25.pdf . Acesso em: 29 abril 2016.

ANTP - Associação Nacional de Transporte Público. **Transporte urbano**: cidades com qualidade de vida. São Paulo: ANTP, 1997.

CARMEZINI, C.E; ENDO, S.H.C. "METRÔ DO ASFALTO".

PLANALTO. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 23 out. 2015.

SASSAKI, R. K. (2004). Acessibilidade: Uma chave para a inclusão social.

TELIER, LUC-NORMAND. Urban History: an economic and geographical perspective.

TAVARES FILHO, J. P., MAZZONI, A. A. RODRIGUEZ, A .M. e ALVES, J. B. M. (2002) "Aspectos ergonômicos da interação com caixas automáticos bancários de usuários com necessidades especiais características de idosos". In: Congresso Ibero-latinoamericano de Informática Educativa Especial, 3. Anais em CD, Fortaleza - Brasil, 2002.

W3C. Disponível em: <http://www.w3.org/>. Acesso em: 23 out. 2015.

JUNIOR, LÁZARO JESUÍNO (2014). “Projeto elevador comercial para deficiente físico”

VENTURA, M. M. “O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa”. Disponível em: http://unisc.br/portal/upload/com_arquivo/o_estudo_de_caso_como_modalidade_de_pesquisa.pdf Acesso em: 25 abril 2016.

FOCA-BRAUN ACESSIBILIDADE LTDA - Rua Magdalena Aver Fadanelli, 1140 Bairro Centenário. CEP: 95045-178 Caxias do Sul - RS – Brasil.

ARTESP – AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – MANUAL DE ACESSIBILIDADE ÔNIBUS.

ERMENEGILDO, Ivo Marcelo. Aplicação da Análise de Modos e Efeitos de Falha – FMEA para Avaliação de Riscos de Incêndio e Prevenção Na Casa Do Estudante Universitário (CEU-PR).