

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI

ANA LAURA QUALHO RIBEIRO
DENIS ADRIANO SISTI DA SILVA
FELIPE TADEU RUSCONI FURLANI
HERICK PATRIC DE ASSIS GONÇALVES
IAGO ATILA AZEVEDO COUTO
IAGO GARDINALLI DE FREITAS
JOÃO CAETANO DE ARAÚJO CARLI
MARIA FARSURA QUAGLIO
NATHÁLIA DONATA NOGUEIRA DE SÁ

SMART WAGON: Sistema de Estabilidade Para Veículos Articulados

São Bernardo do Campo

2020

ANA LAURA QUALHO RIBEIRO
DENIS ADRIANO SISTI DA SILVA
FELIPE TADEU RUSCONI FURLANI
HERICK PATRIC DE ASSIS GONÇALVES
IAGO ATILA AZEVEDO COUTO
IAGO GARDINALLI DE FREITAS
JOÃO CAETANO DE ARAÚJO CARLI
MARIA FARSURA QUAGLIO
NATHÁLIA DONATA NOGUEIRA DE SÁ

SMART WAGON: Sistema de Estabilidade Para Veículos Articulados

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos para conclusão da Graduação em Engenharia Mecânica Automobilística. Orientado pelo Prof. Me. Cleber Willian Gomes.

São Bernardo do Campo

2020

ANA LAURA QUALHO RIBEIRO
DENIS ADRIANO SISTI DA SILVA
FELIPE TADEU RUSCONI FURLANI
HERICK PATRIC DE ASSIS GONÇALVES
IAGO ATILA AZEVEDO COUTO
IAGO GARDINALLI DE FREITAS
JOÃO CAETANO DE ARAÚJO CARLI
MARIA FARSURA QUAGLIO
NATHÁLIA DONATA NOGUEIRA DE SÁ

SMART WAGON: Sistema de Estabilidade Para Veículos Articulados

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Centro Universitário FEI, como parte dos
requisitos necessários para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Mecânica
Automobilística.

Comissão Julgadora

Prof. Me. Cleber Willian Gomes

Orientador

Prof. M.Sc. Marco Antônio Zanussi Barreto

Examinador

São Bernardo do Campo

31 de Maio de 2020

SMART WAGON: sistema de estabilidade para veículos articulados / Ana Laura Qualho Ribeiro...[et al.]. São Bernardo do Campo, 2020. 140 f.

Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário FEI.

Orientador: Prof. Me. Cleber Willian Gomes.

1. Caminhão. 2. Antiacotovelamento. 3. Prevenção de acidentes. I. Qualho Ribeiro, Ana Laura . II. Sisti da Silva, Denis Adriano . III. Rusconi Furlani, Felipe Tadeu. IV. de Assis Gonçalves, Herick Patric . V. Atila Azevedo Couto, Iago. VI. Gardinalli de Freitas, Iago. VII. Caetano de Araújo Carli, João. VIII. Farsura Quaglio, Maria. IX. Donata Dogueira de Sá, Nathália. X. Willian Gomes, Cleber , orient. XI. Título.

Elaborada pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da FEI com os dados fornecidos pelos autores.

A nossos familiares e a todos que contribuíram
para o desenvolvimento desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Aos familiares e amigos que nos apoiaram, compreenderam nossas ausências e compartilharam nossas lutas ao longo desses anos. Depositaram sobre nós energias positivas para que alcançássemos nossos objetivos nessa caminhada.

Ao nosso orientador, Prof. Me. Cleber Willian Gomes, que sempre nos motivou a fazer o nosso melhor, que mostrou que somos capazes de fazer muito mais e que a melhora é contínua se houver esforço, dedicação e muito trabalho em grupo.

Aos professores que forneceram todo o apoio necessário para a elaboração deste trabalho, especialmente aos Prof Dr. Mauro Moraes de Souza, Prof. Dr. André Mendes, Prof. Dr. Carlos Rodrigues Santos Neto, Prof. M.Sc. Marco Antonio Barreto, Prof. Fábio Delatore.

Agradecemos também ao Rubem Penteado por nos ceder e nos ajudar com as dúvidas sobre o modelo matemático para o desenvolvimento do trabalho

Agradecemos por todo o apoio dado pela FEI nesses anos de aprendizado, pelos técnicos de laboratórios, funcionárias da biblioteca.

“Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui, nunca desista de seus objetivos mesmo que esses pareçam impossíveis, a próxima tentativa pode ser a vitoriosa” Albert Einstein

RESUMO

Grande parte das mercadorias no Brasil, são transportadas via caminhões. Devido a este volume, temos uma alta circulação desses veículos em rodovias, e conseqüentemente, um alto número de acidentes. Muitos destes eventos têm sua causa relacionada a perda de estabilidade em caminhões articulados, causando o efeito de acotovelamento. Atualmente, caminhões são equipados com sistemas de estabilidade (EBS) mas essas tecnologias não são aplicadas a carreta. A proposta do projeto é introduzir um sistema de frenagem em semirreboques novos e usados, com o intuito de adequação dinâmica entre caminhão e carreta. O projeto consiste em um implemento no subsistema de freio do semirreboque, que promove a frenagem individual das rodas, assim pode-se atenuar a instabilidade que causa o acotovelamento. Como inovação, no projeto se faz presente a constantemente medição do ângulo entre caminhão e semirreboque na quinta roda, garantindo informações para atuar de forma correta.

Palavras-chave: Freio. Cavalo-trator. Semirreboque.

ABSTRACT

Most of the goods in Brazil are transported by trucks. Due to this volume, we have a high circulation of these vehicles on highways, and consequently, a high number of accidents. Many of these events have their cause related to the loss of stability in articulated trucks, causing the "Jackkife Effect" (loss of control between the truck and the semi-trailer). Currently, trucks are equipped with stability systems (EBS) but these technologies are not applied to the trailers. The project proposal is to introduce a braking system on new and used semi-trailers, with the aim of dynamic adaptation between the truck and the trailer. The project consists of an implement in the semi-trailer brake subsystem, which promotes individual braking of the wheels, so that we can mitigate the instability that causes the loss of control. As an innovation, our system is constantly measuring the angle between the truck and the semi-trailer on the fifth wheel, ensuring information to act correctly.

Keywords: Brake. Horse tractor. Semi-Trailer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Travamento das rodas dianteiras do cavalo-trator	23
Figura 2: Aumento da velocidade lateral do semirreboque	24
Figura 3: Travamento do eixo de tração	24
Figura 4: Visualização dos "5 Porquês"	26
Figura 5: <i>Golden Circle</i>	27
Figura 6: Análise de Viabilidade	27
Figura 7: Sistema anti-acotovelamento aplicado na 5ª roda.....	28
Figura 8: Controle por articulação na 5ª roda.....	29
Figura 9: Sistema de freios EBS - Unidade Motora	30
Figura 10: Sistema nos eixos do semirreboque	31
Figura 11: Localização do sistema	31
Figura 12: Primeiro objetivo WOIS	32
Figura 13: Conflito alvo WOIS	32
Figura 14: Parâmetro WOIS	33
Figura 15: Resultado pelo triângulo de inovação WOIS.....	33
Figura 16: Requisitos.....	37
Figura 17: Colaboradores	38
Figura 18: Fluxograma	39
Figura 19: Aumento de ângulo entre cavalo-trator e semirreboque	40
Figura 20: Acionamento unilateral do freio	41
Figura 21: Correção da trajetória.....	41
Figura 22: Boundary Diagram Smart Wagon.....	42
Figura 23: Reservatório de ar	43
Figura 24: Sensor de pressão de ar	43
Figura 25: Válvula de descarga rápida	44
Figura 26: Válvula proporcional	45
Figura 27: Válvula check.....	45
Figura 28: Encoder	46
Figura 29: Sensor de rotação	47
Figura 30: Roda fônica	47
Figura 31: Cabos de comunicação.....	48
Figura 32: Tubulação pneumática	49

Figura 33: Conectores pneumáticos	49
Figura 34: ECU para sensores	50
Figura 35: Sensor de pressão de ar	50
Figura 36: Cabos Conexão entre ECUs – K70	51
Figura 37: Cabos de Interface CAN – K181	52
Figura 38: Cabos de Conexão Atuadores para ECU	52
Figura 39: Análise de valor	54
Figura 40: FAST: <i>Function Analysis System Tree</i>	56
Figura 41: P-Diagram	57
Figura 42: Representação Canvas.....	64
Figura 43: <i>Canvas</i> Modelo de Negócio	66
Figura 44: Ilustração do cavalo trator adotado com base	68
Figura 45: Representação técnica com vistas do implemento	68
Figura 46: Cargas no eixo para caminhão carregado	69
Figura 47: Sistema de referência	71
Figura 48: Ilustração do Modelo	72
Figura 49: Modelo - Dimensões principais	73
Figura 50: Veículo-Trator.....	74
Figura 51: Primeiro semirreboque	74
Figura 52: Ângulo de esterçamento e ângulo de deriva	76
Figura 53: Representação da manobra em raio constante	82
Figura 54: Diagrama representativo para aquisição dos dados	83
Figura 55: Gráfico 3D entre ângulo de esterço, entre cavalo e semirreboque e velocidade	83
Figura 56: Representação do sistema de controle	84
Figura 57: Sistema de controle criado no Simulink	84
Figura 58: Modelo da Bicicleta explicativo	86
Figura 59: Manobra realizada para validação.....	88
Figura 60: Croqui representativo vista superior semirreboque da atuação do momento	88
Figura 61: Representação das forças atuantes no conjunto roda e pneu	89
Figura 62: Comparativo do ângulo entre o cavalo e semirreboque	90
Figura 63: Comparativo das acelerações do cavalo.....	90
Figura 64: Comparativo das acelerações do semirreboque	91
Figura 65: Gráfico com comparativo entre as simulações	91
Figura 66: Representação do limite do ângulo Psi de acordo com diferentes velocidades	93

Figura 67: Representação do limite do ângulo Pissi de acordo com diferentes cargas	94
Figura 68: Fluxograma pneumático representativo com a interação entre componentes.....	97
Figura 69: Fluxograma representativo das ligações elétricas dos componentes do sistema	98
Figura 70: Esquema de fornecimento de ar	99
Figura 71: Diagrama esquemático do funcionamento da válvula	100
Figura 72: Resposta de acionamento de pressão de acordo com o fornecido	100
Figura 73: Gráfico custo x tempo	110
Figura 74: Cone da incerteza	111
Figura 75: Vista isométrica do conjunto	112
Figura 76: Vista isométrica do conjunto	113
Figura 77: Vista lateral do conjunto	113
Figura 78: Vista superior do conjunto	113
Figura 79: Vista isométrica com supressão de componentes	114
Figura 80: Vista lateral com supressão de componentes.....	114
Figura 81: Vista frontal com supressão de componentes	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Matriz de julgamento dos critérios	35
Tabela 2: Matriz de julgamento dos produtos	36
Tabela 3: Matriz de decisão AHP	36
Tabela 4: Especificações do distribuidor de ar	43
Tabela 5: Especificações do sensor de pressão de ar.....	44
Tabela 6: Especificações da válvula de descarga rápida	44
Tabela 7: Especificações da válvula proporcional	45
Tabela 8: Especificações da válvula check.....	46
Tabela 9: Especificações do Encoder	46
Tabela 10: Especificações do sensor de rotação.....	47
Tabela 11: Especificações da roda fônica.....	48
Tabela 12: Especificações do cabo de interface ECU para atuadores	48
Tabela 13: Especificações da tubulação pneumática.....	49
Tabela 14: Especificações da conexão pneumática	49
Tabela 15: Especificações da ECU para sensores	50
Tabela 16: Especificações do ECU para atuadores	51
Tabela 17: Especificações cabos conexão entre ECUs – K70.....	51
Tabela 18: Especificações cabos de interface CAN – K181	52
Tabela 19: Especificações cabos conexão atuadores para ECU	53
Tabela 20: Classificação do índice de severidade	61
Tabela 21: Informações do dimensional do implemento	69
Tabela 22: Valores para o modelo matemático	81
Tabela 23: Valores de rigidez do pneu	81
Tabela 24: Peças e distribuidores	96
Tabela 25: Sensores	102
Tabela 26: Atuadores.....	103
Tabela 27: Descrição de instalação	105
Tabela 28: Serviços terceirizados	106
Tabela 29: Descrição custos fixos	106
Tabela 30: Descrição de aquisições iniciais	106
Tabela 31: Estimativa de investimento inicial.....	107
Tabela 32: Estimativa de valor de venda.....	107
Tabela 33: Conversões monetárias	108

Tabela 34: Estimativa de evolução no tempo.....	109
---	-----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

\mathbf{a} – Vetor Aceleração

AHP – Analytic Hierarchy Process

a – Distância do primeiro eixo do primeiro veículo até seu centro de gravidade

α_j – Ângulo de deriva (slip angle)

b_1 – Distância do segundo eixo do primeiro veículo até seu centro de gravidade

b_2 – Distância do terceiro eixo do primeiro veículo até seu centro de gravidade

c_1 - Distância do centro do engate do segundo veículo até seu centro de gravidade

DFMEA – Design Failure Mode and Effect Analysis

δ – Ângulo de esterçamento do pneu (steer angle)

EBS – Eletronic Braking System

ECM – Eletronic Control Module

ϕ – Ângulo genérico

F_i – Força lateral no eixo i

FMEA – Failure Mode and Effect Analysis

FAST - Function Analysis System Tree

\mathbf{g} – Aceleração da Gravidade

h – Distância do acoplamento (5ª – roda) do primeiro veículo até seu centro de gravidade

h_2 – Distância do acoplamento (engate) do dolly até o centro de sua 5ª - roda

I_0 – Momento de Inércia do primeiro veículo (veículo-trator)

I_1 – Momento de Inércia do segundo veículo

L_{11} – Distância do primeiro eixo do segundo veículo até sua articulação

L_{12} – Distância do segundo eixo do segundo veículo até sua articulação

L_{13} – Distância do terceiro eixo do segundo veículo até sua articulação

m_0 – Massa do primeiro veículo

m_1 – Massa do segundo veículo

N_i – Força Vertical no eixo i

s_1 – Distância do centro do engate do segundo veículo até o centro do acoplamento com o terceiro veículo

S_i – Força transversal no acoplamento i

T_i – Força longitudinal no acoplamento i

u – Velocidade na direção do vetor j

\dot{u} – Derivada primeira da velocidade na direção do vetor i em relação ao tempo

V – Vetor velocidade

v – Velocidade na direção do vetor j

\dot{v} – Derivada primeira da velocidade na direção do vetor j em relação ao tempo

ω – Velocidade Angular do conjunto

$\dot{\omega}$ – Derivada primeira da velocidade angular em relação ao tempo

WOIS – *Widerspruchs Orientierte Innovations Strategie* (Contradição Orientada Inovação Estratégia)

ϕ_1 – Ângulo de Inclinação entre o primeiro e o segundo veículo

$\dot{\phi}_1$ – Derivada primeira em relação ao tempo do Ângulo de Inclinação entre o primeiro e o segundo veículo

$\ddot{\phi}_1$ – Derivada segunda em relação ao tempo do Ângulo de Inclinação entre o primeiro e o segundo veículo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1	OCORRÊNCIA DE ACOTOVELAMENTOS	23
2.2	MÉTODO DOS “5 PORQUÊS”	25
2.2.1	Análise	25
2.2.2	Causa Raiz	26
2.3	PROPÓSITO – <i>GOLDEN CIRCLE</i>	26
2.4	AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE	27
3	VISÃO GERAL DO PROJETO	28
3.1	PROJETO	28
3.2	BENCHMARKING	28
3.2.1	Sistema anti-acotovelamento	28
3.2.2	Sistema de controle na articulação	29
3.2.3	Sistema EBS no cavalo-trator	29
3.2.4	Sistema EBS no semirreboque	30
3.3	WOIS	31
3.4	MATRIZ DE DECISÃO	34
4	PROPÓSITO	37
4.1	REQUISITOS	37
4.2	COLABORADORES	38
4.3	FLUXOGRAMA	38
5	FERRAMENTAS DE ENGENHARIA	40
5.1	STORYBOARD	40
5.2	BOUNDARY DIAGRAM	41
5.3	ENGENHARIA REVERSA.....	42
5.3.1	Distribuidor do Fornecimento de Ar	43
5.3.2	Sensor de Pressão de Ar	43
5.3.3	Válvula de Descarga Rápida	44
5.3.4	Válvula Proporcional	44
5.3.5	Válvula de Check	45
5.3.6	Encoder	46
5.3.7	Sensor de Rotação	46
5.3.8	Roda Fônica	47
5.3.9	Cabo de Interface ECU para atuadores	48
5.3.10	Tubulação Pneumática	48
5.3.11	Conectores Pneumáticos	49
5.3.12	ECU (<i>Eletronic Control Unit</i>) Para Sensores	49
5.3.13	ECU Para Atuadores	50

5.3.14	Cabos Conexão entre ECUs – K70	51
5.3.15	Cabos de Interface CAN – K181	51
5.3.16	Cabos Conexão Atuadores para ECU	52
5.4	ANÁLISE DE VALOR.....	53
5.5	FUNCTIONAL ANALYSIS SYSTEM TREE (FAST)	54
5.6	P-DIAGRAM	57
5.7	SCAMPER	57
5.7.1	S – Substituir.....	58
5.7.2	C – Combinar.....	58
5.7.3	A – Adaptar.....	58
5.7.4	M – Modificar	58
5.7.5	P – Por em outros usos	59
5.7.6	E – Eliminar	59
5.7.7	R – Reverter	59
5.8	FMEA.....	59
5.8.1	Objetivos do FMEA.....	59
5.8.2	Benefícios do FMEA.....	60
5.8.3	FMEA de Projeto.....	60
5.8.4	Conclusões <i>Design Failure Modes and Effects Analysis (D-FMEA)</i>.....	62
6	MODELO DE NEGÓCIO	63
6.1	PARCERIA	63
6.2	CANVAS DE NEGÓCIO	63
7	MODELAMENTO MATEMÁTICO	67
7.1	DEFINIÇÕES.....	67
7.1.1	Cavalo-Trator	67
7.1.2	Semirreboque.....	68
7.1.3	Outros Parâmetros	69
7.1.4	Considerações	70
7.1.5	Sistema de Referência	70
7.1.6	Modelamento	71
7.1.7	Equações do Movimento para o veículo trator	74
7.1.8	Equações de movimento para o semirreboque	74
7.2	EQUAÇÕES GERIAS DO CONJUNTO DE VEÍCULOS	77
7.3	VALORES DE ENTRADA	81
7.4	TIPO DE MANOBRA	82
7.5	VALORES DE SAÍDA	82
7.6	SISTEMA DE CONTROLE	83
8	VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS	86
8.1	AMPLIFICAÇÃO TRASEIRA	86

8.2	TIPO DE MANOBRA	87
8.3	ALTERAÇÕES NO MODELO MATEMÁTICO	88
8.4	RESULTADOS	89
8.5	CONCLUSÃO DOS DADOS	92
9	DIMENSIONAMENTO	95
9.1	DISTRIBUIDOR DE AR DO SISTEMA	98
9.2	SENSOR DE PRESSÃO	99
9.3	VÁLVULA DE DESCARGA RÁPIDA	99
9.4	VÁLVULA PROPORCIONAL	99
9.5	VÁLVULA DE CHECK	100
9.6	ENCODER	101
9.7	SENSOR DE ROTAÇÃO	101
9.8	RODA FÔNICA	101
9.9	CABO DE INTERFACE ECU PARA ATUADORES	101
9.10	TUBULAÇÃO	101
9.11	CONECTORES PENUMÁTICOS	102
9.12	ECU	102
9.13	CABOS DE CONEXÃO ENTRE ECU'S - K70	103
9.14	CABOS INTERFACE CAN – K181	104
9.15	CABOS DE CONEXÃO ATUADORES PARA ECU	104
10	CUSTOS DO PROJETO	105
10.1	CONE DA INCERTEZA	110
11	MODELOS 3D.....	112
12	CONCLUSÕES	116
	APÊNDICE A – D-FMEA	124
	APÊNDICE B – DESENHOS TÉCNICOS DIMENSIONAMENTO	126
	APÊNDICE C – DESENHOS 2D SMART WAGON	136

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento mundial do setor industrial e varejista no últimos tempos, foi vista a necessidade de repensar as formas existentes de transporte de carga, com o objetivo de reduzir custos com a logística e de agilizar, tornar mais eficiente e segura a distribuição de produtos e insumos. Além disso, transmitir a maior segurança possível aos clientes, contribuindo assim para a valorização das empresas e marcas.

Considerando todos os tipos de transportes, ferroviários, rodoviários, aéreos, aquaviários e dutoviários, os custos que representam a maior parcela das despesas gerais de uma organização são os custos com a logística. Estima-se que a parte logística equivale a 60% desses custos. Um exemplo desse cenário é o setor de distribuição de combustíveis.

Apesar do avanço tecnológico, que permite a troca de informações em tempo real, o transporte não perde sua importância fundamental no alcance do objetivo logístico, que seria o produto certo, na quantidade certa, na hora certa, no lugar certo e com o menor custo possível.

O tipo de transporte mais conhecido e utilizado em toda a extensão do território nacional é o rodoviário, dados mostram que a distribuição por meio de caminhões e carretas nas rodovias brasileiras cresce desde a década de 50. Esse tipo de transporte proporciona a possibilidade de rotas mais flexíveis, viabilizando assim, diversos tipos de cargas. Aconselhável para o transporte a curta distância de produtos acabados ou semiacabados, com alto valor agregado, como eletrônicos, perecíveis (grãos, laticínios e carnes).

As principais vantagens do modal de transporte rodoviário são:

- a) acessibilidade, pois conseguem chegar em quase todos os lugares do território brasileiro;
- b) facilidade para contratar ou organizar o transporte;
- c) flexibilidade em organizar a rota;
- d) pouca burocracia quanto à documentação necessária para o transporte;

Já as principais desvantagens do modal de transporte rodoviário são:

- a) alto custo de carregamento, por causa do impacto direto que pedágios e alto valor do combustível geram;
- b) baixa capacidade de carga;
- c) menor distância alcançada com relação ao tempo utilizado para o transporte;
- d) maiores chances de a carga ser extraviada, por causa de roubos e acidentes.

Considerado o país que tem a maior concentração rodoviária de transporte de cargas e passageiros entre as principais economias mundiais, o Brasil tem 58% do transporte feito por rodovias, enquanto a Austrália tem 53%, China 50%, Rússia 43% e 8% do Canadá, de acordo com dados do Banco Mundial.

Usada para o escoamento de 75% da produção do país, a malha rodoviária tem estatisticamente uma maior importância, comparado com a marítima (9,2%), aérea (5,8%), ferroviária (5,4%), cabotagem (3%) e hidroviária (0,7%), de acordo com a pesquisa Custos Logísticos no Brasil, da Fundação Dom Cabral.

Com base em dados coletados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), foi constatado que a idade média da frota de caminhões rodando no Brasil é de 11,7 anos, o levantamento de dados foi feito pelo Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga (RNTRC), onde foram analisados os quase 1,828 milhão de veículos de cargas em território nacional.

Considerando apenas os autônomos, o valor cresce consideravelmente, circulam aproximadamente 687 mil veículos dirigidos por profissionais autônomos, a idade média da frota vai para 16,3 anos.

Olhando pelo lado das empresas, existe uma frota de aproximadamente 1,117 milhão de veículos e sua idade média é de 9,3 anos. Nas cooperativas existem 23.568 unidades com idade média parecida com a média nacional, 11,7 anos.

Além do baixo conforto e da manutenção alta, rodar com um caminhão antigo nas estradas brasileiras têm impactos em outros aspectos. Dados levantados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), metade dos acidentes registrados nas estradas federais envolvem veículos mais antigos. A necessidade frequente de manutenção também gera impactos na produtividade do proprietário e de terceiros quando o caminhão quebra durante o deslocamento.

Dados coletados em 2017 mostram que ocorreram 34 mil acidentes envolvendo caminhões, já em 2018 foi registrada uma queda de 9,1% nesse índice. Apesar dos acidentes diminuírem, o número de mortes aumentou em 2,9% nesse período, totalizando 2.707. Todos os dados foram coletados pela Atlas da Acidentalidade de Transporte e editado pelo Programa Volvo de Segurança no Trânsito (PVST), em parceria com a Polícia Rodoviária Federal (PRF) e TecnoMétrica. As principais causas e seus respectivos índices médios de gravidade são: ultrapassagem indevida (7,1); desobediência à sinalização (6,5); velocidade incompatível e ingestão de álcool (5,7) e adormecer ao volante (5,4).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica abordará o estudo dos diferentes tipos de acidentes ocasionados em rodovias por veículos articulados. Além disso, serão apresentadas ferramentas utilizadas para validação deste trabalho, sendo elas: “5 Porquês”, *Golden Circle* e Análise de Viabilidade.

2.1 OCORRÊNCIA DE ACOTOVELAMENTOS

Uma parte considerável dos acidentes em rodovias ocorre devido ao acotovelamento em veículos articulados, também conhecido como efeito “L”. Onde o comportamento dinâmico do semirreboque se sobrepõe ao do cavalo-trator em situações de instabilidade. Instabilidade essa que tem como causa não somente a perda do freio, como também a falta de manutenção preventiva ocasionando a folga na regulagem das catracas, lonas gastas, vazamento de ar, distribuição incorreta de pressão de ar entre os eixos, erros na distribuição de carga sobre o veículo, entre outros. Problemas esses que associados à condição escorregadia da pista, principalmente em dias chuvosos tendem a gerar graves acidentes.

Quando há um problema de balanceamento no freio do caminhão ou na carreta, a consequência pode ser o travamento dos pneus em um ou mais eixos. Tratando-se de travamento de eixo, é possível citar 3 casos frequentes:

- a) Caso 1: ocorre o travamento das rodas dianteiras do caminhão, como consequência os conjuntos (cavalo e semirreboque) se movem diretamente para frente independente do ângulo da roda, sendo impossível o motorista desviar de qualquer obstáculo. Esse é o caso menos grave e com menor incidência e pode-se visualizá-lo na Figura 1;

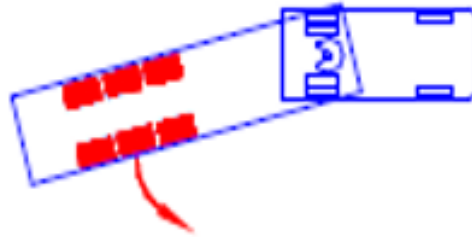
Figura 1: Travamento das rodas dianteiras do cavalo-trator



Fonte: Guia TRC

- b) Caso 2: ocorre o aumento da velocidade lateral do semirreboque, tendo como consequência um deslizamento lateral da carreta tendo como causa mais comum a baixa aderência entre o asfalto e o pneu. O motorista perde o controle direcional do conjunto, podendo invadir a pista contrária e colidir com outros veículos. Esse caso é considerado como um caso grave e pode-se visualizá-lo na Figura 2;

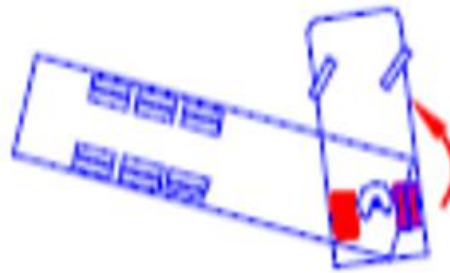
Figura 2: Aumento da velocidade lateral do semirreboque



Fonte: Guia TRC

- c) Caso 3: ocorre o travamento do eixo de tração, o que tem por consequência o efeito “L”. É considerado o caso mais grave e com maior incidência e pode-se visualizá-lo na Figura 3.

Figura 3: Travamento do eixo de tração



Fonte: Guia TRC

O problema fundamental é que rodas bloqueadas praticamente não transmitem forças laterais, ou seja, o veículo pode deslizar e perder a dirigibilidade.

Quando ocorre o travamento das rodas de tração, como descrito no caso 3, qualquer desvio ou força lateral faz com que o cavalo gire rapidamente e o efeito “L” é inevitável, além disso, uma vez iniciado dificilmente o motorista consegue evitá-lo. Vale ressaltar também que é mais comum ocorrer o efeito “L” com o veículo vazio, pois, nessa condição, ao pisar com força no pedal, as rodas travam com mais facilidade.

Uma forma de causar o acotovelamento sem frear o caminhão, é em condições adversas da pista, como por exemplo, a pista molhada em uma curva, onde o motorista alivia bruscamente o acelerador, o freio motor pode causar o mesmo efeito.

Um detalhe básico e muito importante para evitá-lo é ter em dia o balanceamento e regulagem dos freios. Outro recurso para evitar o “L” é o ABS, um sistema que controla

eletronicamente a frenagem dos eixos, impedindo que os pneus bloqueiem em freadas bruscas, mantendo a estabilidade direcional e a dirigibilidade.

2.2 MÉTODO DOS “5 PORQUÊS”

Os “5 Porquês” é uma técnica para encontrar a causa raiz de um defeito ou problema.

O ponto de partida é a análise da premissa que após perguntar 5 vezes o porquê de um problema estar acontecendo, sempre relacionado a causa anterior, será determinada a causa raiz do problema ao invés da fonte de problemas.

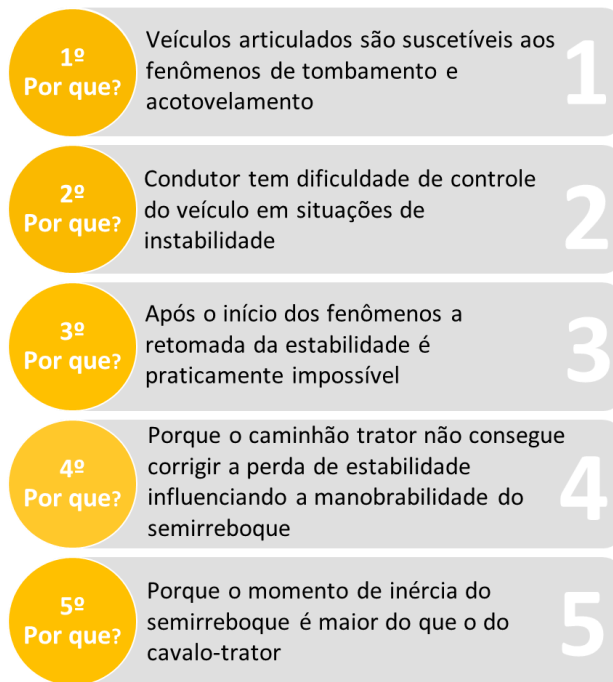
Esta ferramenta é muito usada na área de qualidade, mas na prática se aplica em qualquer área, e inclusive pode ser muito útil no dia a dia.

2.2.1 Análise

Analisando o problema apresentado com o comportamento dinâmico entre o cavalo trator e o semirreboque, inicia-se a busca em como veículos articulados são suscetíveis aos fenômenos de tombamento e acotovelamento. Seguindo na dificuldade de manter o controle da direção do veículo por parte do condutor em situações de instabilidade. Conclui-se que após o início desses fenômenos, a retomada da estabilidade é praticamente impossível porque o caminhão trator não consegue corrigir a perda da estabilidade influenciando assim na manobrabilidade do semirreboque. Isso ocorre devido ao momento de inércia do semirreboque, que nesse caso se torna maior que o momento de inércia do cavalo-trator.

Na Figura 4, é mostrado um esquema visual de como foi feita a análise de cada um dos “5 Porquês”:

Figura 4: Visualização dos "5 Porquês"



Fonte: Autores

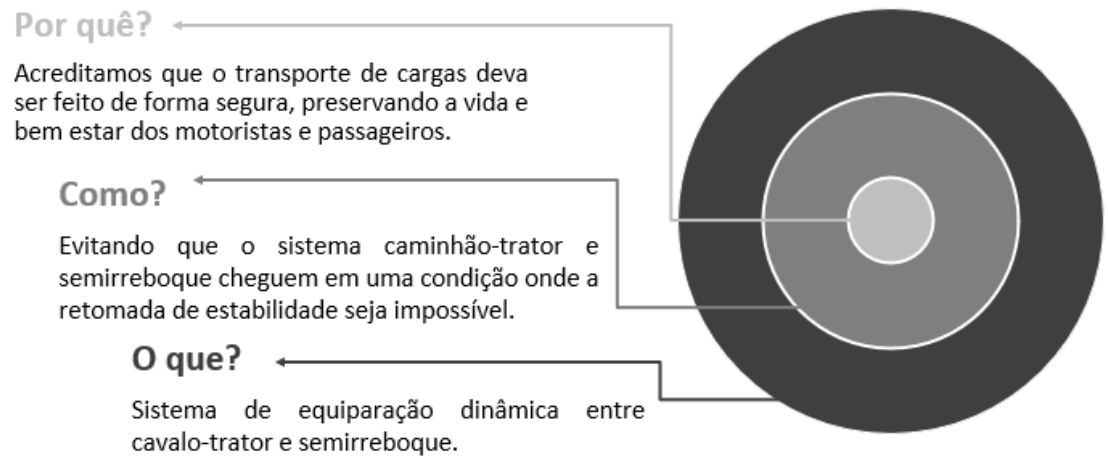
2.2.2 Causa Raiz

Após a análise mostrada acima, conclui-se que a causa raiz do problema pode ser resumido na seguinte sentença: **O comportamento dinâmico do semirreboque se sobrepõe ao do cavalo-trator em situações de instabilidade.** Isso ocorre devido a conclusão do quinto porquê no qual constata-se que o momento de inércia do semirreboque é muito maior do que o cavalo trator e dessa forma causando uma sobreposição de efeitos dinâmicos.

2.3 PROPÓSITO – GOLDEN CIRCLE

O *Golden Circle* ou Círculo de Ouro, é um conceito criado pelo especialista em liderança Simon Sinek que tem como objetivo criar e desenvolver o valor de uma nova ideia, negócio ou campanha, com sucesso e além disso consegue-se resumir o porquê do projeto. O principal dele é, o alto número de acidentes provocados por fenômenos de falta de estabilidade em veículos de carga articulada. Dessa forma, soluciona-se evitando que o sistema caminhão-trator e semirreboque, cheguem a uma condição onde a retomada de estabilidade seja impossível. Para a solução será feito um sistema de controle de estabilidade atuante no semirreboque. Para uma melhor visualização, segue *Golden Circle* conforme Figura 5:

Figura 5: Golden Circle



Fonte: Autores

2.4 AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE

Seguindo para a avaliação da viabilidade do projeto, que tem como objetivo avaliar se o projeto é viável de acordo com diferentes aspectos. Como observado na Figura 6 o projeto tem como problema o comportamento dinâmico do semirreboque que se sobrepõem ao cavalo-trator em situações de instabilidade. Os clientes serão as grandes empresas de transporte de mercadoria e as montadoras de veículos pesados. Considera-se que tais empresas estariam dispostas a pagar pelo resultado na redução de acidentes e na perda de mercadorias na qual a partir do momento que for positivo financeiramente para o cliente ele irá pagar pelo produto.

Figura 6: Análise de Viabilidade



Fonte: Autores

3 VISÃO GERAL DO PROJETO

Neste capítulo, será apresentada uma visão geral do projeto, o estudo do benchmarking, afim de conhecer melhor as opções que existem no mercado, e a matriz de decisão elaborada para o auxílio na escolha da melhor alternativa.

3.1 PROJETO

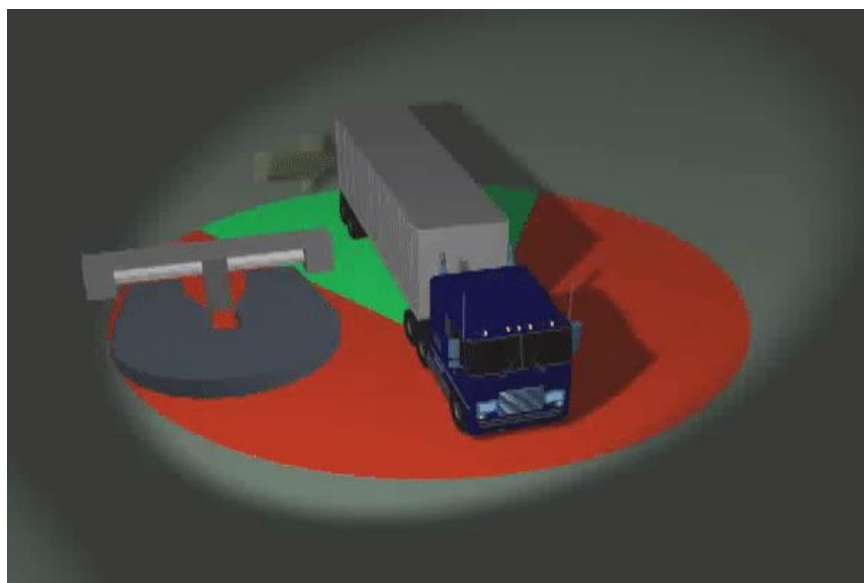
Para o projeto, busca-se um sistema que proporcione uma maior estabilidade para o conjunto cavalo-trator e semirreboque. Como características a serem alcançadas busca-se uma alta possibilidade de retrofit, controle nas curvas, eficiência na frenagem, controle em guinadas, inovação e baixo índice de modificação no caminhão.

3.2 BENCHMARKING

3.2.1 Sistema anti-acotovelamento

No sistema anti-acotovelamento, tem-se como ferramenta um limitador de ângulo posicionado entre o engate da quinta roda e o *king-pin*, pode-se visualizar a Figura 7. Esse sistema possui como vantagem a limitação de ângulo entre o trator e o semirreboque. Sua desvantagem está na difícil instalação de veículos pré-existentes.

Figura 7: Sistema anti-acotovelamento aplicado na 5ª roda

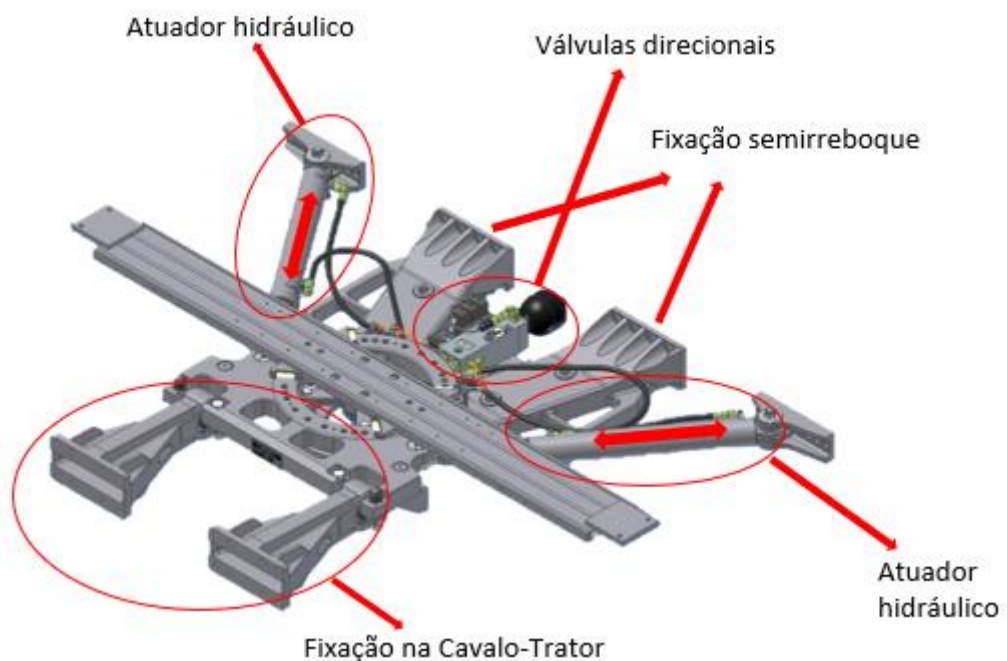


Fonte: Keelmen

3.2.2 Sistema de controle na articulação

Seguindo para o segundo modelo de pesquisa, o Sistema de Controle na Articulação, no qual foi retirado de ônibus articulados e, acredita-se, que pode ser aplicado na quinta roda, entre a cavalo-trator e o semirreboque. Para o movimento da articulação é utilizado atuadores hidráulicos junto a válvulas direcionais conforme Figura 8. Seu funcionamento será similar ao de um freio na quinta roda. Como vantagens tem-se uma melhora na dirigibilidade, pouca manutenção e é considerado compacto. Sua desvantagem está na difícil instalação em veículos pré-existentes.

Figura 8: Controle por articulação na 5ª roda



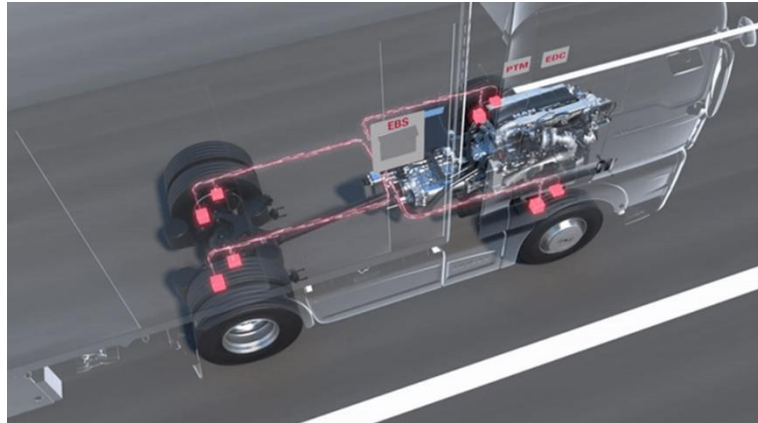
Fonte: ATG Autotechnik GMBH

3.2.3 Sistema EBS no cavalo-trator

Tem-se como terceiro caso para estudo, o *Electronic Breaking System* (EBS). Nesse sistema os sinais são gerados por meio de uma roda fônica, em um sensor magnético, e enviados na forma de pulsos elétricos para o módulo EBS na Figura 9. Ao receber os sinais, o Módulo de Gerenciamento (ECM) do EBS analisa e compara os valores desses sinais, com programas padrões pré-estabelecidos e gravados em sua memória residente, adotando assim atuações individualizadas para cada roda. Ou seja, sempre que uma ou mais rodas indicarem a possibilidade de travamento, ou se sua rotação for muito diferente das demais, a ECM do EBS atuará, de forma a adequar a pressão de ar para cada condição apresentada, evitando o travamento das rodas, propiciando maior

facilidade de manutenção da trajetória normal do veículo durante a frenagem e aumentando sua segurança.

Figura 9: Sistema de freios EBS - Unidade Motora



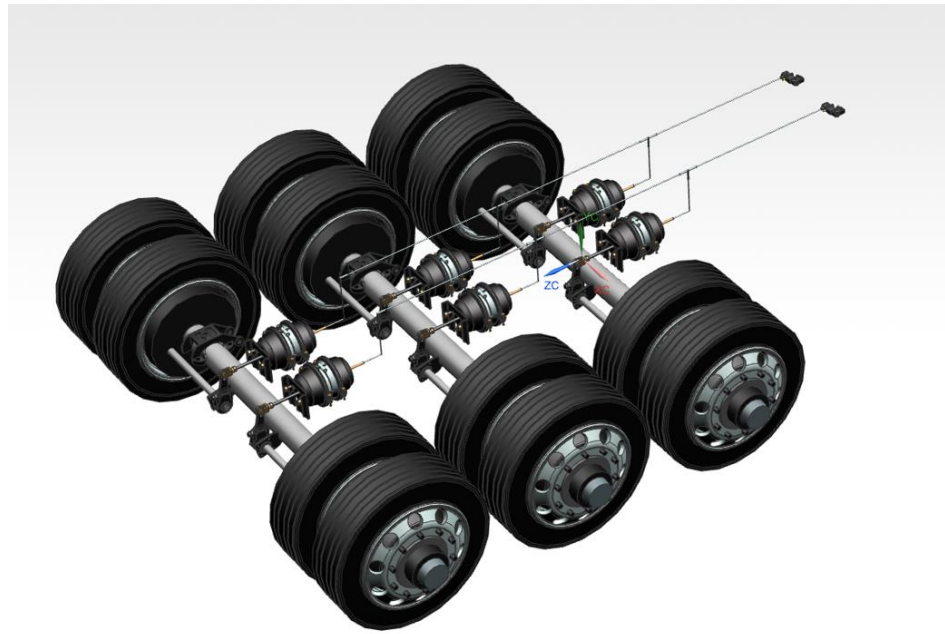
Fonte: Sistema de Freios, Módulo EBS 07 – 07 – 11, MAN

É válido lembrar que o sistema EBS está aplicado na unidade motora. Como vantagens temos o controle individual do travamento das rodas e a assistência em curvas. Como desvantagem temos o alto custo de reparo e a manutenção regular.

3.2.4 Sistema EBS no semirreboque

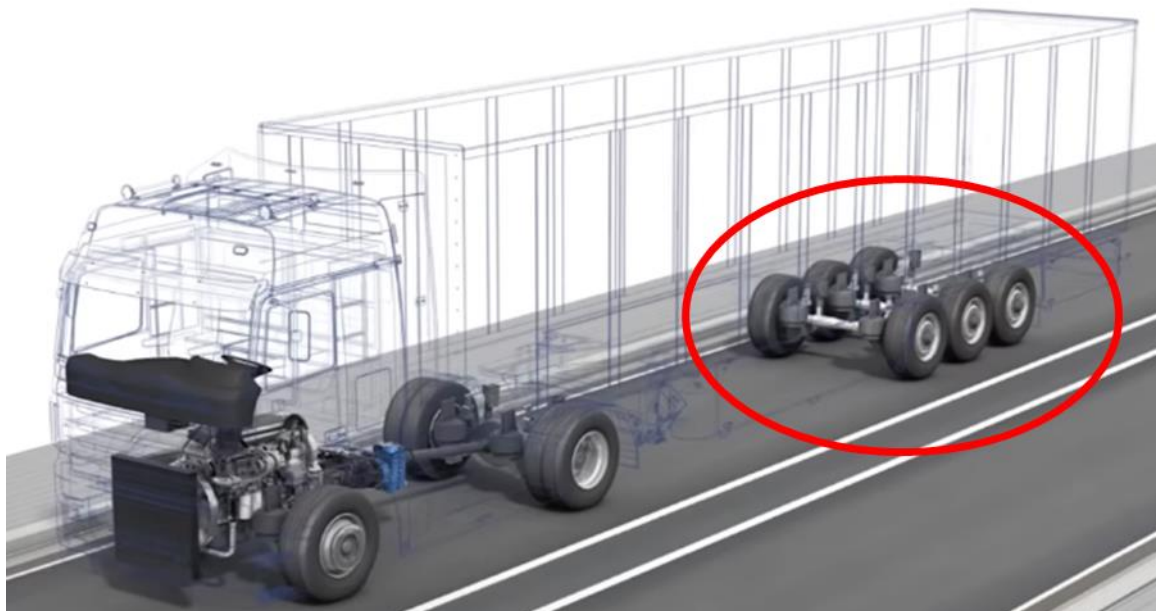
Como quarta opção de pesquisa, tem-se um sistema de acionamento de freios individual para as rodas na carreta como mostrado na Figura 10. Esse sistema tem um funcionamento similar ao EBS, porém nesse caso ele irá atuar no semirreboque na Figura 11. Suas vantagens estão na facilidade de instalação para semirreboques já existentes, rápida resposta de acionamento, assistência em curvas e melhora na manobrabilidade. Já como desvantagens tem-se a necessidade de constante manutenção e alteração do sistema de freios do semirreboque.

Figura 10: Sistema nos eixos do semirreboque



Fonte: Autores

Figura 11: Localização do sistema



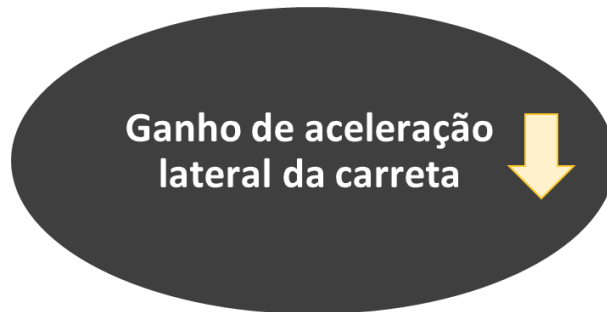
Fonte: You Tube - Voith Animation Retarder VR115 CT

3.3 WOIS

Para propor um novo sistema como visto anteriormente, foi utilizado o triângulo de inovação WOIS, que tem por propósito buscar soluções lógicas através do conflito de objetivos.

Depois de muitas análises, foi considerado como principal tarefa, ou objetivo principal, reduzir o ganho de aceleração lateral da carreta. Conforme representado na Figura 12.

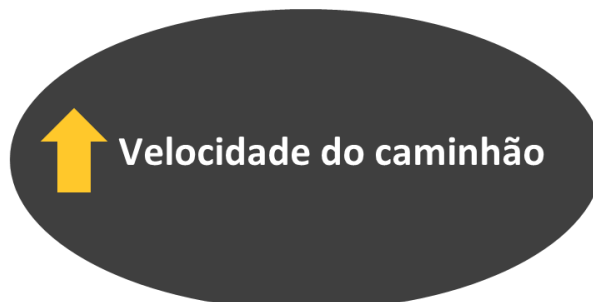
Figura 12: Primeiro objetivo WOIS



Fonte: Autores

Logo após resolvido o objetivo principal, é analisado qual seria o conflito alvo, conhecido também como contradição alvo ou objetivo contraditório, no qual foi determinado como sendo a diminuição de velocidade do caminhão numa situação de frenagem, objetivo esse que também deve ser atingido. Conforme representado na Figura 13.

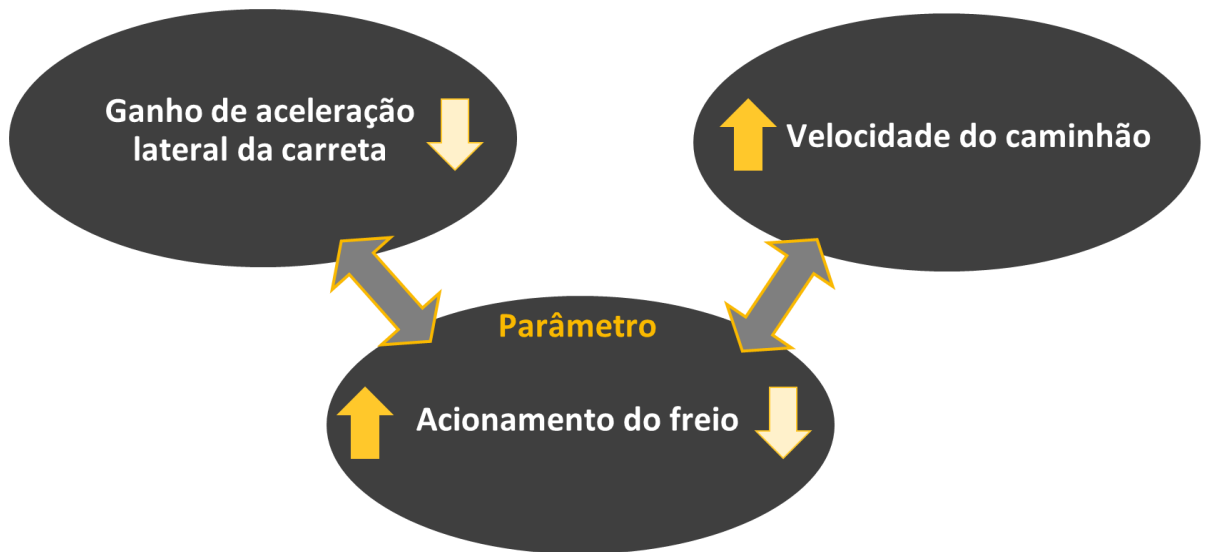
Figura 13: Conflito alvo WOIS



Fonte: Autores

Por último foi estudado, e encontrado, o parâmetro entre os dois objetivos, que tem a função de desenvolver a contradição entre eles. O parâmetro considerado foi o acionamento do freio. Em um sistema de frenagem comum de uma carreta o maior acionamento do freio leva à um aumento no ganho de aceleração lateral, o que gera um resultado contrário ao desejado. Porém, o aumento do acionamento do freio é favorável para a diminuição da velocidade do caminhão. Conforme representado na Figura 14.

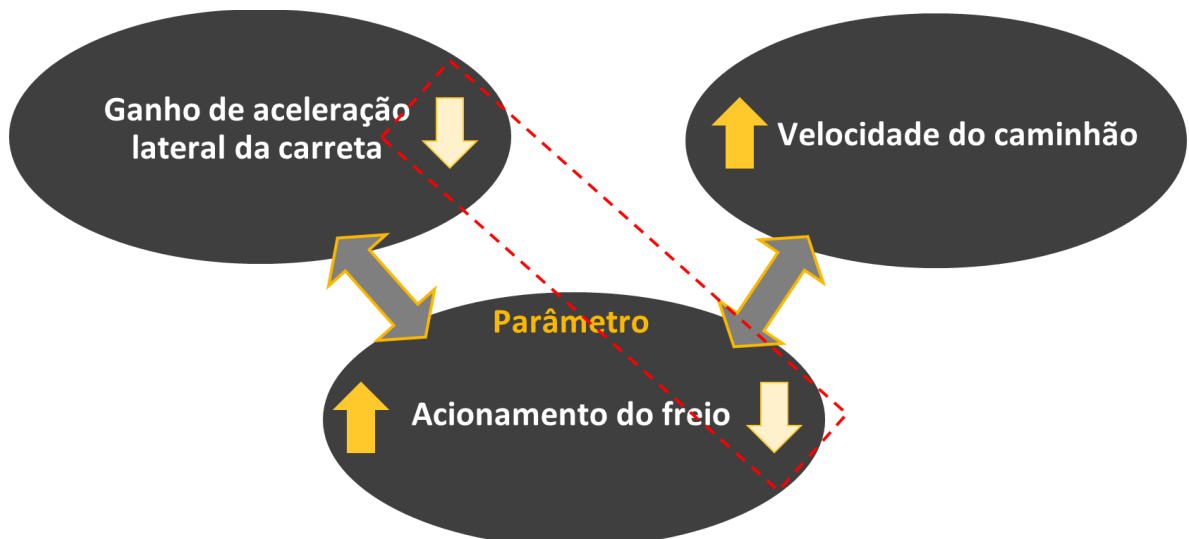
Figura 14: Parâmetro WOIS



Fonte: Autores

Dessa forma gerou-se um pensamento lateral ilógico entre o acionamento do freio e a aceleração lateral da carreta, criando assim um paradoxo que deve ser desafiado segundo o método WOIS, o qual defende que a inovação refere-se à uma solução de desafios contraditórios, a partir de uma situação difusa, devendo assim ser aplicada com êxito na prática. Conforme representado na Figura 15.

Figura 15: Resultado pelo triângulo de inovação WOIS



Fonte: Autores

3.4 MATRIZ DE DECISÃO

A matriz de decisão é um método utilizado para auxiliar na tomada de decisão de um projeto, e neste caso foi utilizado o método AHP “Analytic Hierarchy Process”. Este método ajuda a realizar e justificar uma escolha, desta forma, trata-se de um método a priori, determinando os critérios e seus pesos a partir das preferências dos decisores. O AHP fornece um procedimento compreensivo e racional para modelar um problema de decisão, representando e quantificando as variáveis envolvidas em uma hierarquia de critérios ponderados por referências (pesos).

A hierarquia de critérios e pesos da AHP é definida pelos tomadores de decisão à medida que se constrói o modelo. Os critérios são comparados entre si dois a dois. A hierarquia do AHP permite que elementos distintos, ou mesmo incomensuráveis, sejam comparados entre si de maneira racional e consistente. A racionalidade provem da quantificação enquanto que a consistência é assegurada pelo modelo.

Em resumo, AHP é um modelo tradicional de tomada de decisão baseado em multi-critério. Os critérios são modelados a partir das preferências dos tomadores de decisão para construir o modelo. Uma vez construído, ele pode ser utilizado para analisar, comparar e priorizar alternativas de soluções.

Assim, define-se 4 sistemas de solução e avalia-se cada um em relação aos respectivos critérios.

Para avaliação do benchmarking foi utilizado:

- a) Possibilidade de *Retrofit* (intercambiabilidade);
- b) Controle nas curvas;
- c) Eficiência na frenagem;
- d) Controle em guinadas;
- e) Inovação;
- f) Nível de modificação no caminhão.

A possibilidade de *Retrofit* tem grande importância para o projeto, pois tem o intuito de ser adaptável para carretas já existentes. O controle nas curvas é um parâmetro importante, pois uma parte das estatísticas constata que nessas situações o efeito “L” está propenso a ocorrer ocasionando assim acidentes. Partindo deste princípio, a eficiência na frenagem tem grande relevância para que o projeto possua um bom desenvolvimento. O controle em guinadas é exatamente a intenção final do trabalho em desenvolvimento, sendo este o critério mais relevante dentre os demais.

A inovação é um ponto em de grande relevância, pois um novo produto deve ser um diferencial dentre os demais existentes, para obter destaque em relação ao mercado.

O nível de modificação no caminhão deve ser avaliado de forma precisa, pois, dependendo da complexidade da modificação, poderá influenciar na intercambiabilidade (*Retrofit*) que é alvo do projeto em desenvolvimento.

Partindo para a construção da matriz AHP, o ponto inicial é a construção dos critérios, conforme Tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Matriz de julgamento dos critérios

	Possibilidade de Retrofit	Controle nas curvas	Eficiência na frenagem	Controle em guinadas	Inovação	Nível de modificação no caminhão
Possibilidade de Retrofit	1	1	1/3	1/3	5	1
Controle nas curvas	1	1	1/3	1/3	5	3
Eficiência na frenagem	3	3	1	3	5	3
Controle em guinadas	3	3	1/3	1	5	3
Inovação	1/5	1/5	1/5	1/5	1	1/3
Nível de modificação no caminhão	1	1/3	1/3	1/3	3	1

Fonte: Autores

Após os processos de normalizações são obtidos os resultados onde deve ser observado o valor do índice de consistência (IC) que deve ser menor que 0,1, caso seja maior, deverá ser refeito os julgamentos deste processo. Neste caso, o índice de consistência (IC) é de 0,08374.

O próximo passo é similar ao anterior, porem deve ser feito para os produtos que estão sendo analisados na Tabela 2:

Tabela 2: Matriz de julgamento dos produtos

	Sistema anti-acotovelamento aplicado na 5ª	Sistema de controle por articulação na 5ª	Sistema de freios EBS na unidade motora	Sistema de freios EBS no semirreboque
Sistema anti-acotovelamento aplicado na 5ª	1	3	1/3	1/7
Sistema de controle por articulação na 5ª	1/3	1	1/5	1/7
Sistema de freios EBS na unidade motora	3	5	1	1/3
Sistema de freios EBS no semirreboque	7	7	3	1

Fonte: Autores

Onde obteve-se um índice de consistência (IC) de 0,0600.

Após as análises dos sistemas realizadas e aplicando os critérios de avaliação, elaborou-se a seguinte matriz de decisão conforme Tabela 3 abaixo:

Tabela 3: Matriz de decisão AHP

Critérios	Peso	Sistema anti-acotovelamento aplicado na 5ª roda	Sistema de controle por articulação na 5ª roda	Sistema de freios EBS na unidade motora	Sistema de freios EBS no semirreboque
Possibilidade de Retrofit	0,120	0,014	0,005	0,032	0,068
Controle nas curvas	0,149	0,017	0,007	0,040	0,085
Eficiência na frenagem	0,354	0,041	0,016	0,094	0,202
Controle em guinadas	0,246	0,029	0,011	0,065	0,141
Inovação	0,039	0,005	0,002	0,010	0,022
Nível de modificação no caminhão	0,093	0,011	0,004	0,025	0,053
TOTAL	1,000	0,116	0,045	0,266	0,572

Fonte: Autores

Com a matriz de decisão, pode-se definir que a solução mais bem classificada para o projeto é o sistema EBS para semirreboques, adotando este como base para o estudo.

4 PROPÓSITO

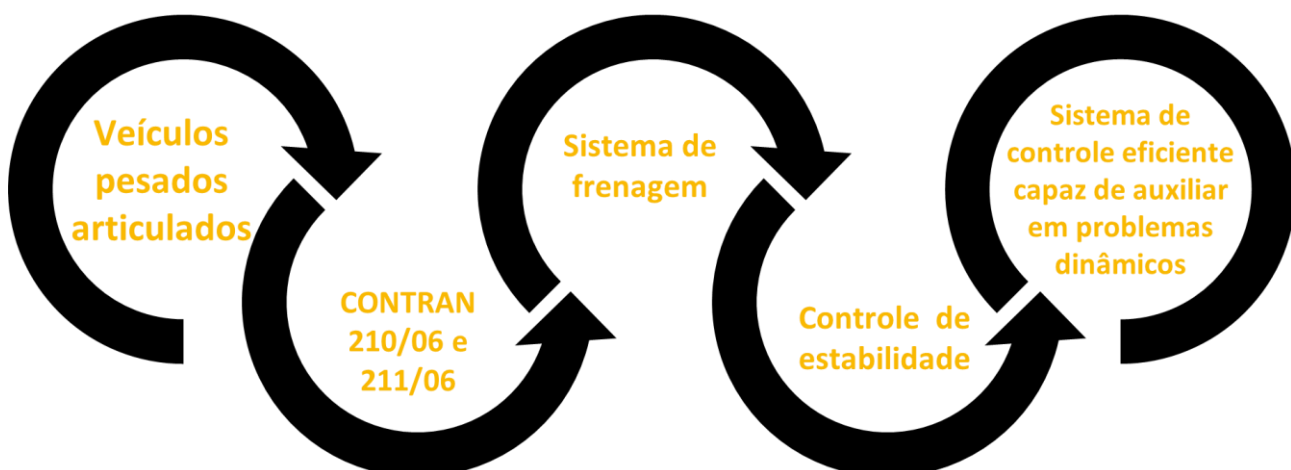
Enxerga-se que o propósito do projeto é a criação de um sistema para melhorar problemas de instabilidade, pois o transporte de carga deve ser feito de forma segura, preservando a vida e bem estar dos motoristas e passageiros. Assim, o sistema de freios será acionado para corrigir a trajetória e limitar o ângulo formado entre o caminhão-trator e o semirreboque evitando que o veículo chegue a uma condição onde a retomada de estabilidade seja impossível. O sistema será comercializado na forma de implemento para carretas já existentes baseando-se em uma equiparação dinâmica entre o cavalo-trator e o semirreboque.

- a) Criação de um sistema para melhorar os problemas de instabilidade;
- b) Sistema de freio acionado;
- c) Correção da trajetória;
- d) Limitação do ângulo formado entre o caminhão-trator e o semirreboque.

4.1 REQUISITOS

Para materializar o propósito em grandezas de engenharia, é necessário priorizar os requisitos. A entrega do projeto tem como foco veículos pesados articulados, seguindo todas as normas CONTRAN, para trabalhar com o sistema de frenagem na redução do número de acotovelamentos, e aprimorar a estabilidade com um sistema de controle eficiente, capaz de auxiliar em problemas dinâmicos conforme Figura 16.

Figura 16: Requisitos



Fonte: Autores

4.2 COLABORADORES

O projeto tem como *stakeholders* a FEI, governo e seus ministérios, investidores do mercado em geral, especialista na área rodoviária, professores, empresas do ramo e potenciais beneficiários do projeto conforme Figura 17.

Figura 17: Colaboradores



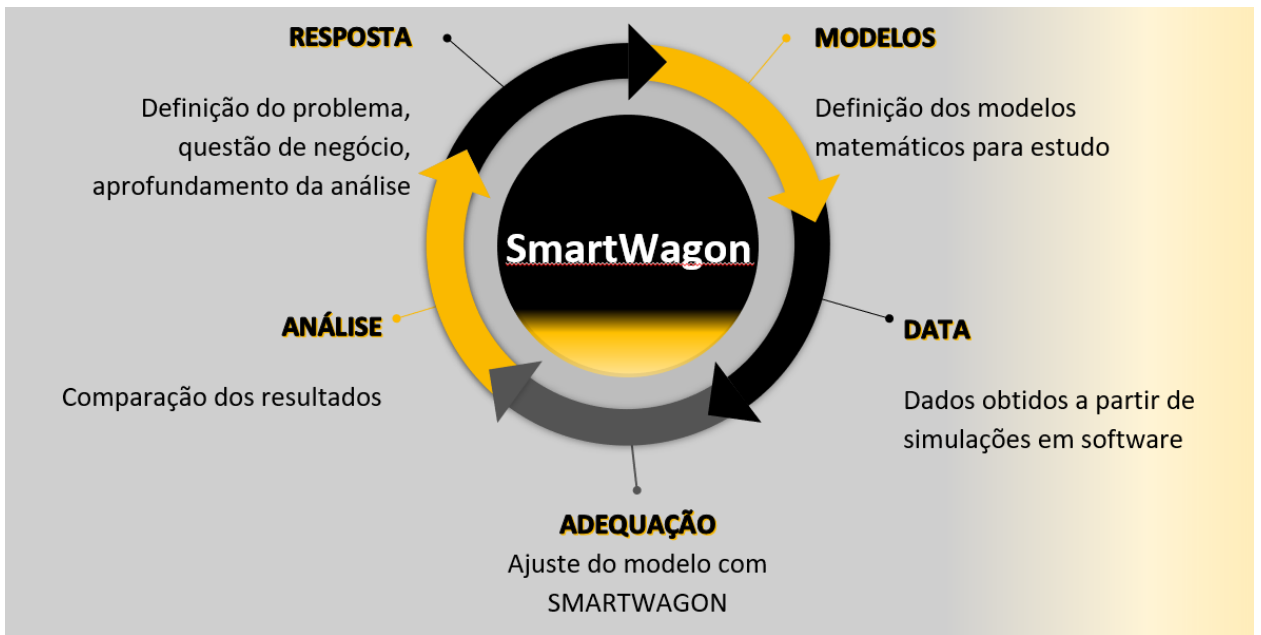
Fonte: Autores

4.3 FLUXOGRAMA

Sendo assim, foi montado o fluxograma de obtenção e validação de dados, no qual estará dividido em 5 etapas tendo, inicialmente, a definição dos modelos de estudo, seguido, com auxílio do software *Matlab*, pela simulação do comportamento do veículo, com e sem uso do Sistema de Freios EBS no Semirreboque.

Com base no estudo dos resultados, serão definidas alterações no modelo inicial, até que as condições desejadas sejam alcançadas com êxito conforme Figura 18.

Figura 18: Fluxograma



Fonte: Autores

5 FERRAMENTAS DE ENGENHARIA

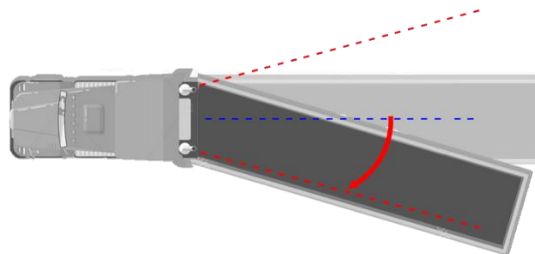
Neste tópico serão apresentadas ferramentas analíticas que foram utilizadas com a intenção de auxiliar o desenvolvimento e entendimento do projeto, identificar as peças a serem utilizadas, interação do sistema, possíveis falhas e suas soluções.

5.1 STORYBOARD

O objetivo do *storyboard* é mostrar de forma simples e visual o princípio de funcionamento do projeto.

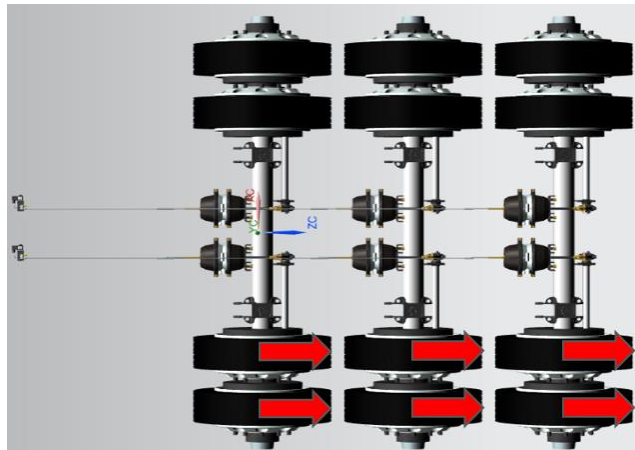
O *storyboard* foi feito pensando como o conjunto cavalo-semirreboque se comporta em uma situação de efeito L e como o sistema Smart Wagon corrigiria este comportamento. Quando o “efeito L” acontece, o sistema lê informações como ângulo de esterço, velocidade longitudinal e ângulo entre o cavalo e o semirreboque. Após a identificação do aumento desse ângulo, como pode-se notar na Figura 19, aciona-se o sistema de freio unilateral na Figura 20, com objetivo de corrigir a trajetória. O caminhão volta para o curso correto na Figura 21 e lentamente o freio é desacionado a fim de fazer com que o veículo este volte a sua posição neutra antes de ser irreversível.

Figura 19: Aumento de ângulo entre cavalo-trator e semirreboque



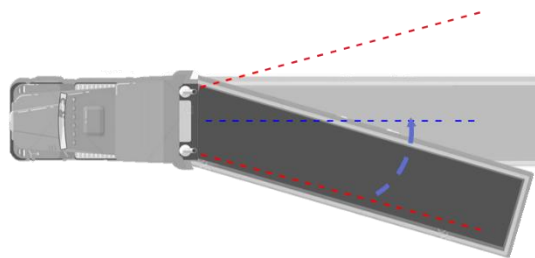
Fonte: Autores

Figura 20: Acionamento unilateral do freio



Fonte: Autores

Figura 21: Correção da trajetória



Fonte: Autores

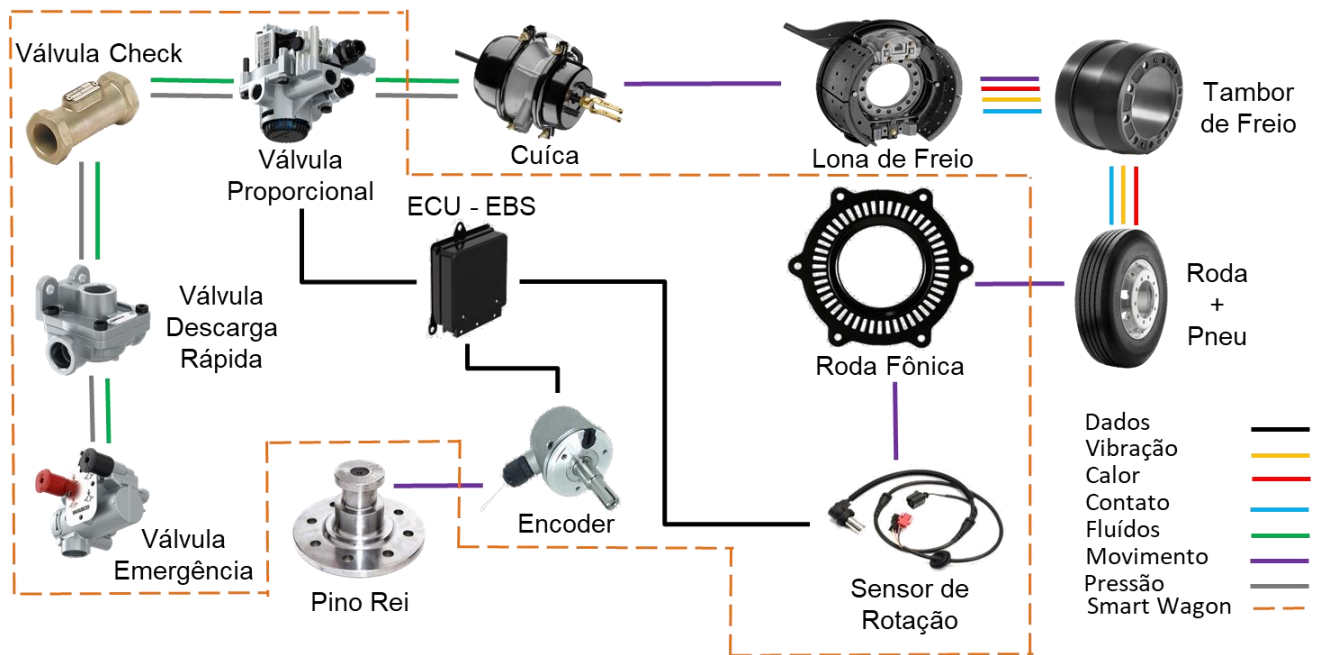
O uso desta ferramenta auxiliou a perceber a causa do problema apresentado e sua gravidade, mostrando de forma clara a proposta de evitar o “efeito L” e suas consequências.

5.2 BOUNDARY DIAGRAM

A função do *Boundary Diagram* é avaliar os tipos de interações entre os componentes presentes no projeto, com o intuito de estudar o funcionamento completo do sistema em desenvolvimento, obtendo em seguida conclusões sobre o funcionamento deste no FMEA, DFMEA e *P-Diagram*.

Dentre os tipos de interações, tem-se a troca de dados (preto), vibração (amarelo), calor (vermelho), contato (azul), fluidos (verde), movimento (roxo) e pressão (cinza). Conforme apresentado na Figura 22.

Figura 22: Boundary Diagram Smart Wagon



Fonte: Autores

Dentro do *Boundary Diagram* do projeto proposto foi avaliado também a posição onde estarão alocados os componentes do projeto que serão acrescentados, no tracejado laranja, ao sistema de freio já existente, concluindo que todos os novos componentes ficarão alocados na carreta.

5.3 ENGENHARIA REVERSA

A ferramenta engenharia reversa possui como principal objetivo detalhar os componentes que têm relevância para o projeto ou processo de estudo, através dessa ferramenta é possível determinar características de cada componente e identificar as possíveis interações devido suas peculiaridades como massa, tipo de material, entre outros.

Ao utilizar a ferramenta de engenharia reversa em um sistema de freios de um semirreboque, incluindo materiais para um uso com sistema de ABS, foram detalhadas características importantes de componentes utilizados no sistema. Portanto, foi determinado os itens necessários e analisados cada um para o funcionamento do sistema.

O funcionamento básico de freios de um semirreboque se assemelha em geral, por regularização através de normas, poucas são as peculiaridades encontradas em modelos específicos, portanto, foi escolhido um modelo simples de 3 eixos para a pesquisa.

Os itens descritos a seguir são encontrados atualmente no mercado, tendo como base um semirreboque padrão e novos itens para a implementação do controle. Foram adquiridos dados de suas dimensões, massa, matérias e possíveis fornecedores.

5.3.1 Distribuidor do Fornecimento de Ar

Responsável pelo direcionamento correto do ar pressurizado aos atuadores de freio que serão solicitados individualmente após serem selecionados pela ECU. O componente é representado na Figura 23.

Figura 23: Reservatório de ar



Fonte: WABCO, 2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Especificações do distribuidor de ar

Massa	kg	1,560
Dimensões Básicas	mm	174x172x139
Material	#	Aço
Processo de Fabricação	#	Fundição / Usinagem
Fornecedores	#	WABCO

Fonte: Autor

5.3.2 Sensor de Pressão de Ar

Item responsável por indicar a pressão de trabalho do sistema para a ECU, tendo esta recebido as informações de pressão, consegue identificar se o trabalho está dentro dos parâmetros ou se há alguma anomalia. O componente é representado na Figura 24.

Figura 24: Sensor de pressão de ar



Fonte: WABCO, 2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Especificações do sensor de pressão de ar

Massa	kg	0,033
Dimensões Básicas	mm	57x29x30
Material	#	silício, aço, cobre
Processo de Fabricação	#	usinagem, soldagem
Fornecedores	#	WABCO

Fonte: Autor

5.3.3 Válvula de Descarga Rápida

Válvula responsável por unir e separar de forma lateral o projeto, esta distribui a pressão de entrada em relação aos lados direito e esquerdo, também une o acionamento de freio de serviço às válvulas proporcionais. O componente é representado na Figura 25.

Figura 25: Válvula de descarga rápida



Fonte: WABCO, 2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Especificações da válvula de descarga rápida

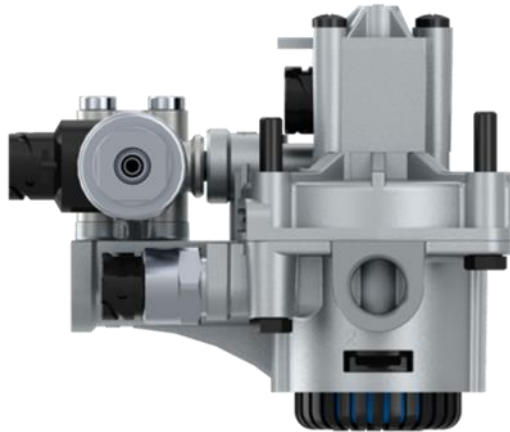
Massa	kg	0,250
Dimensões Básicas	mm	86x70x66
Material	#	Aço
Processo de Fabricação	#	Fundição / Usinagem
Fornecedores	#	WABCO

Fonte: Autor

5.3.4 Válvula Proporcional

A Válvula Proporcional tem como função modular a pressão de atuação de acordo com a solicitação devida através de sinais elétricos, estes vindo da ECU. O componente é representado na Figura 26.

Figura 26: Válvula proporcional



Fonte: WABCO, 2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Especificações da válvula proporcional

Massa	kg	1,787
Dimensões Básicas	mm	181x149x132
Material	#	Aço
Processo de Fabricação	#	Fundição / Usinagem
Fornecedores	#	WABCO

Fonte: Autor

5.3.5 Válvula de Check

Componente que restringe o fluxo de ar para apenas uma direção. O componente é representado na Figura 27.

Figura 27: Válvula check



Fonte: WABCO, 2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Especificações da válvula check

Massa	kg	0,170
Dimensões Básicas	mm	33x70x32
Material	#	Aço
Processo de Fabricação	#	Fundição / Usinagem
Fornecedores	#	WABCO

Fonte: Autor

5.3.6 Encoder

O *encoder* possui como função identificar a variação de ângulo entre cavalo-trator e o semirreboque, sendo então aplicado na quinta roda. O componente é representado na Figura 28.

Figura 28: Encoder



Fonte: Dynapar,2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Especificações do Encoder

Massa	kg	0,150
Dimensões Básicas	mm	88x58x52
Material	#	Aço, polímeros e cobre
Processo de Fabricação	#	Enrolamento, usinagem, montagem
Fornecedores	#	Dynapar/Hengstler

Fonte: Autor

5.3.7 Sensor de Rotação

Sensor utilizado em conjunto com a Roda Fônica, geram pulsos elétricos que pela sua frequência pode-se identificar a rotação da roda analisada, informação que analisada com outras pela ECU geram dados para atuação do sistema. O componente é representado na Figura 29.

Figura 29: Sensor de rotação



Fonte: WABCO, 2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Especificações do sensor de rotação

Massa	kg	0,001
Dimensões Básicas	mm	Ø20,6x57 + 2000mm de cabo
Material	#	Ímã permanente e bobina indutora
Processo de Fabricação	#	extrusão, injeção, encapamento
Fornecedores	#	WABCO

Fonte: Autor

5.3.8 Roda Fônica

Sua função principal é auxiliar através da sua forma geométrica o sensor de rotação, que devido a sua variação de material de forma circular, transmite juntamente com o sensor, pulsos para a central, identificando através dessa frequência a rotação dele. O componente é representado na Figura 30.

Figura 30: Roda fônica



Fonte: ATHENA, 2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: Especificações da roda fônica

Massa	kg	0,16
Dimensões Básicas	mm	Ø204x14
Material	#	Ligas de Aço
Processo de Fabricação	#	Usinagem
Fornecedores	#	WABCO

Fonte: Autor

5.3.9 Cabo de Interface ECU para atuadores

Possuem como função principal a transmissão de energia elétrica e informação de dados entre o sistema lógico e atuadores do sistema, se mostra item de grande importância e cuidado, podendo com a interrupção de dados acarretar no funcionamento indevido do sistema. O componente é representado na Figura 31.

Figura 31: Cabos de comunicação



Fonte: IFM Eletronic, 2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12: Especificações do cabo de interface ECU para atuadores

Massa	kg	1,14
Dimensões Básicas	mm	23,6x18000
Material	#	Cobre/polimeros
Processo de Fabricação	#	extrusão, encapsamento plástico, crimpagem
Fornecedores	#	WABCO

Fonte: Autor

5.3.10 Tubulação Pneumática

A Tubulação Pneumática é responsável por ser o principal caminho para o ar pressurizado utilizado como fluido de freio em veículos de carga, importante ter baixa dilatação e variação térmica para não influenciar na variação de pressão. A tubulação é representada na Figura 32.

Figura 32: Tubulação pneumática



Fonte: SBU Metalbras, 2020

Os principais dados da roda são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: Especificações da tubulação pneumática

Massa	kg	0,06
Dimensões Básicas	mm	1/4" x X
Material	#	PU/PA
Processo de Fabricação	#	Extrusão
Fornecedores	#	SBU Metalbras

Fonte: Autor

5.3.11 Conectores Pneumáticos

Os conectores pneumáticos são responsáveis pela fixação entre os tubos de ar pressurizados, importante que tenha encaixe preciso e bem fixado para que as vibrações atuantes na carga não os desprendam. O componente é representado na Figura 33.

Figura 33: Conectores pneumáticos



Fonte: SBU Metalbras, 2020

Os principais dados dos Conectores Pneumáticos são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14: Especificações da conexão pneumática

Massa	kg	---
Dimensões Básicas	mm	Rosca M22x1,5 - Tubo 12
Material	#	Aço Carbono, acabamento latonado
Processo de Fabricação	#	Usinagem
Fornecedores	#	SBU Metalbras

Fonte: Autor

5.3.12 ECU (*Electronic Control Unit*) Para Sensores

Central eletrônica que em conjunto com a central de atuadores, farão parte do sistema lógico de aquisição de informações e atuação do sistema. O componente é representado na Figura 34.

Figura 34: ECU para sensores



Fonte: CSM datasheet accessories, 2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15: Especificações da ECU para sensores

Massa	kg	0,30
Dimensões Básicas	mm	120x37x50
Material	#	Polímeros, alumínio, aço e cobre
Processo de Fabricação	#	Corte, impressão, soldagem, montagem
Fornecedores	#	VECTOR/CSM

Fonte: Autor

5.3.13 ECU Para Atuadores

Central eletrônica que em conjunto com a central de sensores, farão parte do sistema lógico de aquisição de informações e atuação do sistema. O componente é representado na Figura 35.

Figura 35: Sensor de pressão de ar



Fonte: CSM datasheet accessories, 2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16: Especificações do ECU para atuadores

Massa	kg	0,50
Dimensões Básicas	mm	200x40x50
Material	#	Polímeros, alumínio, aço e cobre
Processo de Fabricação	#	Corte, impressão, soldagem, montagem
Fornecedores	#	VECTOR/CSM

Fonte: Autor

5.3.14 Cabos Conexão entre ECUs – K70

Para comunicação via rede CAN entre as ECUs, é necessária uma conexão especial entre eles. O componente é representado na Figura 36.

Figura 36: Cabos Conexão entre ECUs – K70



Fonte: CSM datasheet accessories, 2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17: Especificações cabos conexão entre ECUs – K70

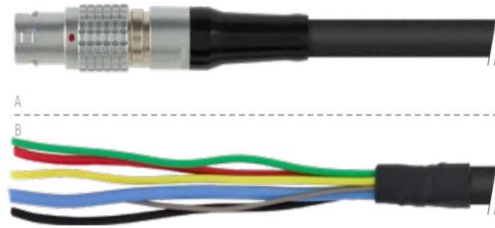
Massa	kg	---
Dimensões Básicas	mm	50,00
Material	#	Cobre/polimeros
Processo de Fabricação	#	extrusão, encapsamento plástico, crimpagem
Fornecedores	#	VECTOR/CSM

Fonte: Autor

5.3.15 Cabos de Interface CAN – K181

Cabos de comunicação via Rede CAN com possíveis módulos externos. O componente é representado na Figura 37.

Figura 37: Cabos de Interface CAN – K181



Fonte: CSM datasheet accessories, 2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: Especificações cabos de interface CAN – K181

Massa	kg	---
Dimensões Básicas	mm	5000,00
Material	#	Cobre/polimeros
Processo de Fabricação	#	extrusão, encapsamento plastico, crimpagem
Fornecedores	#	VECTOR/CSM

Fonte: Autor

5.3.16 Cabos Conexão Atuadores para ECU

Cabos que possuem como função a comunicação com os atuadores e módulos. O componente é representado na Figura 38.

Figura 38: Cabos de Conexão Atuadores para ECU



Fonte: CSM datasheet accessories, 2020

Os principais dados desse componente são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19: Especificações cabos conexão atuadores para ECU

Massa	kg	---
Dimensões Básicas	mm	5000,00
Material	#	Cobre/polimeros
Processo de Fabricação	#	extrusão, encapsamento plastico, crimpagem
Fornecedores	#	VECTOR/CSM

Fonte: Autor

5.4 ANÁLISE DE VALOR

A análise de valor é uma ferramenta que permite entender as funções do projeto tendo como base as seguintes classificações:

- a) Funções como básica e secundária;
- b) Características relevantes, irrelevantes ou não desejáveis.
- c) Se é de uso ou estética.

Através da análise de valor na óptica do cliente, consegue-se definir que todos os componentes são considerados principais, relevantes e de uso, fazendo-se necessários para o projeto conforme Figura 39.

Figura 39: Análise de valor

Reservatório de Ar	Armazenar Ar	P	R	U
	Equilibrar pressão do sistema	S	R	U
	Estabilizar distribuição do ar	S	R	U
ECU	Processamento de Dados	P	R	U
	Receber dados de entrada	S	R	U
	Enviar dados de saída	S	R	U
Válvula Proporcional	Direcionar fluxo de ar	P	R	U
Sensor de Rotação	Medir pulsos	P	R	U
	Transmitir dados	S	R	U
Roda+Pneu	Absorver irregularidades	P	R	U
	Suportar esforços	S	R	U
	Transmitir torque	S	R	U
Cuíca	Acionar o freio	P	R	U
	Suportar pressão	S	R	U
Lona de Freio	Produzir Atrito	P	R	U
Encoder	Coletar Dados	P	R	U
Válvula de Descarga Rápida	Conectar mangueiras	P	R	U
Válvula de Emergência	Distribuir ar	P	R	U
Mangueiras de Ar	Conduzir ar	P	R	U
Conectores Elétricos	Conectar cabos	P	R	U
Sensor de Pressão	Medir pressão	P	R	U
	Transmitir dados	S	R	U
Roda Fônica	Transmitir pulsos	P	R	U

Fonte: Autores

5.5 FUNCTIONAL ANALYSIS SYSTEM TREE (FAST)

Depois de feita a análise de valor desenvolveu-se o Funcional Analysis System Tree (FAST), que é uma técnica de desenvolvimento de representação lógica mostrando a relação entre as funções de um sistema, produto ou serviço baseado em questões de “Como?” e “Por quê?”. Por esta ferramenta é possível identificar os principais elementos do sistema e como eles funcionam e se ligam durante o processo, identificando também quando, como e porque cada elemento, principal e secundário, é acionado.

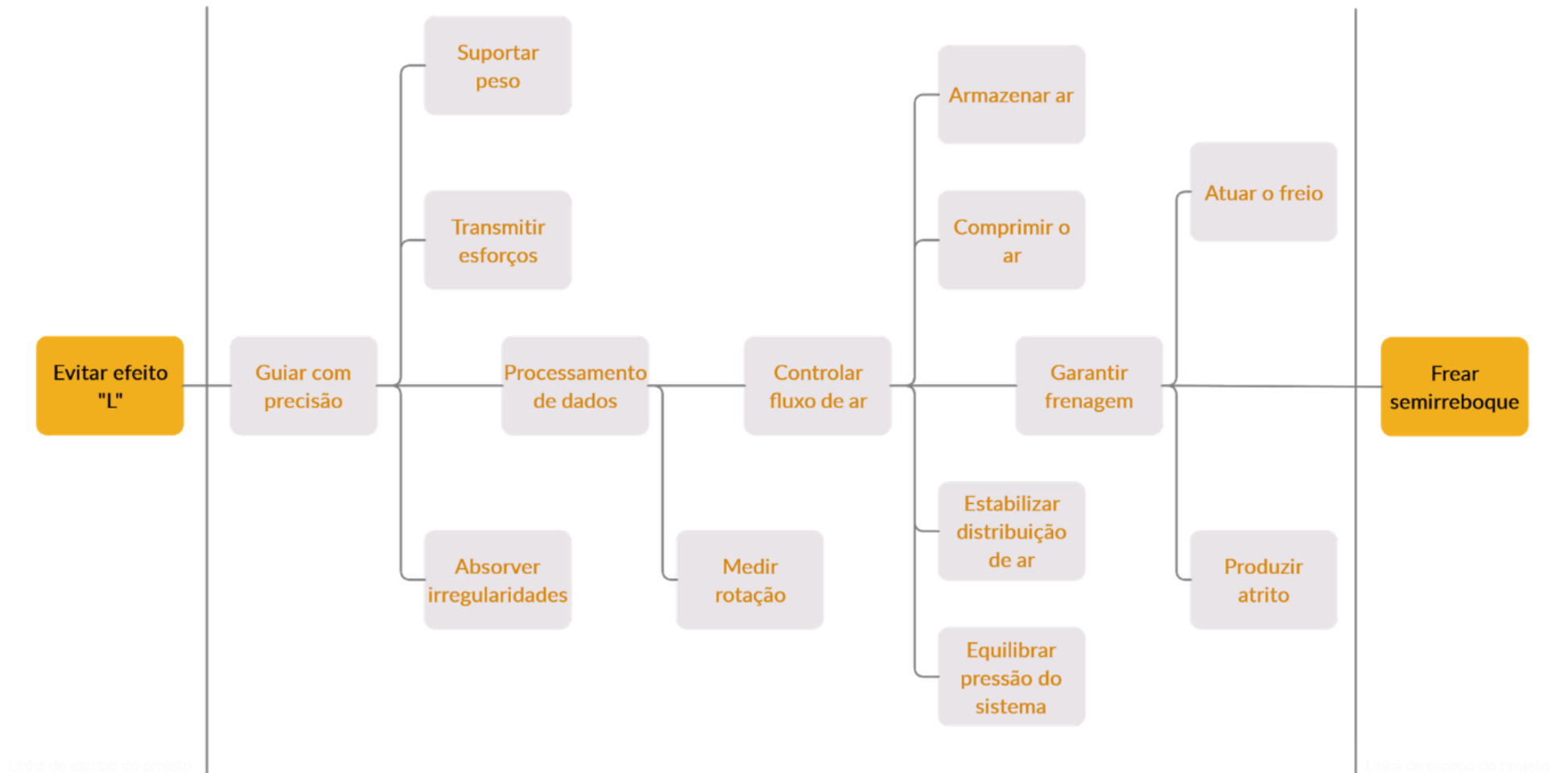
Para isto, definiu-se que o escopo do projeto está limitado em “Evitar o efeito L” e “Frear o Semirreboque” e que o caminho crítico passa por:

- a) pisar no pedal;
- b) cuíca;

- c) roda + Pneu;
- d) ECU - EBS;
- e) válvula Pneumática;
- f) compressor;
- g) reservatório de ar.

De cada item do caminho crítico derivam os elementos secundários que têm ligação direta com estes itens conforme Figura 40.

Figura 40: FAST: *Function Analysis System Tree*



Fonte: Autores

Através da ferramenta foi possível estabelecer a estrutura do projeto e visualizar as partes e componentes presentes e suas ligações e funcionalidades dentro do sistema.

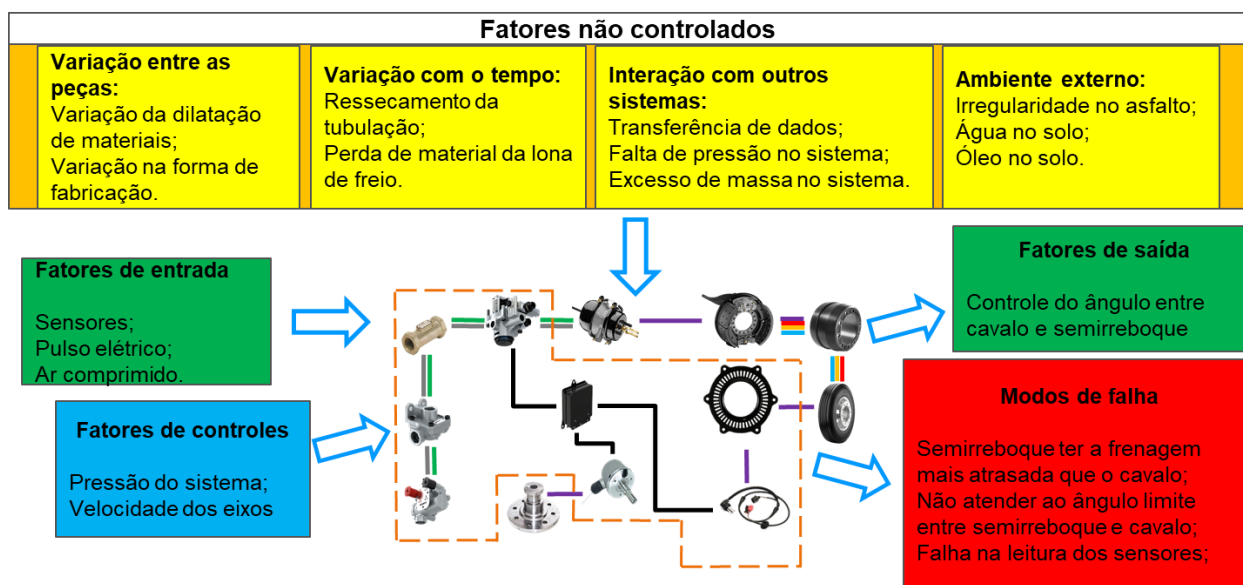
5.6 P-DIAGRAM

A ferramenta *P-Diagram* tem por função no projeto avaliar o funcionamento do sistema de freios de uma carreta da forma como é desenvolvida atualmente.

Classificando os fatores controlados, entradas, e ruídos do sistema não controlados, é possível analisar claramente quais são os pontos passíveis de mudanças. Uma vez que estes são determinados, todo o trabalho é focado em parâmetros, fatores de controle, que podem ser alterados nestes fatores controláveis, para gerar as saídas adequadas.

Através do *P-Diagram* mostrado na Figura 41, identifica-se os modos de falha que podem ocorrer gerando saídas não desejadas para o sistema. Pontos sobre os quais serão trabalhados na ferramenta D-FMEA para não ocorrerem no projeto.

Figura 41: P-Diagram



Fonte: Autores

5.7 SCAMPER

A ferramenta SCAMPER, tem como objetivo reunir ideias de diferentes perguntas visando dentro dessas respostas, novas possibilidades de um processo ou produto, podendo ser aplicado no início do projeto para desenvolvimento de inovação ou até mesmo num projeto já existente

buscando sua melhoria, ou seja, SCAMPER é uma ferramenta de auxílio constante, dependendo apenas da equipe de projeto aplicá-la quando se visar necessário.

A ferramenta SCAMPER é uma abreviação dos seguintes questionamentos:

- a) S – Substituir;
- b) C – Combinar;
- c) A – Adaptar;
- d) M – Modificar;
- e) P – Por em outros usos;
- f) E – Eliminar;
- g) R – Reverter.

Com o uso de reuniões de equipe e colocando em prática essa ferramenta foi possível obter os seguintes apontamentos para o projeto:

5.7.1 S – Substituir

O produto pode ser substituído por atuadores ou limitadores mais diretos aplicados à quinta roda limitando em determinadas velocidades a variação de ângulo entre o cavalo-trator e o semirreboque, tendo em vista que a ideia principal é uma atuação reativa após aplicação de carga no freio.

5.7.2 C – Combinar

Pode-se combinar o produto com aquisição de dados do próprio caminhão e através de uma rede de dados compartilhar casos que possam auxiliar o algoritmo inicial, incrementando essas informações poderia evitar uma maior gama de possibilidades de acotovelamento.

5.7.3 A – Adaptar

O produto poderia ser adaptado para condições climáticas mais extremas, como neve por exemplo. Outra possibilidade seria adaptar seu uso para casos de tombamento e qualquer outro tipo de eventualidade com acidentes de semirreboques.

5.7.4 M – Modificar

Poderia ser modificado para ter uma interação com o usuário com alertas de tipos de condução e como poderia adaptar seu modo de condução de acordo com o ambiente.

5.7.5 P – Por em outros usos

Com o sistema inteligente de atuação individual, poderia pôr em uso o sistema já existente de ABS atual, visando poucas modificações.

5.7.6 E – Eliminar

Em nosso sistema há uma célula de carga que poderia ser eliminada, sendo que seu uso atual seria de confirmação de dados e de aquisição de outros para fim de estudos.

5.7.7 R – Reverter

Não foi encontrado respostas para este item, tendo em vista que a reversão de nossa ideia teria de encontro a situação de acotovelamento, ou seja, situação crítica que o projeto visa evitar.

Para o projeto em questão, a decisão tomada com o uso da ferramenta SCAMPER foi de eliminar (letra “E”) o uso da célula de carga, considerada como ferramenta com redundância de informação, trazendo apenas maior complexidade e custo ao projeto.

5.8 FMEA

O FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) é uma ferramenta com o objetivo de prevenir falhar e promover a melhoria contínua durante o desenvolvimento de um projeto ou processo na análise das falhas em potencial de modo que suas respectivas causas sejam analisadas, para que possam tomar ações preventivas necessárias, evitando suas ocorrências. O FMEA deve ser realizado desde as etapas iniciais de concepção do projeto e deve estender-se ao longo do desenvolvimento. A voz do cliente deve ser levada em consideração na elaboração do FMEA, pois ela pode ajudar a estabelecer as diretrizes a serem tomadas quando necessário. Abrange as recomendações, queixas, dados e informações obtidas dos clientes.

5.8.1 Objetivos do FMEA

Dentre os objetivos do FMEA, os principais são:

- a) ajudar a identificar modos de falha, avaliar os modos de falha potenciais e seus efeitos identificando suas causas e encontrar ações que possam eliminar ou reduzir a chance de sua ocorrência;
- b) desenvolvimento de produto/ processo robusto;

- c) documentar e divulgar os riscos provenientes do desenvolvimento do produto/ processo para projetos futuros e suas alterações;
- d) identificar possíveis problemas relacionados a itens de segurança e que afetem regulamentações governamentais do produto;
- e) melhoria contínua na Qualidade através da diminuição dos riscos de falha;
- f) melhoria dos produtos e processos;
- g) prevenir através da detecção;
- h) prevenir de fontes potenciais de insatisfação do cliente;
- i) reduzir custo;
- j) reduzir tempo de desenvolvimento.

5.8.2 Benefícios do FMEA

Dentre os benefícios do FMEA, os principais são

- a) aumento da confiabilidade, qualidade e segurança do produto/ processo; b) redução do custo e do tempo de desenvolvimento do produto/ processo;
- c) critério de planejamento e aplicação seletiva das inspeções, ensaios e controles necessários;
- d) ajudar a alcançar e superar as expectativas dos clientes;
- e) documentação do conhecimento tecnológico que a empresa adquire sobre o produto/ processo e das ações tomadas com objetivo de reduzir riscos.

5.8.3 FMEA de Projeto

O DFMEA deve ser iniciado antes ou na finalização do conceito do projeto para assegurar que os modos de falha potenciais e suas causas e mecanismos sejam considerados e abordados. A análise é feita dividindo o produto em níveis de complexidade como sistemas, subsistemas, subconjuntos e componentes. Os itens que deverão ser preenchidos são:

- a) item/ função: – descrição do item que será analisado e sua função, ou seja, a necessidade que o item precisa satisfazer, a atividade ou uso para qual o objeto se destina;
- b) requisitos: – requisitos para cada uma das funções analisadas com base no cliente;
- c) modo de falha potencial: – potencial falha em atender ou entregar a função pretendida descrita, maneira como a falha se manifesta, forma como o item deixa de atender os requisitos do projeto e/ou expectativas do cliente;

d) efeito potencial da falha: – descrição das consequências da falha, aquilo que o cliente poderia notar, sofrer ou experimentar;

e) severidade: – estimativa da gravidade da falha com relação a insatisfação do cliente, custo para a empresa, performance, imagem da empresa, riscos de segurança pessoal do usuário e desobediência às regulamentações governamentais, o valor associado refere-se ao efeito mais grave para um dado modo de falha.

Tabela 20: Classificação do índice de severidade

Classificação	Efeito
10	Falha em atender a Requisitos de Segurança e/ou Regulatórios Pode trazer perigo para o operador ou na montagem sem aviso prévio
9	Falha em atender a Requisitos de Segurança e/ou Regulatórios Pode trazer perigo para o operador ou na montagem com aviso prévio
8	Perda ou Interrupção Total do Produto ou Processo Função primária inoperável, mas não afeta a segurança
7	Grande Perda ou Interrupção Significante Função primária com desempenho reduzido
6	Perda ou Interrupção Moderada Perda da função secundária, de conforto ou conveniência inoperável
5	Perda ou Interrupção Moderada Degradação da função secundária, de conforto ou conveniência reduzida
4	Perda ou Interrupção Menor Aparência ou Ruído não conforme e percebido por mais de 75% dos clientes
3	Perda ou Interrupção Menor Aparência ou Ruído não conforme e percebido por mais de 55% dos clientes
2	Incomodo ou Desconforto Aparência ou Ruído não conforme e percebido por mais de 25% dos clientes
1	Nenhum Efeito perceptível

Fonte: FMEA 4ª edição, ano.

Agora como parâmetro de validação utiliza-se o produto de três fatores, sendo eles severidade, ocorrência e detecção. Isso é útil para se saber qual dos componentes é o que tem maior risco a falha. Abaixo segue uma explicação mais detalhada:

a) RPN: O número de prioridade de risco é o índice de risco potencial, ou seja, o produto das classificações de severidade, ocorrência e detecção, conforme:

$$RPN = Severidade \times Ocorrência \times Detecção \quad (1)$$

- b) ações recomendadas: Ações preventivas recomendadas, como forma de prevenir o acontecimento dos modos de falha e reduzir os índices encontrados na seguinte ordem: severidade, ocorrência e detecção. Deve também se priorizar itens críticos e de segurança;
- c) ações tomadas: Ações tomadas de fato;
- d) severidade: Novo índice de severidade, depois da implementação das ações;
- e) ocorrência: novo índice de ocorrência, depois da implementação das ações;
- f) detecção: Novo índice de detecção, depois da implementação das ações;
- g) RPN final: Novo índice de risco, depois da implementação das ações.

5.8.4 Conclusões *Design Failure Modes and Effects Analysis* (D-FMEA)

Os componentes que resultaram no maior RPN, foram o redutor e a válvula de abastecimento, ambos com potencial de explosão devido ao desgaste do componente ou falha no momento da instalação. Como medidas de controle, deverá haver instruções na montagem e cálculo de vida útil dos componentes para que haja um plano de manutenção preventiva.

A análise e montagem do *Design Failure Modes And Effect Analysis* (D-FEMEA), só é possível devido a retirada de informações fornecidas pelo *P-Diagram*. Nessa concepção, essa ferramenta tem como objetivo identificar e classificar o componente que gerou tal modo de falha.

No Apêndice A relacionou-se alguns componentes que foram considerados como críticos para o funcionamento do sistema. Eles foram classificados de acordo com: função, modo de falha, efeito, causa, severidade, ocorrência, detecção, número de prioridade de risco e ação preventiva.

Depois de feita essa análise dos componentes, concluiu-se que os componentes mais críticos são: o módulo de controle (ECU), o medidor de rotação e o *encoder* rotativo (medição de ângulo). Nesses casos, uma falha pode acarretar o não funcionamento adequado do sistema, causando o travamento das rodas ou não evitando o acotovelamento.

Uma segunda possibilidade de falha seria referente as funções secundárias de alguns componentes, que seriam a válvula proporcional, conector pneumático, e a válvula de descarga rápida. Nesses casos, suas falhas podem acarretar o não acionamento do sistema de freio, algo considerado como severidade alta. Sendo assim, pode-se definir como ação preventiva a validação do componente antes da instalação.

6 MODELO DE NEGÓCIO

Nesse capítulo será apresentado o desenvolvimento desde as parcerias para dar início ao projeto, bem como o modelo de negócio.

6.1 PARCERIA

Nosso projeto contou com o apoio da empresa Virtual CAE, que auxiliou durante a etapa de simulação do projeto. Na utilização do software TruckSim teve-se algumas dificuldades em relação ao seu funcionamento e validação dos dados. A consultoria deles foi de grande importância para o andamento do projeto.

A Dakar Transportes que cedeu valores de revisão de freios completa para caminhões articulados e auxiliou com todas as dúvidas referente a parte de manutenção e revisão.

6.2 CANVAS DE NEGÓCIO

O Business Model Canvas, também conhecido como Quadro de Modelo de Negócios ou apenas Canvas de Negócio, é uma ferramenta de gerenciamento estratégico, que permite esboçar modelos de negócio, sejam eles novos ou já existentes. Permite observar pontos fundamentais de um plano de negócio de forma rápida e eficiente. Este canvas foi proposto por Alexander Osterwalder, em 2004.

Com ele, é possível criar um mapa dos principais pontos que constituem uma organização, ou um negócio. “Um modelo de negócios descreve a lógica de criação, entrega e 52 capturas de valor por parte de uma organização” (OSTERWALDER, 2004). Com essa visão, Osterwalder através de um processo colaborativo e, utilizando conceitos de *design thinking*, criou um modelo capaz de condensar todas as informações necessárias para explicar uma empresa e/ou um negócio em apenas uma página.

A estrutura simplificada de um *canvas* de negócio pode ser vista na Figura 42.

Figura 42: Representação Canvas



Fonte: Voitto-Canvas

A estrutura é dividida em 9 blocos, que representam os pontos cruciais que devem ser levados em conta quando o assunto é projeto.

a) Proposta de valor: – Segundo Osterwalder (2004): “[Uma proposta de valor] é uma visão geral dos produtos e serviços que, juntos, representem valor para um segmento de clientes específico”. Clareza na explicação da proposta, simplicidade, deixar claro o diferencial do projeto;

b) Segmentos de clientes: diferentes faixas de clientes com necessidades diferentes, lucratividade substancialmente diferente;

c) Relacionamento com clientes; interação humana, experiência do cliente com a empresa, empatia.

d) Canais de comunicação com os clientes: meios de comunicação, ampliar conhecimento dos clientes sobre produtos, fornecer suporte, permitir que o cliente adquira o produto com facilidade;

e) Atividades chave: produção, treinamento contínuo, fornecimento de serviço;

f) Recursos chave: físico, humano, financeiro;

g) Parceiros chave: fornecedores, parceiros em cunho estratégico;

h) Estrutura de custos: custos fixos, variáveis, economia de escala;

i) Fontes de renda: produto, treinamento, peças de reposição.

Seguindo, tem-se que proposta de valor do projeto possui como premissa: o transporte de cargas deve ser feito de forma segura, preservando a vida e bem estar dos motoristas e passageiros. Para isso nosso objetivo é reduzir a amplificação traseira em 15%.

O seguimento de clientes será transportadoras e montadoras de implemento. Em seguida o relacionamento com clientes será feito por um atendimento personalizado e visitas técnicas. Visto isso, os canais serão anúncios google, website, redes sociais e feiras do segmento.

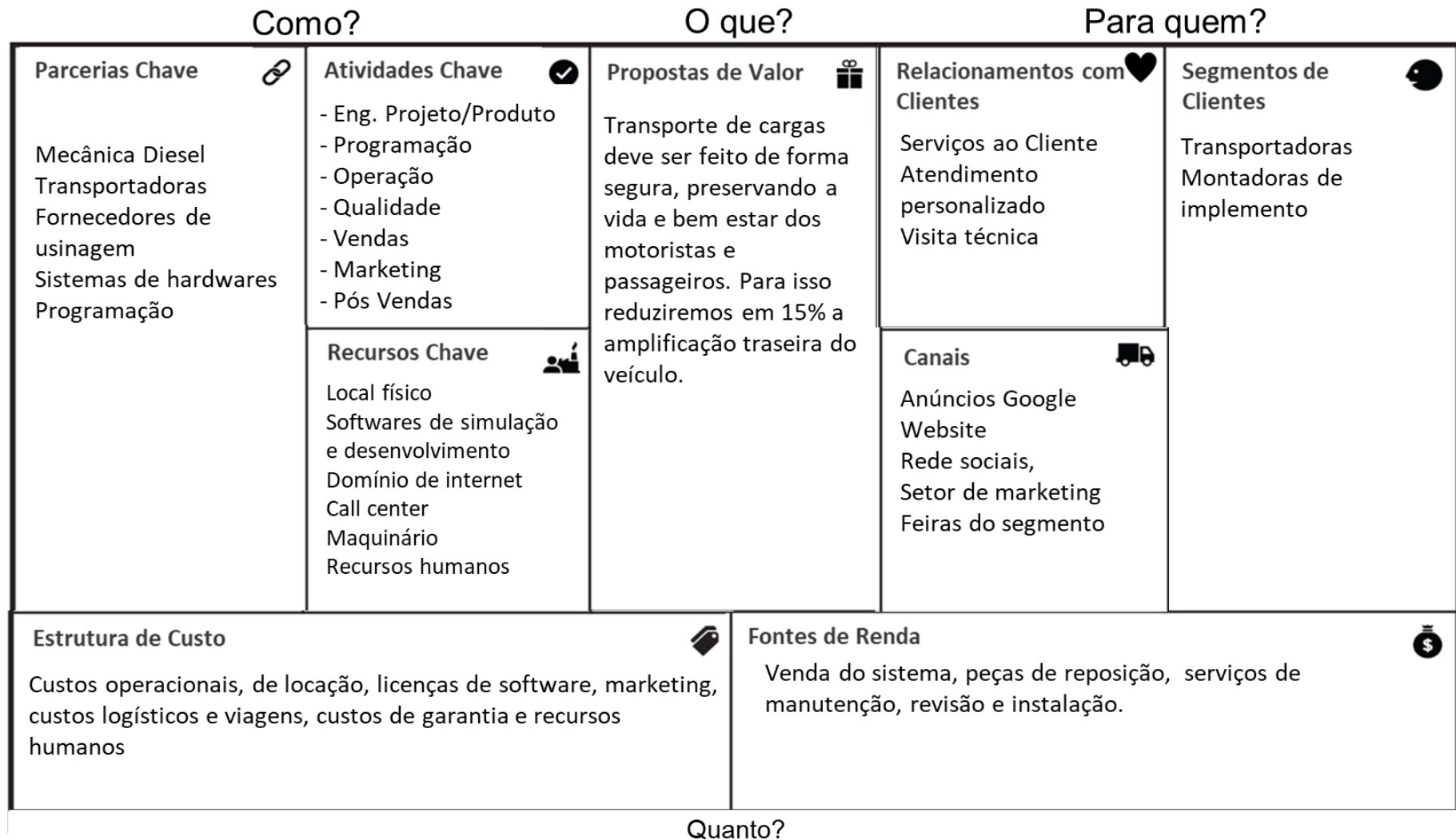
Como atividades chave Engenharia de projeto e produto, programação, operação, qualidade, vendas, marketing e pós vendas.

Para recursos chave tem-se a necessidade de um local físico, software de simulação, domínio de internet, call center e recursos humanos.

Os parceiros chave serão oficinas mecânicas, transportadoras e empresas para criação de hardware e programação.

A estrutura de custo se baseia na operação, locação, logística, licença de software. Por fim, a fonte de renda será venda do produto, peças de reposição, revisão e instalação. Para uma melhor visualização das informações, segue o canvas na Figura 43.

Figura 43: *Canvas* Modelo de Negócio



Fonte: Autores

7 MODELAMENTO MATEMÁTICO

Será apresentado o modelo matemático utilizado para as simulações. É válido ressaltar que no modelo matemático foi adaptado do trabalho “Avaliação da Estabilidade Lateral em Conjuntos de veículos de Carga” do autor Rubem Penteado de Melo.

Este modelo foi baseado para um bi-trem, porém para o estudo em questão será feito algumas adaptações para se retirar o segundo semirreboque. Dessa forma as informações referentes a esse segundo semirreboque serão desconsideradas nos dados de parametrização do conjunto.

7.1 DEFINIÇÕES

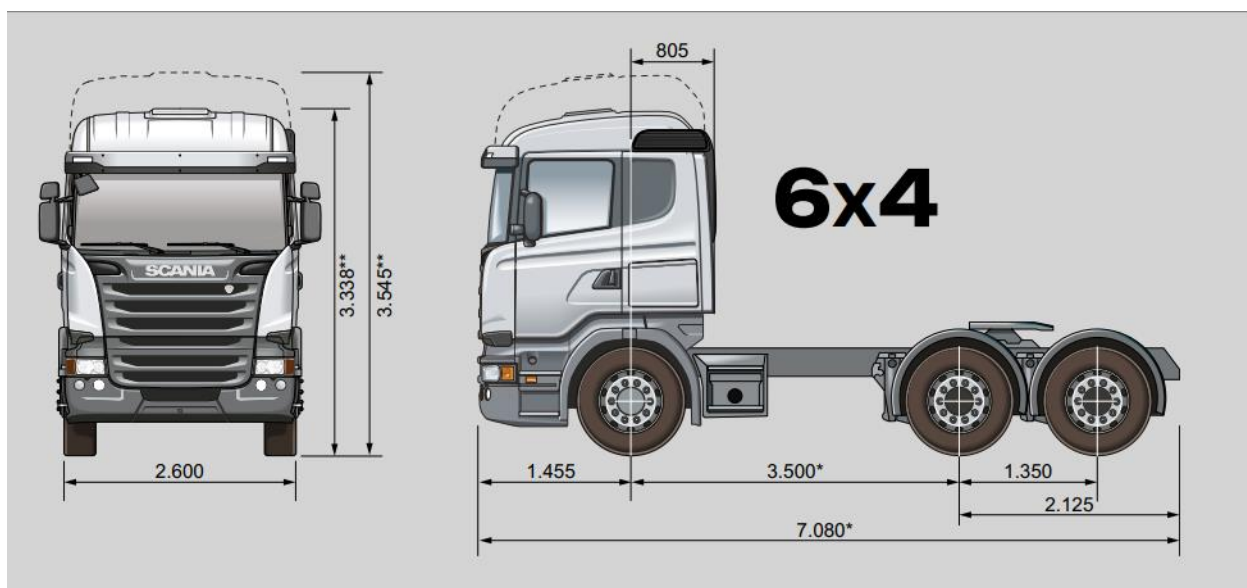
Adota-se o cavalo-trator um semirreboque que já existem no mercado para tomar como base suas dimensões e utilizá-las nas simulações. A escolha foi feita de acordo com os produtos mais vendidos de cada um dos componentes.

7.1.1 Cavalo-Trator

Inicialmente adota-se um padrão de cavalo trator como base inicial para o estudo. Foi escolhido uma unidade motora 6x4 com tração nos dois eixos traseiros.

Na Figura 44 tem-se uma ilustração do cavalo escolhido com suas respectivas dimensões que serão úteis para os parâmetros do projeto.

Figura 44: Ilustração do cavalo tractor adotado com base

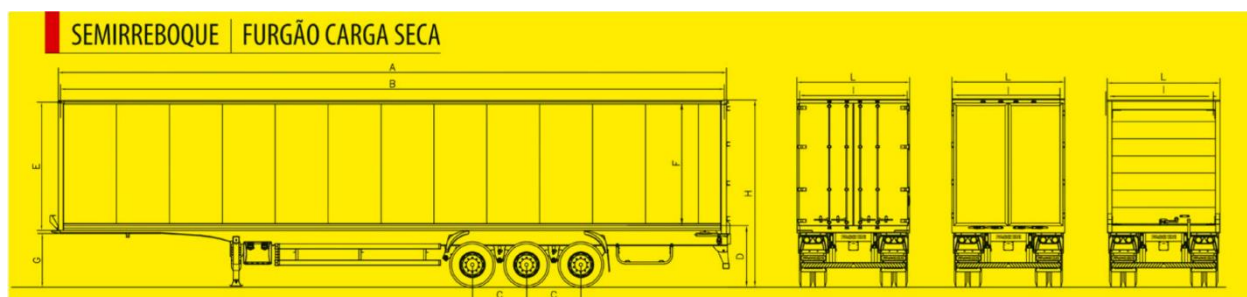


Fonte: Scania

7.1.2 Semirreboque

O semirreboque também foi escolhido com o mesmo critério de avaliação da unidade motora. Foi escolhido o modelo “Furgão (Baú), Carga seca” da fabricante Facchini. Na Figura 45 e Tabela 21 é possível observar o implemento bem como, suas devidas dimensões.

Figura 45: Representação técnica com vistas do implemento



Fonte: Facchini

Tabela 21: Informações do dimensional do implemento

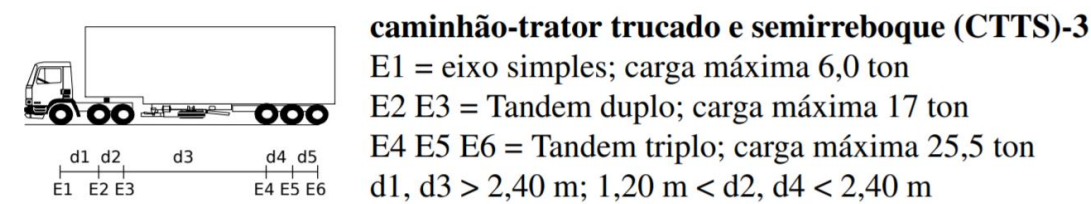
ITEM	CARACTERÍSTICAS	DIMENSÕES mm						
		A	COMPRIMENTO EXTERNO	10.500	11.500	12.500	13.500	14.800
B	COMPRIMENTO INTERNO	10.400	11.400	12.400	13.400	14.700	14.900	15.300
C	DISTÂNCIA ENTRE EIXOS JUNTOS	1.250						
D	ALTURA ASSOALHO DESCARREGADO	2.474						
E	ALTURA EXTERNA	2.600						
F	ALTURA INTERNA	2.950						
G	ALTURA QUINTA RODA	2.840						
H	ALTURA TOTAL	4.303						
I	LARGURA INTERNA	1.415						
L	LARGURA EXTERNA	1.250 a 1.320						
	PNEUS	SEM CÂMARA 295 80						
TARA APROXIMADA kgf								
	13 PNEUS	7.000	7.470	7.940	8.410	9.020	9.115	9.300
	13 PNEUS, 3 EIXOS DISTANCIADOS, PNEUMÁTICOS, 1+1+1 COM 1º EIXO AUTODIRECIONAL	-	-	-	8.860	9.470	9.565	9.750

Fonte: Facchini

7.1.3 Outros Parâmetros

Com o cavalo tractor e semirreboque já definidos tem-se outras informações como carga por eixo que pode ser vista na Figura 46:

Figura 46: Cargas no eixo para caminhão carregado



Fonte: Adaptado de “Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2012

Dessa forma, é possível calcular a posição do C.G. que foi determinada de acordo com a distribuição de cargas nos eixos.

7.1.4 Considerações

Como considerações para o modelo, será feito o conjunto cavalo trator e semirreboque trafegando em velocidade longitudinal constante em uma estrada plana. Considera-se o sistema de referência com origem no centro de gravidade de cada unidade.

Para efeito de simplificação dos modelos são consideradas as seguintes características:

- a) Os veículos são rígidos à torção e com centro de gravidade em uma posição fixa;
- b) O movimento relativo entre os eixos e o chassi dos veículos é desprezado;
- c) Assume-se também que o acoplamento entre 5ª roda e pino-mestre possui atrito desprezível;
- d) São consideradas as forças transmitidas da pista para os pneus como as únicas forças externas aplicadas sobre os veículos;
- e) O efeito da transferência de carga entre os lados dos veículos em curvas é desprezado; Resistência ao rolamento, forças aerodinâmicas e o momento causado pela existência de duplos pneus são desprezados;
- f) Todos os ângulos são considerados pequenos o suficiente para que se admita que:

$$\text{sen}\varphi \cong \varphi, \text{cos}\varphi \cong 1 \text{ e } \text{tan}\varphi \cong \varphi;$$

- g) São considerados pequenos os ângulos de deriva, “sideslip”.

7.1.5 Sistema de Referência

Aplicando-se as Leis de Newton para o equilíbrio das forças:

Para o sistema de referência, se \mathbf{i} e \mathbf{j} são os versores unitários do sistema de referência do veículo pode-se escrever que o vetor velocidade, para o movimento plano, de um veículo é:

$$\mathbf{V} = u \mathbf{i} + v \mathbf{j} \quad (1)$$

Derivando em relação ao tempo obtêm-se o vetor aceleração \mathbf{a} :

$$\mathbf{a} = \frac{du}{dt} \cdot \mathbf{i} + \frac{dv}{dt} \cdot \mathbf{j} + \frac{di}{dt} \cdot \mathbf{u} + \frac{dj}{dt} \cdot \mathbf{v} \quad (2)$$

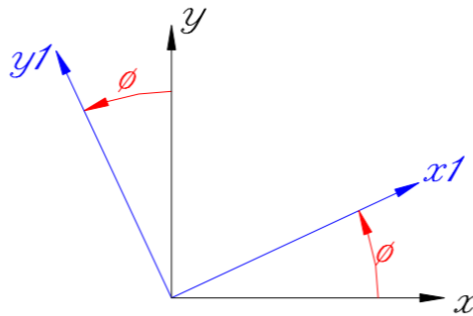
mas $d\mathbf{i}/dt = \omega\mathbf{j} \rightarrow$ onde ω = velocidade angular em torno do eixo “z”

e $d\mathbf{j}/dt = -\omega\mathbf{i}$ conforme pode ser observado na Figura 47.

Portanto tem-se:

$$\mathbf{a} = (\dot{u} - v.\omega).\mathbf{i} + (\dot{v} + u.\omega).\mathbf{j} \quad (3)$$

Figura 47: Sistema de referência



Fonte: Melo, 2004, P.20, Estabilidade Lateral de Conjuntos de Veículos de Carga

Onde $\dot{u} = du/dt$ e $\dot{v} = dv/dt$

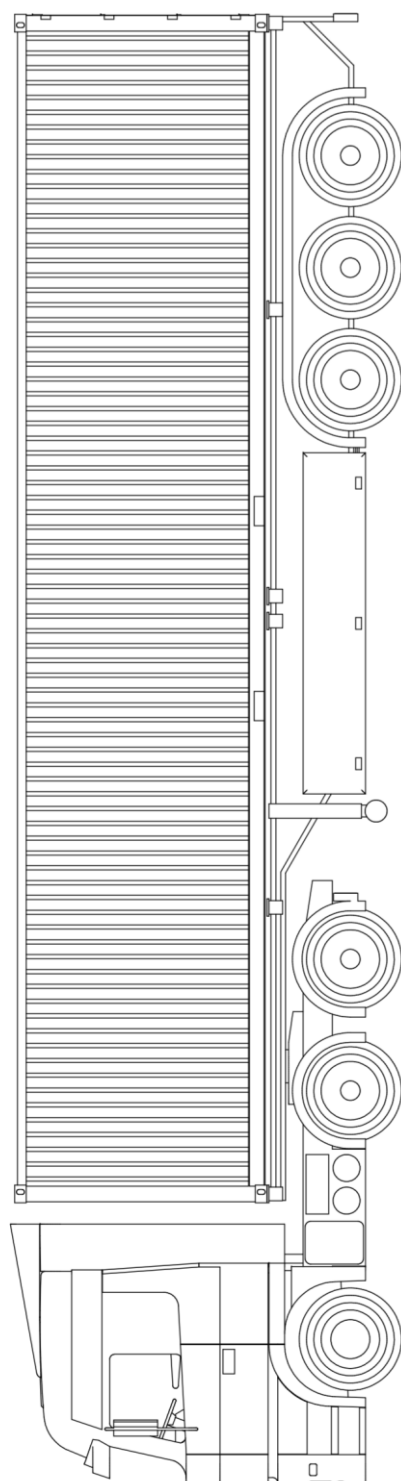
Portanto:

$$\sum F_x = m.(\dot{u} - v.\omega) \text{ e } \sum F_y = m.(\dot{v} + u.\omega) \quad (4)$$

7.1.6 Modelamento

Seja um conjunto conforme ilustrado na Figura 48:

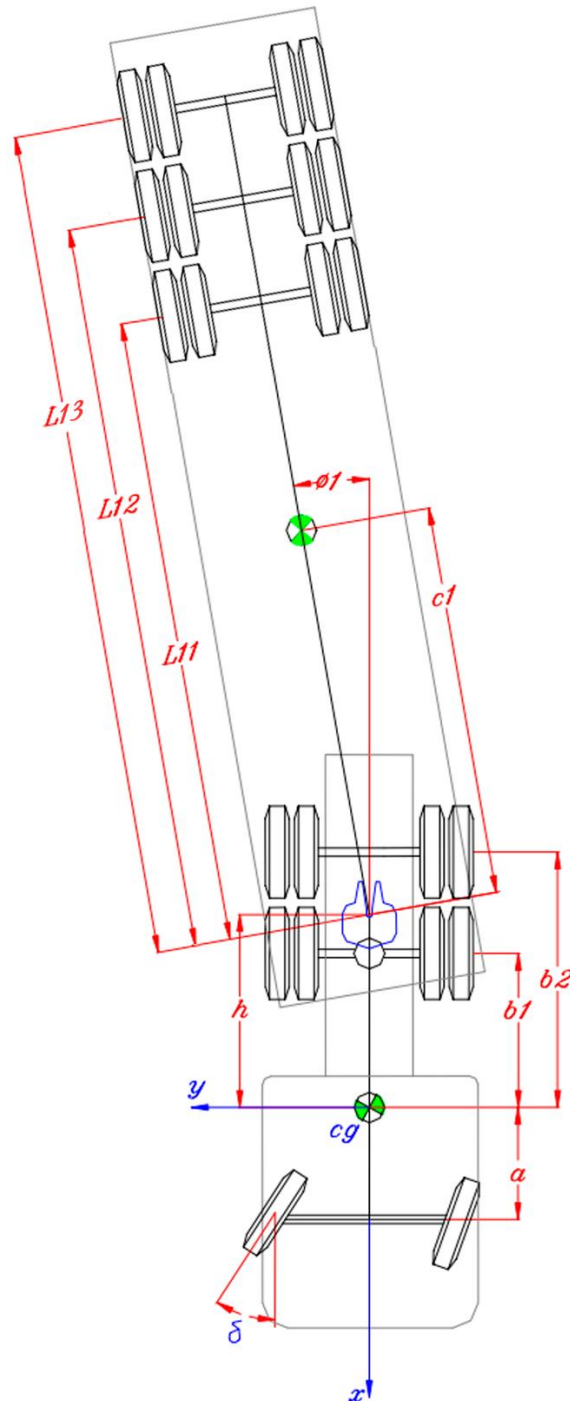
Figura 48: Ilustração do Modelo



Fonte: Autores

O Conjunto possui 1 articulação e 6 eixos no total. As dimensões principais podem ser observadas na Figura 49:

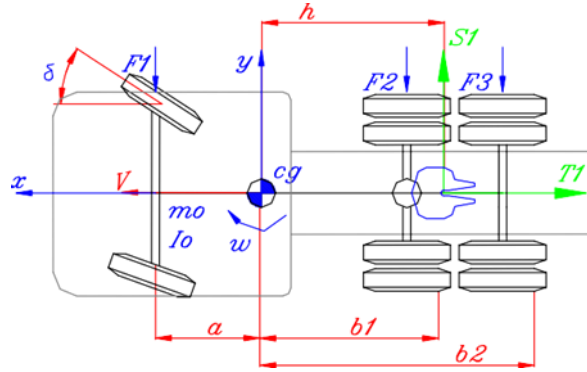
Figura 49: Modelo - Dimensões principais



Fonte: Melo, 2004, P.22, Estabilidade Lateral de Conjuntos de Veículos de Carga (Modificado)

7.1.7 Equações do Movimento para o veículo trator

Figura 50: Veículo-Trator



Fonte: Melo, 2004, P.23, Estabilidade Lateral de Conjuntos de Veículos de Carga

Aplicando-se as Leis de Newton para o equilíbrio das forças:

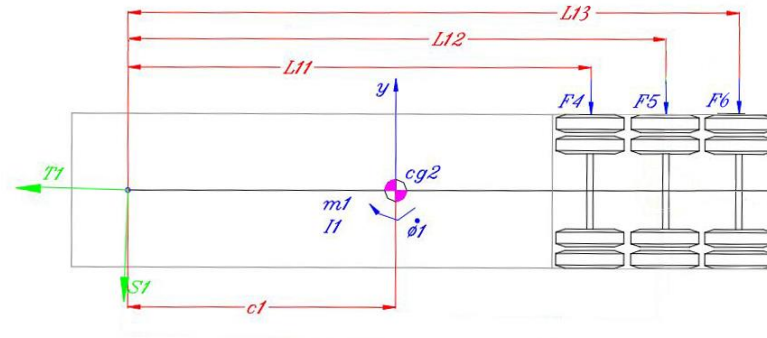
$$\sum Fy = m.a \rightarrow m_0.(\dot{v} + V.\omega) = -F_1 - F_2 - F_3 + S_1 \quad (5)$$

Para o equilíbrio de momentos:

$$I_0.\dot{\omega} = -a.F_1 + b_1.F_2 + b_2.F_3 - h.S_1 \quad (6)$$

7.1.8 Equações de movimento para o semirreboque

Figura 51: Primeiro semirreboque



Fonte: Melo, 2004, P.23, Estabilidade Lateral de Conjuntos de Veículos de Carga

$$0 = T_1 - (F_4 + F_5) \cdot \sin \phi_1 \quad \text{mas } \sin(\phi) \cong \phi \text{ então, tem-se:}$$

$$0 = T_1 - T_2 - (F_4 + F_5) \cdot \phi_1 - (K_1 + K_2) \quad (7)$$

$$m_1 \cdot [\dot{v} + V \cdot \omega - (h + c_1) \dot{\omega} - c_1 \ddot{\phi}_1] = -(F_4 + F_5) - S_1 + K_1 \cdot \phi_1 + K_2 \cdot \phi_1 \quad (8)$$

$$I_1 \cdot (\dot{\omega} + \ddot{\phi}_1) = -c_1 \cdot S_1 - c_1 \cdot T_1 \cdot \phi_1 + (L_{11} - c_1) \cdot F_4 + (L_{12} - c_1) \cdot F_5 \quad (9)$$

Eliminando-se as reações de acoplamento através da soma das equações (5) e (9) tem-se:

$$-\sum_{i=1}^6 F_i + K_1 \cdot \phi_1 + K_2 \cdot \phi_1 = (m_0 + m_1) \cdot (\dot{v} + V \cdot \omega) - [m_1 \cdot (h + c_1)] \cdot \dot{\omega} - (m_1 \cdot c_1) \cdot \ddot{\phi}_1 \quad (10)$$

Multiplicando-se a equação (5) por h , isolando-se o termo $h \cdot S_1$ e substituindo-se em (6):

$$m_0 \cdot (\dot{v} + V \cdot \omega) + I_0 \cdot \dot{\omega} = -(a + h) \cdot F_1 + (b_1 - h) \cdot F_2 + (b_2 - h) \cdot F_3 \quad (11)$$

Isolando-se T_1 na equação (7) obtêm-se a equação:

$$T_1 = (F_4 + F_5 + F_6) \cdot \phi_1 + K_1 + K_2 \quad (12)$$

Isolando-se S_1 na equação (8) obtêm-se a equação:

$$S_1 = -m_1 \cdot [(\dot{v} + V \cdot \omega) - (h + c_1) \dot{\omega} - c_1 \ddot{\phi}_1] - \sum_{i=1}^6 F_i \quad (13)$$

Substituindo-se as equações (12) e (13) na equação (9), desprezando-se os termos quadráticos de ϕ e reagrupando os demais termos tem-se:

$$-(m_1.c_1).(\dot{v} + V.\omega) + [I_1 + m_1.c_1.(h + c_1) + (I_1 + m_1.c_1^2)].\ddot{\phi}_1 = L_{11}.F_4 + L_{12}.F_5 + L_{13}.F_6 + (K_1.D - K_2.D).(1 - \phi_1) \quad (14)$$

Nessas equações tem-se representadas as características de massa e inércia do sistema de um lado e do outro lado as forças externas e momentos que atuam no modelo simplificado. As forças externas são criadas no plano do piso entre o pneu e a pista.

Forças Laterais em Pneus:

Assumindo-se que para pequenos ângulos a Rigidez Lateral (*Cornering Stiffness*) é linear, tem-se a seguinte equação geral:

$$F_j = N_j . \alpha_j \quad (15)$$

com $j = 1, 2, \dots, 6$

N_j = Rigidez Torcional (*Cornering Stiffness*) combinado do eixo j .

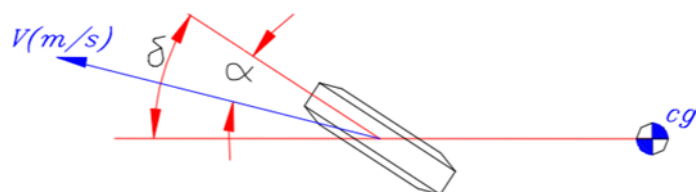
α_j = Ângulo de deriva no eixo j .

A força lateral em cada pneu dependerá também da força vertical aplicada no eixo em consequência da distribuição de peso do conjunto de veículos.

“*Slip angle*” – Ângulo de Deriva:

É o ângulo entre o vetor velocidade do pneu e seu plano vertical conforme ilustrado na Figura 52.

Figura 52: Ângulo de esterçamento e ângulo de deriva



Para o pneu dianteiro do veículo-trator com um ângulo de esterçamento (*steer angle*) δ , o ângulo de deriva - “*slip angle*” pode ser aproximado por [19]:

$$\alpha_1 = (v + a \cdot \omega) / V - \delta \quad (16)$$

O “*slip angle*” para o 2º e 3º eixo do veículo-trator podem ser aproximados por:

$$\alpha_2 = (v - b_1 \cdot \omega) / V \quad (17)$$

$$\alpha_3 = (v - b_2 \cdot \omega) / V \quad (18)$$

As expressões do “*slip angle*” dos eixos do semirreboque podem ser aproximadas por:

$$\alpha_4 = [v - (h + L_{11}) \cdot \omega - L_{11} \cdot \dot{\Phi}_1] / V - \phi_1 \quad (19)$$

$$\alpha_5 = [v - (h + L_{12}) \cdot \omega - L_{12} \cdot \dot{\Phi}_1] / V - \phi_1 \quad (20)$$

$$\alpha_6 = [v - (h + L_{13}) \cdot \omega - L_{13} \cdot \dot{\Phi}_1] / V - \phi_1 \quad (21)$$

7.2 EQUAÇÕES GERIAS DO CONJUNTO DE VEÍCULOS

Substituindo-se as equações de F e α e isolando-se os termos das equações (10), (11),

(14) tem-se:

$$(m_0 + m_1) \cdot \dot{v} + (\sum_{i=1}^{i=6} F_i) \cdot v / V - (m_1') \cdot \dot{\omega} + [(m_0 + m_1) \cdot V^2 - (N_1' + N_2' + N_3' + N_4' + N_5' + N_6')] \cdot \omega / V - (m_1 \cdot c_1) \cdot \ddot{\Phi}_1 - [N_4 \cdot L_{11} + N_5 \cdot L_{12} + N_6 \cdot L_{13}] \cdot \dot{\Phi}_1 / V - (N_4 + N_5 + N_6 - K_1 - K_2) \cdot \Phi_1 = N_1 \cdot \delta \quad (22)$$

Onde:

$$m_1' = m_1 \cdot (h + c_1)$$

$$N_1' = -N_1 \cdot a$$

$$N_2' = N_2 \cdot b_1$$

$$N_3' = N_3 \cdot b_2$$

$$N_4' = N_4 \cdot (h + L_{11})$$

$$N_5' = N_5 \cdot (h + L_{12})$$

$$N_6' = N_6 \cdot (h + L_{13})$$

$$m_0 \cdot h \cdot \dot{v} + [(N_1 + N_2 + N_3) \cdot h - N_1' - N_2' - N_3'] \cdot v / V + I_0 \cdot \dot{\omega} + [m_0 \cdot h \cdot V^2 + N_1 \cdot a^2 + N_2 \cdot b_1^2 + N_3 \cdot b_2^2 - (N_1' + N_2' + N_3') \cdot h] \omega / V = N_1 \cdot (a + h) \cdot \delta \quad (23)$$

$$-(m_1 \cdot c_1) \cdot \dot{v} - [N_4 \cdot L_{11} + N_5 \cdot L_{12} + N_6 \cdot L_{13}] \cdot v / V + (I_1 + m_1 \cdot c_1) \cdot \dot{\omega} - [(m_1 \cdot c_1) \cdot V^2 - N_4' \cdot L_{11} - N_5' \cdot L_{12} - N_6' \cdot L_{13}] \cdot \omega / V + (I_1 + m_1 \cdot c_1^2) \cdot \ddot{\phi}_1 + [N_4 \cdot L_{11}^2 + N_5 \cdot L_{12}^2 + N_6 \cdot L_{13}^2] \cdot \dot{\phi}_1 / V + (N_4 \cdot L_{11} + N_5 \cdot L_{12} + N_6 \cdot L_{13}) \cdot \phi_1 + (-K_1 \cdot D + K_2 \cdot D) \cdot (1 - \phi_1) = 0 \quad (24)$$

O Sistema de Equações poderá ser representado por:

$$[A] \cdot \{y\} = [B] \cdot \{x\}$$

onde:

$$\{y\}_{3 \times 1} = \begin{Bmatrix} \dot{v} \\ \dot{\omega} \\ \ddot{\phi}_1 \end{Bmatrix}$$

e

$$\{x\}_{6 \times 1} = \begin{Bmatrix} v \\ \omega \\ \dot{\phi}_1 \\ \phi_1 \\ \delta \\ (1 - \phi_1) \end{Bmatrix}$$

Portanto:

$$\{y\} = [A]^{-1} \cdot [B] \cdot \{x\} = [C] \cdot \{x\}$$

$$\text{Onde: } [A]_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} m_0 + m_1 & -(m'_1) & -(m_1 \cdot c_1) \\ m_0 \cdot h & I_0 & 0 \\ -(m_1 \cdot c_1) & I_1 + m'_1 \cdot c_1 & I_1 + m_1 \cdot c_1^2 \end{bmatrix}$$

$$[\mathbf{B}]_{3 \times 6} = \begin{bmatrix} -\left(\sum_{i=1}^{1=6} Ni\right)/V & -(m_0 + m_1).V + \left(\sum_{i=1}^{1=6} N'i\right)/V & [N_4.L_{11} + N_5.L_{12} + N_6.L_{13}]/V & N_4 + N_5 + N_6 - (K_1 + K_2) & N_1 & 0 \\ [-(N_1 + N_2 + N_3).h + N'_1 + N'_2 + N'_3]/V & -m_0.h.V + [-N_1.a_1^2 - N_2.b_1^2 - N_3.b_2^2 + (N'_1 + N'_2 + N'_3).h]/V & 0 & 0 & N_1.(a + h) & 0 \\ [N_4.L_{11} + N_5.L_{12} + N_6.L_{13}]/V & (m_1.c_1).V - [N'_4.L_{11} + N'_5.L_{12} + N'_6.L_{13}]/V & -[N_4.L_{11}^2 + N_5.L_{12}^2 + N_6.L_{13}^2]/V & -(N_4.L_{11} + N_5.L_{12} + N_6.L_{13}) & 0 & -K_1.D + k_2.D \end{bmatrix}$$

7.3 VALORES DE ENTRADA

Após a caracterização do modelo matemático com as variáveis necessárias para ele, tem-se o cálculo dessas variáveis baseado no cavalo trator e semirreboque escolhidos anteriormente no item 7.1.1 e 7.1.2 São elas relacionadas a massa, inércia, distâncias e rigidez de pneus. As variáveis estão dispostas na Tabela 22 e Tabela 23. Suas referências de nomenclaturas podem ser encontradas na Figura 50 e Figura 51.

Tabela 22: Valores para o modelo matemático

M0	23.000	kg
M1	42.500	kg
I0	46.100	kg.m ²
I1	452.010	kg.m ³
I01	3.086	mm
I02	414	mm
I03	1.764	mm
h	789	mm
c1	5.040	mm
I11	7.150	mm
I12	8.400	mm
I13	9.650	mm
s1	9.490	mm

Fonte: Autores

Tabela 23: Valores de rigidez do pneu

Eixo	Rigidez / roda	Rigidez /eixo	
N1	248.211	496.422	N/rad
N2	186.952	747.808	N/rad
N3	186.952	747.808	N/rad
N4	175.816	703.264	N/rad
N5	175.816	703.264	N/rad
N6	175.816	703.264	N/rad

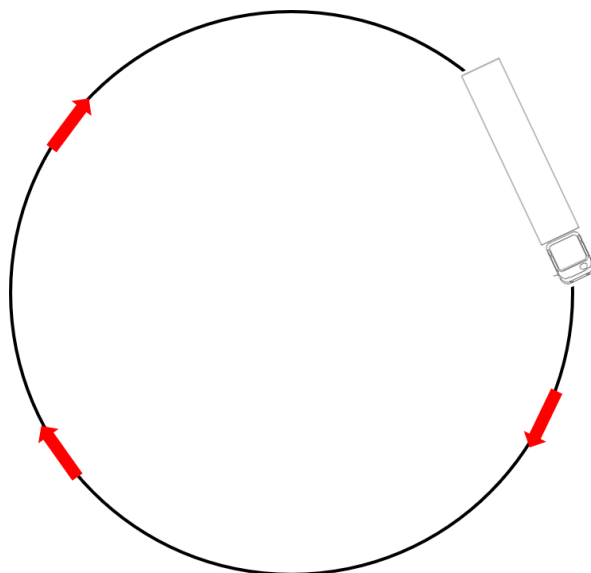
Fonte: Autores

7.4 TIPO DE MANOBRA

Para criar da base de dados o tipo de manobra foi a de raio e velocidade constantes. Dessa forma, será obtido o ângulo entre o cavalo e semirreboque para cada situação. Na Figura 53 está a representação dessa manobra.

Para variação do ângulo de esterço adota-se valores partindo de 0° a 10° . Já para a velocidade faz-se uma variação de 20 a 90 Km/h. Ao combinar esses dois valores será obtido ângulo entre o cavalo-trator e semirreboque para cada situação.

Figura 53: Representação da manobra em raio constante

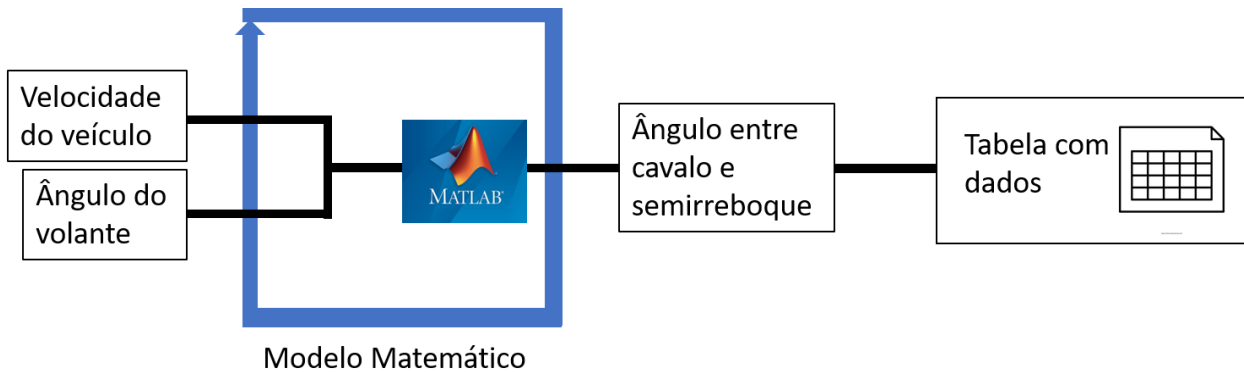


Fonte: Autores

7.5 VALORES DE SAÍDA

Dessa forma, define-se o objetivo com essa simulação que será gerar um banco de dados, onde para cada velocidade e ângulo de esterço máximo, será obtido um determinado valor de angulo beta.

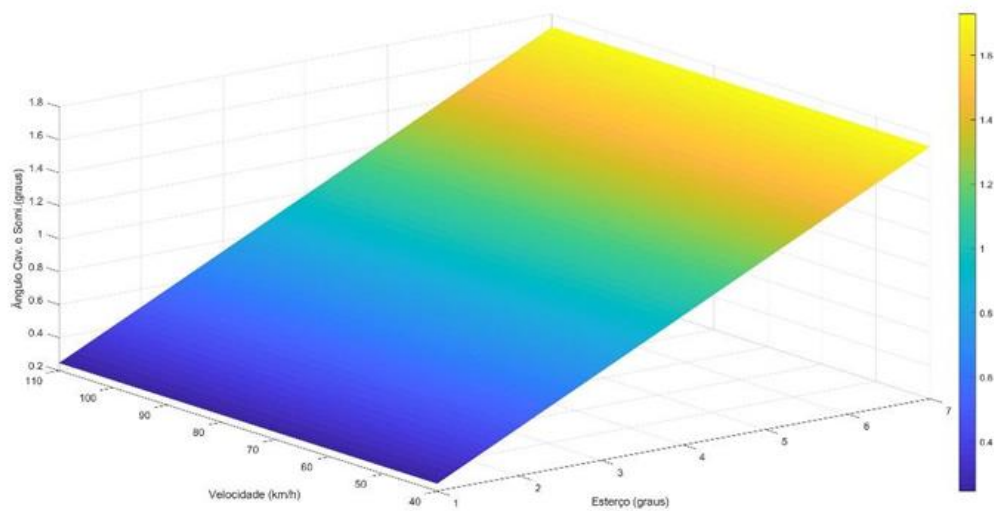
Figura 54: Diagrama representativo para aquisição dos dados



Fonte: Autores

A Figura 55 representa o ângulo desejado entre o cavalo e o semirreboque que se deseja obter em uma condição estável de condução. Nota-se que ele varia de acordo com a velocidade e com o ângulo de esterço aplicado ao volante.

Figura 55: Gráfico 3D entre ângulo de esterço, entre cavalo e semirreboque e velocidade



Fonte: Autores

7.6 SISTEMA DE CONTROLE

A partir desse banco de dados consegue-se criar um sistema de controle no qual está representado de forma simplificada na Figura 56.

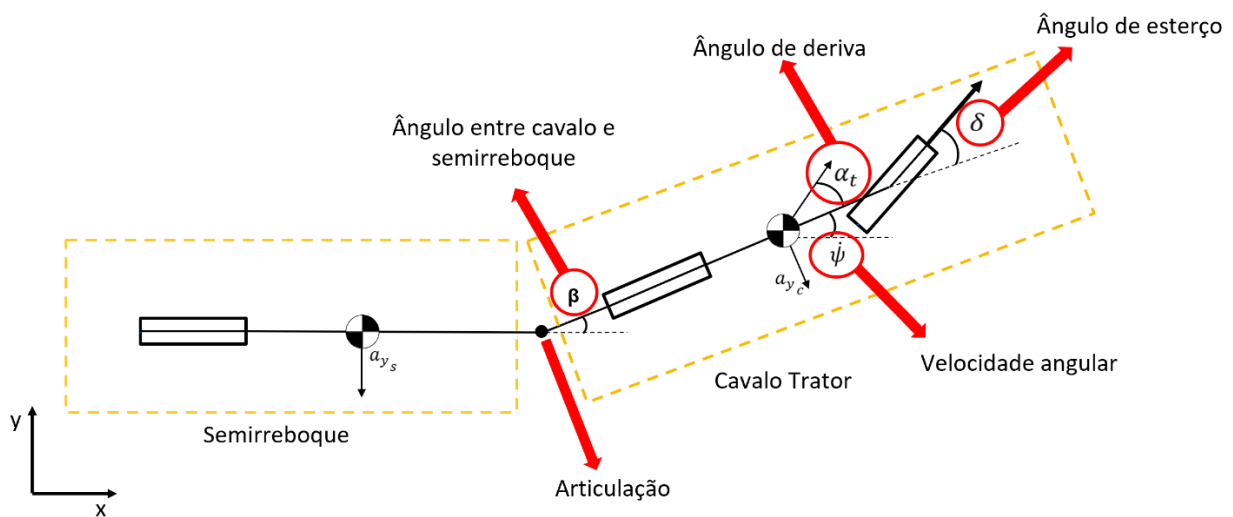
Na Figura 57 tem-se o diagrama de blocos e uma subdivisão dos mesmos para facilitar o entendimento. No bloco da esquerda tem-se a representação dos sensores por onde entrará os dados provenientes do conjunto. No centro tem-se a representação da ECU que fará as operações de processamento e conversão de dados. O bloco em destaque vermelho está contido o banco de dados gerado no início que foi representado na Figura 54. Já o bloco da direita está representado o sistema de freios junto ao conjunto roda, pneu e atuadores.

8 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

8.1 AMPLIFICAÇÃO TRASEIRA

Depois de feito o sistema parte-se para a sua validação. Com o advento de um parâmetro criado por Fancher, Ervin e Winkler, pode-se citar a Amplificação Traseira como um parâmetro importante na medição do efeito canivete. Para essa explicação, tem-se na Figura 58 o Modelo da bicicleta segundo Gillespie.

Figura 58: Modelo da Bicicleta explicativo



Fonte: Autores

Na Figura 58 está representado dentro do retângulo amarelo o cavalo trator e o semirreboque. Como valores para parametrização dos dados de entrada tem-se o ângulo de esterço, aplicado pelo próprio motorista a partir do volante.

Outros parâmetros que serão utilizados posteriormente são ângulo de deriva, que parte do centro de gravidade do cavalo trator, a velocidade angular ψ , tipicamente caracterizando o ângulo que o eixo do cavalo trator faz com o eixo referencial x, dessa forma, sua derivada determina a própria variação no tempo.

Por fim, tem-se as acelerações laterais do cavalo e do semirreboque. Essas acelerações nesse momento caracterizarão à Amplificação Traseira.

A Amplificação Traseira, abreviada como A.T. é uma medida de desempenho que quantifica a amplificação dinâmica da aceleração lateral usando simulações ou testes de larga escala em estradas. A Amplificação Traseira é então definida como a fração entre o valor máximo absoluto da aceleração do semirreboque sobre o valor máximo absoluto da aceleração no cavalo trator assim como mostrado na equação (33)

$$A. T. = \frac{\text{máx}(|a_{y_{\text{semirreboque}}}|)}{\text{máx}(|a_{y_{\text{cavalo}}}|)} \quad (33)$$

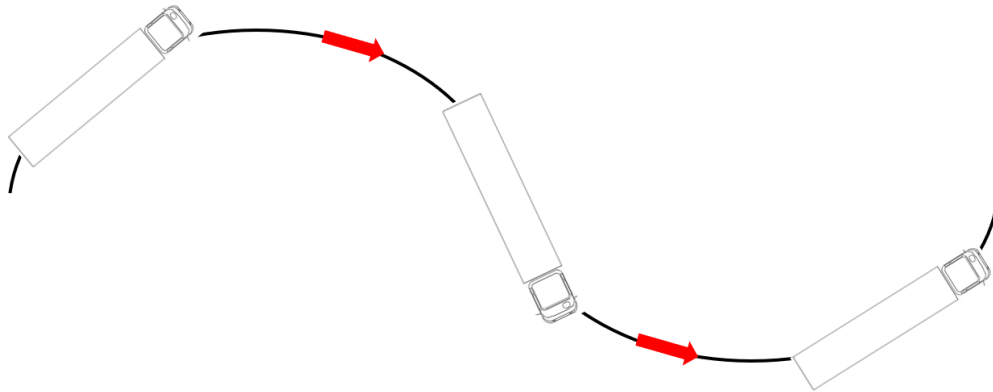
Para $A.T. > 1$ tem-se o efeito do semirreboque se sobrepondo ao cavalo-trator, no qual é considerado crítico, com maior susceptibilidade ao acotovelamento. Agora, para condições nas quais $A.T. < 1$ o comportamento da carreta não se sobrepõe ao do cavalo trator. Esse segundo caso já é considerado uma condição dinâmica mais segura.

A.T. é uma medida de desempenho frequentemente usada para quantificar o comportamento de guinada de veículos articulados. A comparação entre diferentes estudos é difícil, pois essa medida de desempenho depende da manobra e das condições.

8.2 TIPO DE MANOBRA

Para a validação da eficácia do sistema será realizado um teste de raio duplo ou curva em “S”, como mostrado na Figura 59. Essa manobra é eficaz pois demonstra a dinâmica do conjunto. Lembrando que ela será realizada com e sem o sistema atuando para posteriormente cria-se um comparativo.

Figura 59: Manobra realizada para validação

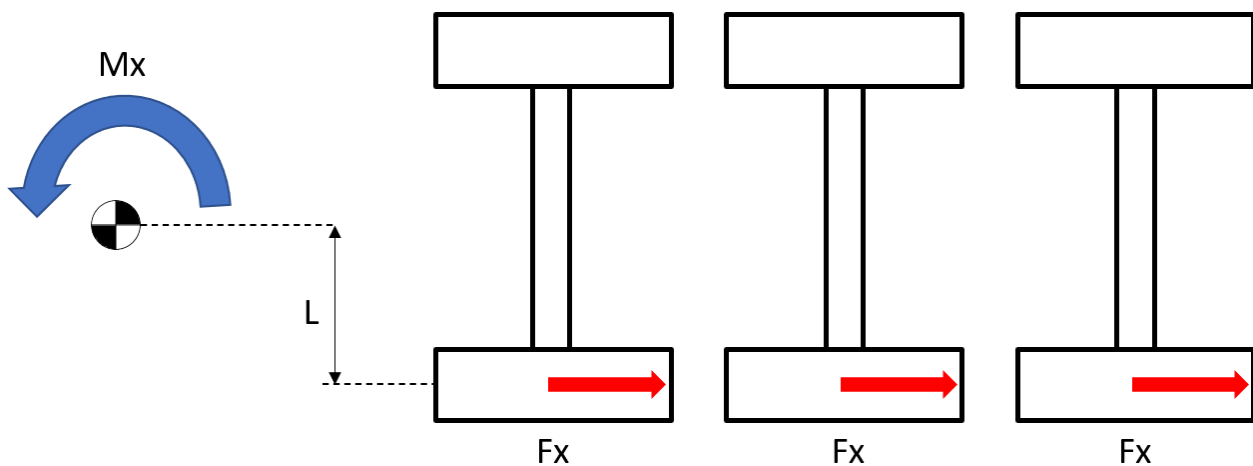


Fonte: Autores

8.3 ALTERAÇÕES NO MODELO MATEMÁTICO

Como mencionado anteriormente será utilizado o mesmo modelo matemático para a realização da validação do sistema. Nesse caso como ele se baseia no modelo da bicicleta, ou seja, o veículo é representado por uma linha única, não há como representar a frenagem unilateral assim como proposto. Dessa forma ela será substituída por um momento M_x em torno do C.G. do semirreboque que provocará o efeito dinâmico desejado. Na Figura 60 tem-se um croqui de como o momento M_x irá surgir em torno do C.G.

Figura 60: Croqui representativo vista superior semirreboque da atuação do momento



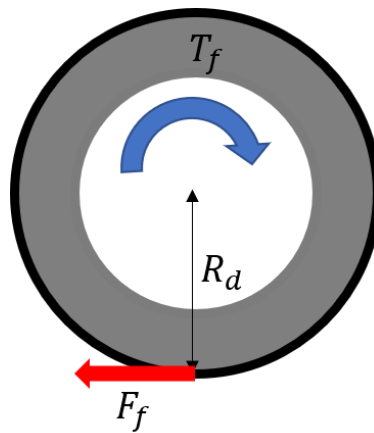
Fonte: Autores

Dessa forma tem-se:

$$M_x = L \cdot F_x \quad (34)$$

Essa força F_x é contrária a força F_f que é gerada devido a frenagem do sistema. Essa está representada na Figura 61.

Figura 61: Representação das forças atuantes no conjunto roda e pneu



Fonte: Autores

Dessa forma tem-se:

$$F_f = -F_x$$

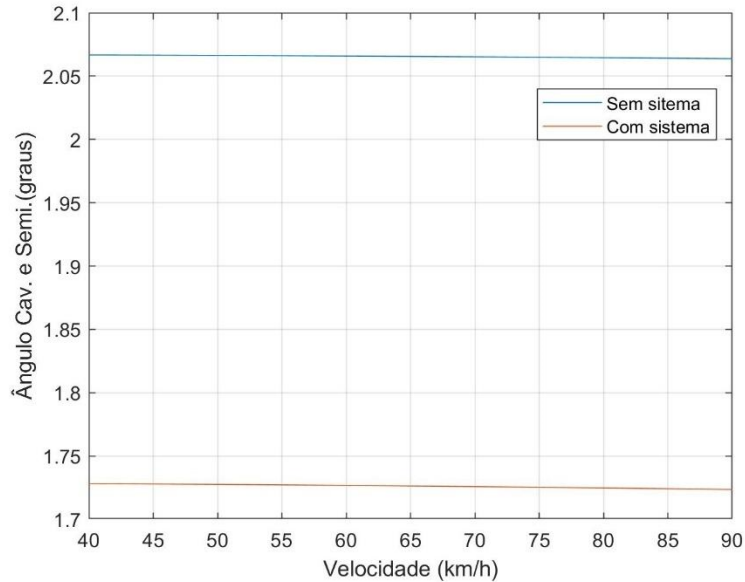
Para o torque de frenagem na Figura 61 tem-se:

$$T_f = R_d \cdot F_f$$

8.4 RESULTADOS

Já com os dados da simulação avaliados individualmente e aplicando-se a manobra mencionada na seção 8.2, cria-se um comparativo de redução dos ângulos de esterço máximos em cada um dos casos. Na Figura 62 é possível perceber uma redução do ângulo entre o cavalo e semirreboque.

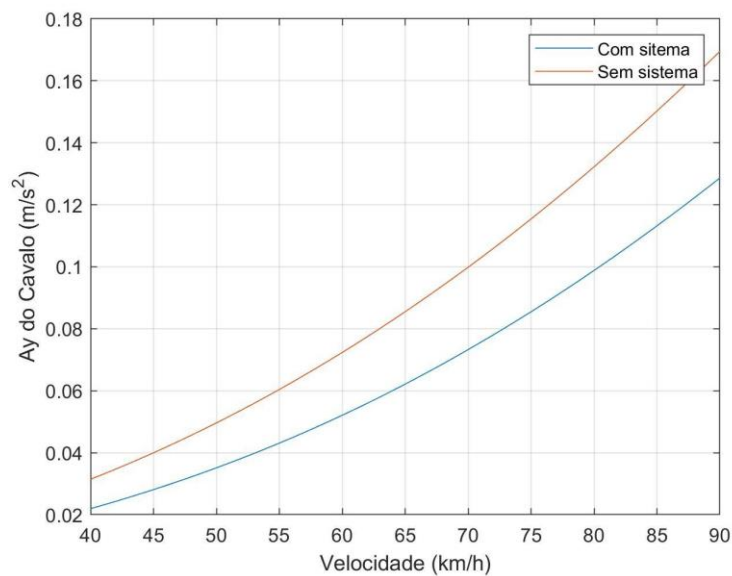
Figura 62: Comparativo do ângulo entre o cavalo e semirreboque



Fonte: Autores

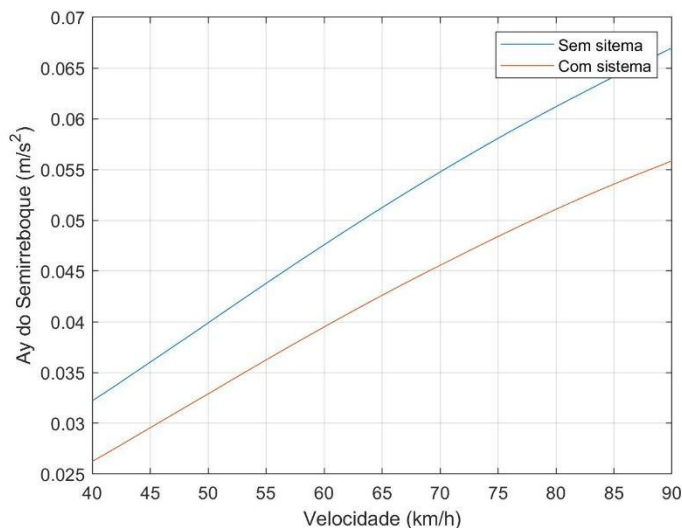
Outro comparativo está na Figura 63 e Figura 64 que descrevem as acelerações máximas para o cavalo e semirreboque respectivamente em função da sua velocidade de tráfego.

Figura 63: Comparativo das acelerações do cavalo



Fonte: Autores

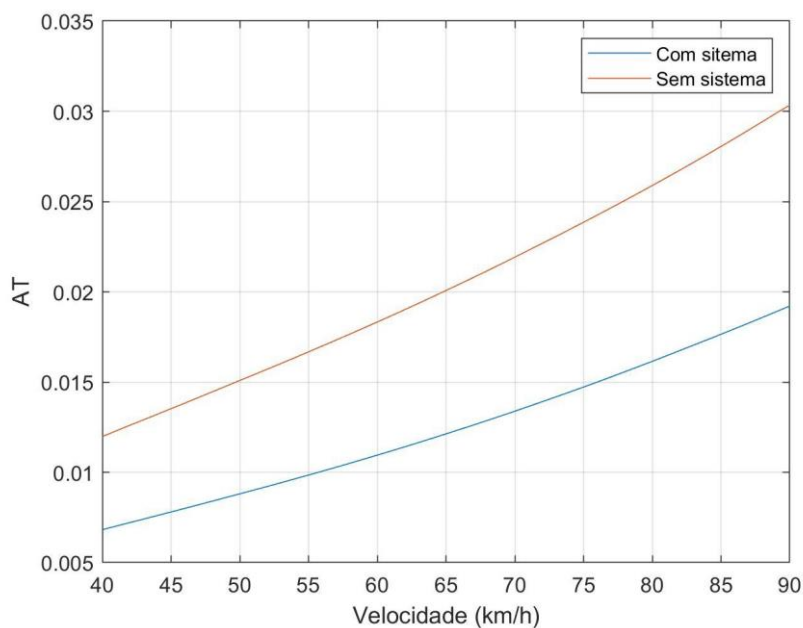
Figura 64: Comparativo das acelerações do semirreboque



Fonte: Autores

Com a aplicação dos conceitos de amplificação traseira mencionados na seção 8.1, chegou-se em um gráfico comparativo da Figura 65 que está representando o ganho na redução da Amplificação Traseira. Esse gráfico se faz necessário pois ele representa o ganho obtido com a implementação do sistema.

Figura 65: Gráfico com comparativo entre as simulações



Fonte: Autores

A partir de todos os testes e conclusões obtidas ao longo da mudança dos parâmetros da simulação foi possível observar alguns comportamentos que podem ser tidos como novas propostas de estudo ou campos a serem mais explorados.

Primeiramente, observou-se que a Amplificação Traseira aumenta com a velocidade do veículo. Isso implica em uma maior diferença entre a aceleração lateral do cavalo e semirreboque tendo-se a do segundo um aumento mais vertiginoso.

Em segundo lugar o veículo possui uma maior Amplificação Traseira quando descarregado. Isso pode ser considerado algo muito alarmante, porém é válido ressaltar que o projeto prevê a utilização do caminhão em situações em que ele está normalmente carregado. Além disso mesmo que ele esteja sem carga o sistema continua atuante.

Por fim, o ângulo de esterço que se mostrou não influenciar muito na Amplificação Traseira. Isso significa dizer que em curvas com raios menores ou maiores, a Amplificação Traseira será comparativamente muito próxima para as mesmas condições de velocidade e carregamento.

8.5 CONCLUSÃO DOS DADOS

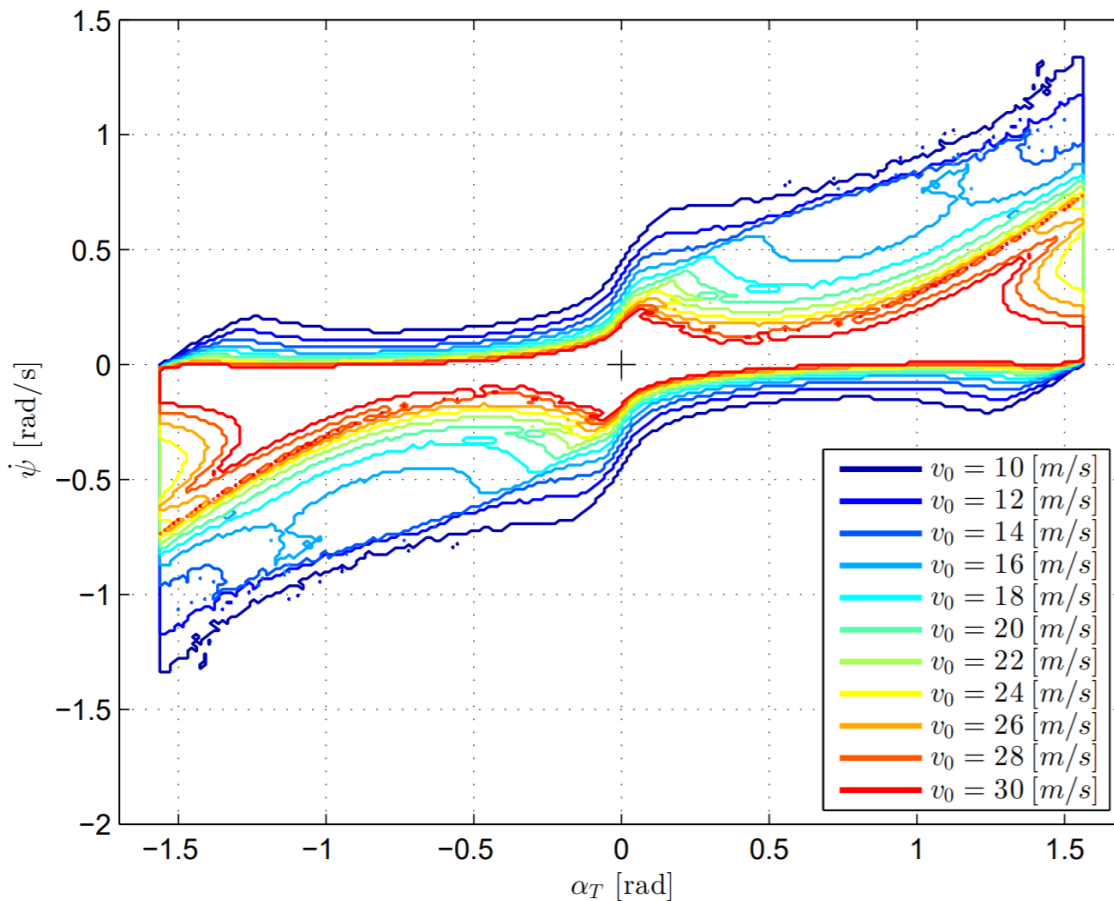
Com as conclusões tiradas, elas podem ser comparadas com o trabalho de mestrado do Mestre André Mendes no qual a partir da análise gráfica de seus resultados também pode-se chegar as mesmas conclusões. Nos gráficos da Figura 66 e Figura 67 tem-se no eixo das coordenadas o ângulo de deriva e no eixo da abscissa a velocidade angular ψ assim como mostrado na Figura 58 do modelo da bicicleta.

Novamente nos gráficos tem-se ângulo de deriva, que parte do centro de gravidade do cavalo trator e a velocidade angular $\dot{\psi}$, tipicamente caracterizando o ângulo que o eixo do cavalo trator faz com o eixo referencial x , dessa forma, sua derivada determina a própria variação no tempo.

Apesar do estudo ter sido realizado com diferentes parâmetros do caminhão a tendência de ocorrer o mesmo efeito dinâmico se mantém similar. Na Figura 66 as linhas com suas diferentes cores representam os limites de estabilidade. Tendo-se como exemplo a linha vermelha com velocidade 30 m/s a região interna representa a área em que o veículo

está estável quando se cruza as duas informações $\dot{\Psi}$ e α_t . Assim, nota-se que essa região aumenta conforme se tem velocidades menores de tráfego.

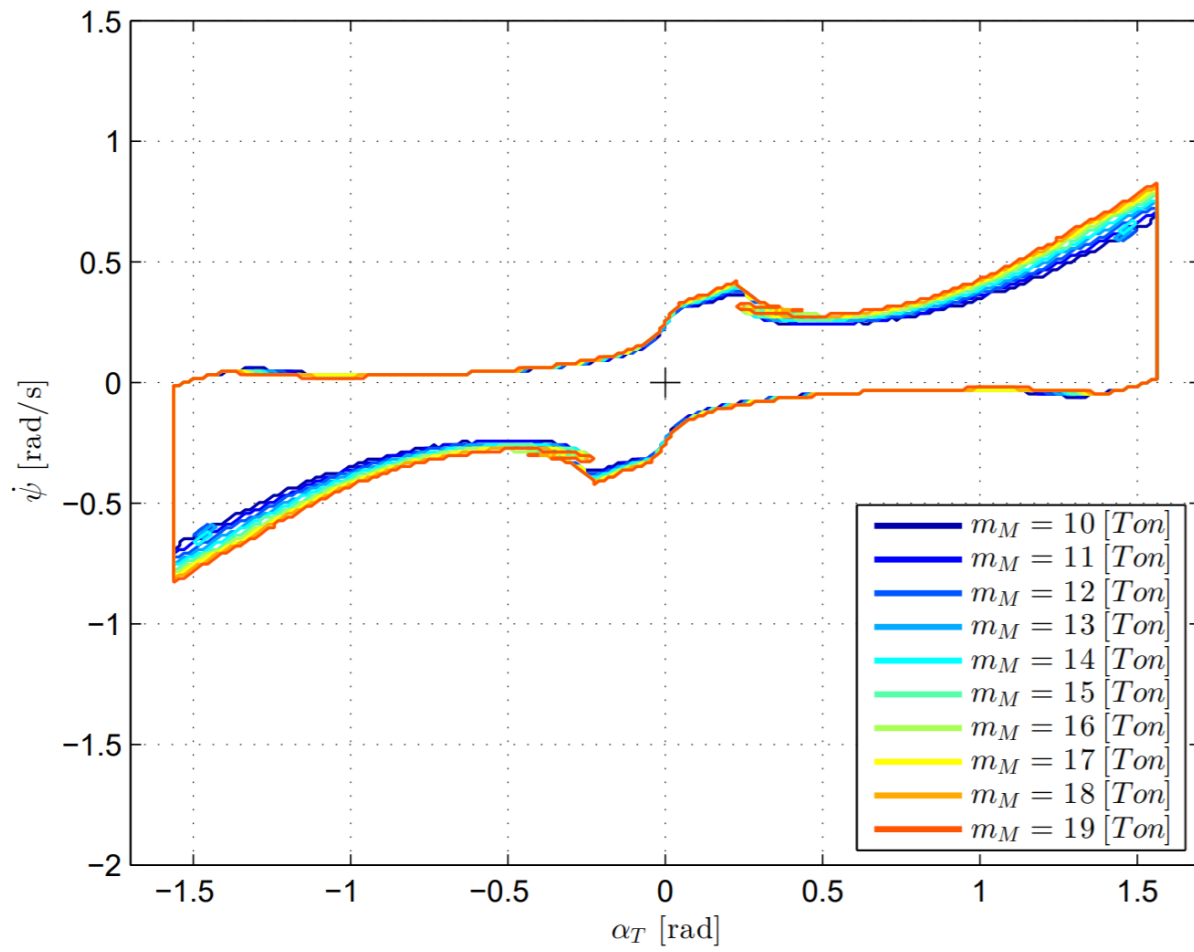
Figura 66: Representação do limite do ângulo Psi de acordo com diferentes velocidades



Fonte: “Análise de estabilidade em guinada de veículos articulados” - André Mendes

No segundo gráfico da Figura 67, as mesmas variáveis estão representadas, porém agora ao invés de variar-se a velocidade, varia-se o carregamento no semirreboque. Nota-se que essa área interna não é tão influenciada pela carga vertical no semirreboque. Porém a tendência de instabilidade se mantém a mesma de forma que o veículo quando com menor carga se torna mais instável.

Figura 67: Representação do limite do ângulo Pissi de acordo com diferentes cargas



Fonte: “Análise de estabilidade em guinada de veículos articulados” – André

9 DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento das peças presentes em nosso sistema, foi definido que não haverá mudanças nas propriedades de trabalho já atuantes no conjunto atualmente. As peças definidas englobam a distribuição do ar entre os novos componentes, sensores para coleta de dados e atuação da frenagem e acessórios para acoplamento destes. Com isso, tem-se presente no dimensionamento as seguintes peças e suas funções:

- a) Distribuidor - Distribuição de ar para o sistema;
- b) Sensor de pressão - garantia de pressão de trabalho;
- c) Válvula de descarga rápida;
- d) Válvula proporcional - Frenagem proporcional a necessidade da situação;
- e) Válvula de check;
- f) Encoder - Ângulo entre cavalo e semirreboque;
- g) Sensor de rotação;
- h) Roda fônica;
- i) Cabo de interface ECU para atuadores;
- j) Tubulação pneumática;
- k) Conectores pneumáticos;
- l) ECU para sensores;
- m) ECU par atuadores;
- n) Cabos conexão entre ECUs;
- o) Cabo interface CAN – K181;
- p) Cabo Conexão Atuadores para ECU.

A relação de peças e seus respectivos fornecedores encontram-se na Tabela 24.

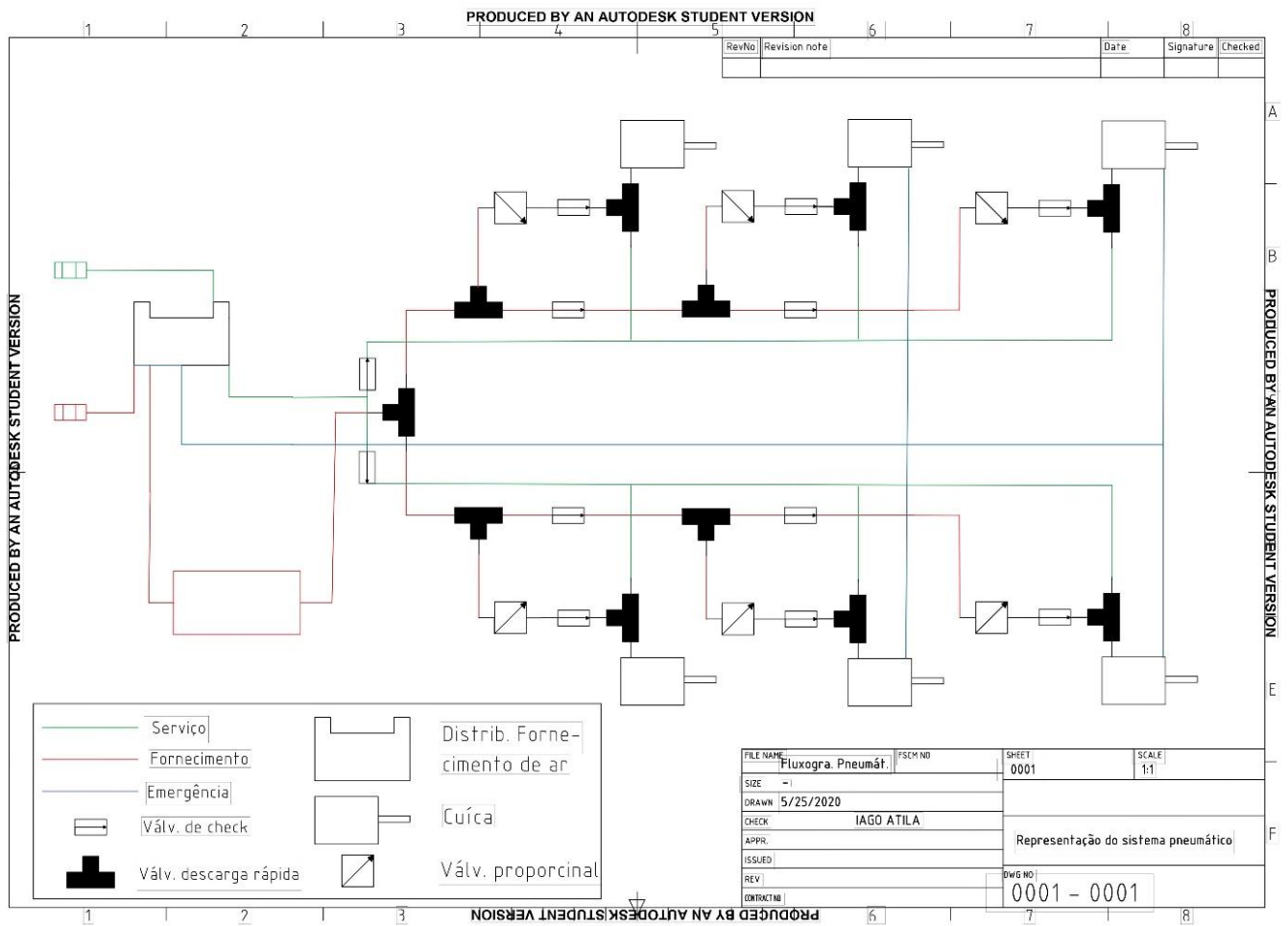
Tabela 24: Peças e distribuidores

n°	Componente	Fornecedor	Modelo	Quantidade
1	 Distribuidor do fornecimento de ar	WABCO	9710029000	1
2	 Sensor de pressão de ar	WABCO	4410441060	1
3	 Válvula de descarga rápida	WABCO	9735000000	11
4	 Válvula proporcional	WABCO	4802070010	6
5	 Válvula de check	WABCO	4340140000	12
6	 Encoder	Dynapar	B58N	1
7	 Sensor de rotação	WABCO	ABS Sensor - 100592530	6
8	 Roda fônica	WABCO	8959055684	6
9	 Cabo de interface ECU para atuadores	WABCO	4493801000	18
10	 Tubulação	SBU Metalbras	07301208PR	25 m
11	 Conectores Pneumáticos	SBU Metalbras	21041222C	64
12	 ECU para sensores	CSM	OUTMM - 8	2
13	 ECU para atuadores	CSM	PTMM - 8	2
14	 Cabos conexão entre ECUs - K70	CSM	ART0201054 - K70-0050 Length: 0.5 m	3
15	 Cabo de interface CAN - K181	CSM	ART1050112 K181-0500 Length: 5 m	1
16	 Cabo conexão Atuadores para ECU	CSM	ART1060105 K134-0500 Length: 5 m	26

Fonte: Autores

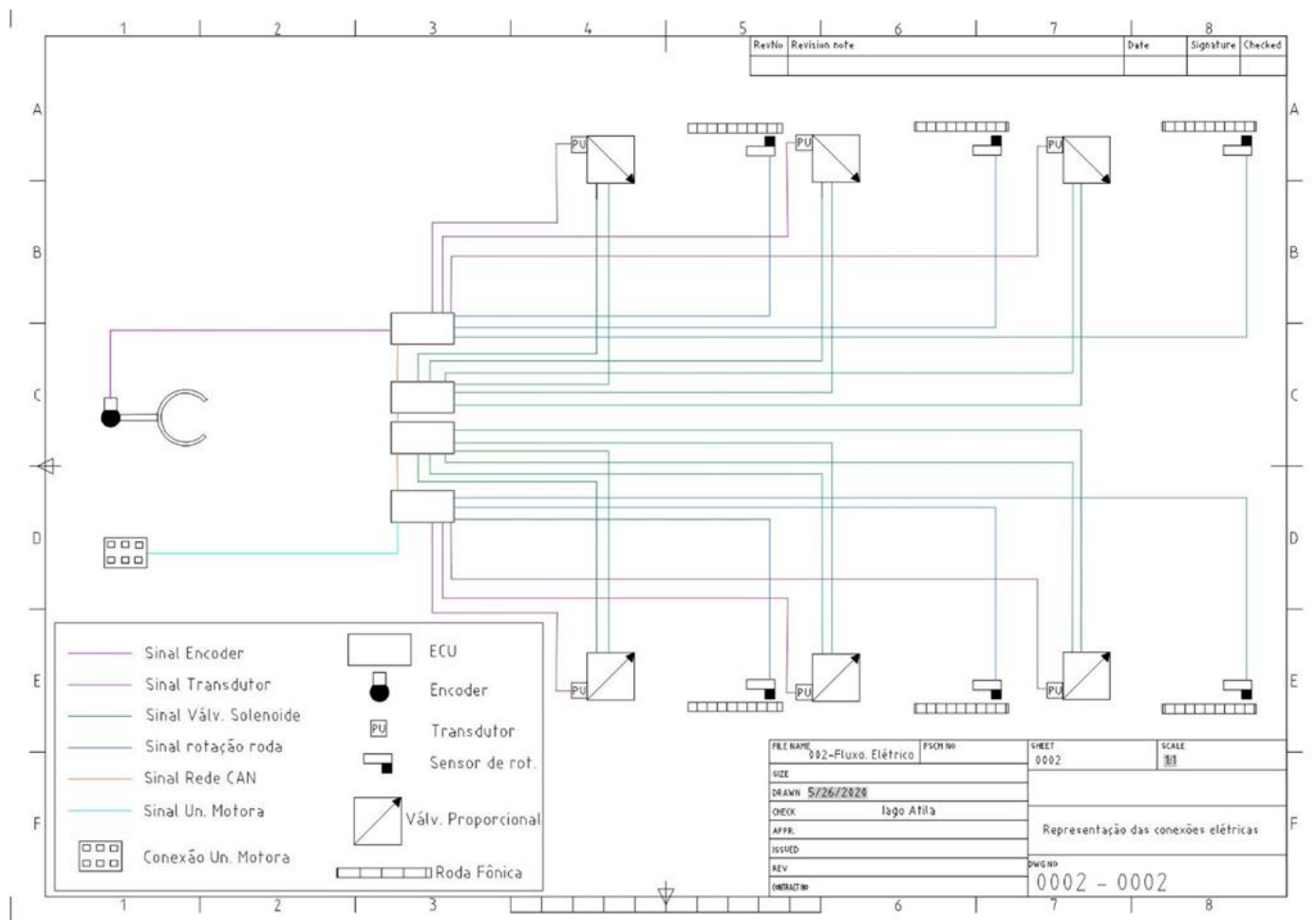
Na Figura 68 e Figura 69 encontram-se os fluxogramas com as conexões pneumáticas e elétricas do conjunto. Esses desenhos foram utilizados para se ter um melhor entendimento da interação dos componentes assim como suas respectivas quantidades e disposição no espaço.

Figura 68: Fluxograma pneumático representativo com a interação entre componentes



Fonte: Autores

Figura 69: Fluxograma representativo das ligações elétricas dos componentes do sistema



Fonte: Autor

9.1 DISTRIBUIDOR DE AR DO SISTEMA

O sistema tem início no distribuidor de ar, que possui engates de diâmetro 8mm tanto para alimentação quanto fornecimento. A pressão de trabalho do distribuidor é de 8,5 Bar, já a pressão máxima respeita o limite do sistema freios presente no cavalo equivalente a 10 Bar. O distribuidor será alimentado pelo fornecimento de ar do cavalo, e receberá sinal de pedal de freio a partir da entrada de serviço. O ar da mangueira de fornecimento será distribuído entre as cuícas de freio, um reservatório de ar e o modulador. Todas as conexões do distribuidor recebem mangueiras de diâmetro 8mm, com inserção máxima de 20,5mm. Pode-se observar o esquema do fornecimento de ar conforme Figura 70. A ilustração do distribuidor de ar se dá conforme Figura 23 localizada seção 5.3.1.

Figura 70: Esquema de fornecimento de ar



Fonte: Wabco

9.2 SENSOR DE PRESSÃO

Será utilizado um sensor de pressão para verificação da pressão de trabalho. O sensor utilizado possui alimentação de 8-32v, consumo de aproximadamente 15mA e sensibilidade de 400mV/bar. O intervalo de medição é entre 0 e 10 Bar, com pressão de sobrealimentação de até 16 Bar. A ilustração do sensor de pressão se dá conforme Figura 24 localizada na seção 5.3.2.

9.3 VÁLVULA DE DESCARGA RÁPIDA

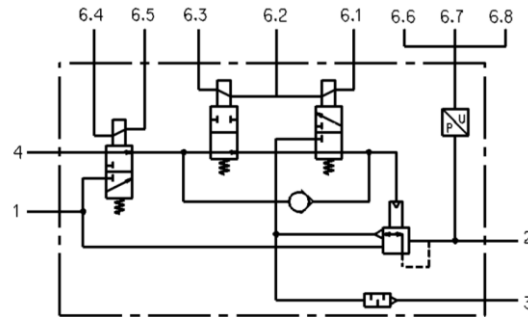
A válvula de descarga rápida, assim como indicada na figura foi utilizada para distribuir a pressão de entrada entre o lado direito e esquerdo do caminhão e também para unir as linhas de pressão de acionamento de freio do pedal junto ao acionamento automático do freio realizado pela válvula do proporcional que faz parte do escopo do projeto. Sua tubulação de entrada e saída é de rosca padrão M22 x 1,5 e sua pressão de trabalho máxima é de 12 bar ficando dentro do permitido no projeto de 10 bar. A ilustração da válvula de descarga rápida se dá conforme Figura 25 localizada seção 5.3.3.

9.4 VÁLVULA PROPORCIONAL

A modulação de ar para frenagem será feita a partir de uma válvula eletropneumática reguladora de pressão de 0 e 10 Bar. A válvula possui o uma rosca M 22 x 1,5 para engate do conector.

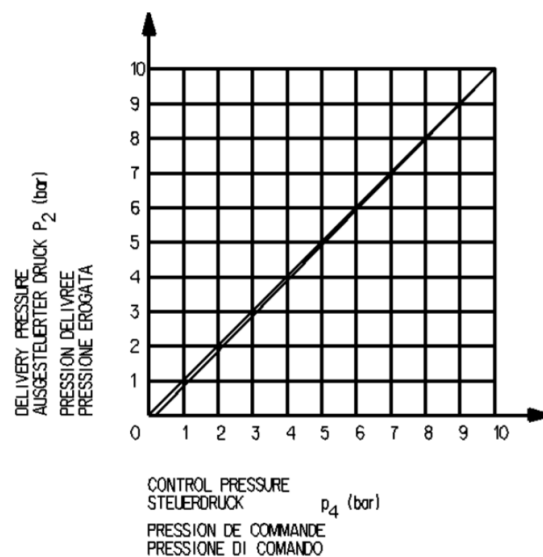
O conjunto é composto de uma válvula de relé com duas eletroválvulas (válvula de entrada e saída), uma válvula de redundância e um sensor de pressão. A ativação elétrica e a comprovação se efetuam através do modulador. O esquema de funcionamento se dá através da Figura 71 a sua resposta de acionamento de pressão conforme Figura 72. A ilustração da válvula proporcional se dá conforme Figura 26 localizada na seção 5.3.4.

Figura 71: Diagrama esquemático do funcionamento da válvula



Fonte: Wabco

Figura 72: Resposta de acionamento de pressão de acordo com o fornecido



Fonte: Wabco

9.5 VÁLVULA DE CHECK

A válvula de check tem como objetivo restringir o fluxo de ar em apenas uma direção assim garantindo o funcionamento do sistema. Sua dimensão de rosca é M22 x 1.5. A ilustração da válvula de check se dá conforme Figura 27 localizada na seção 5.3.5.

9.6 ENCODER

Para o mapeamento da posição do semirreboque em relação ao cavalo trator será utilizado um encoder alocado na quinta roda. Durante as simulações, foi notado que a variação do ângulo entre as manobras é muito baixa, o que demanda um sensor de alta resolução. O Encoder selecionado possui resolução de 1 a 3600 PPR (Partes por rotação) e frequência máxima de 125 KHz, o que atende nossa necessidade de medição e frequência, adotada em 100 KHz. O sensor ainda possui alimentação de 5 a 26V e consumo de aproximadamente 60mA. A ilustração do *encoder* se dá conforme Figura 28 localizada na seção 5.3.6.

9.7 SENSOR DE ROTAÇÃO

O sensor de rotação possui a função de mapear a rotação de cada roda unilateralmente enviando o sinal de forma analógica para a ECU. Assim pode-se caracterizar a velocidade do veículo bem como a diferença de rotação em cada roda caso ela exista. A ilustração do sensor de rotação se dá conforme Figura 29 localizada na seção 5.3.7.

9.8 RODA FÔNICA

A roda fônica fica localizada no cubo de roda do sistema e é um complemento do sensor de rotação. Seu número de entalhes determina a resolução na medição de rotação do eixo. Nesse caso há um total de 100 entalhes caracterizando 100 PPR. A ilustração da roda fônica se dá conforme Figura 30 localizada na seção 5.3.8.

9.9 CABO DE INTERFACE ECU PARA ATUADORES

Esse cabo se faz presente para a conexão dos atuadores da válvula proporcional com os conectores de interface com a ECU. Seu padrão de conexão segue a norma ISO 15170. A ilustração do cabo de interface se dá conforme Figura 31 localizada na seção 5.3.9.

9.10 TUBULAÇÃO

A tubulação pneumática é feita de poliuretano e seu diâmetro é de 12mm com sua pressão de operação máxima em 12 bar. A ilustração da tubulação se dá conforme Figura 32 localizada na seção 5.3.10.

9.11 CONECTORES PENUMÁTICOS

Para as conexões serão utilizados anilhas de conexão de latão de diâmetro comum à mangueira como especificado anteriormente de 12mm e sua rosca do outro lado segue o padrão das válvulas M22 x 1,5. A ilustração dos conectores pneumáticos se dá conforme Figura 33 localizada na seção 5.3.11.

9.12 ECU

Para selecionar a ECU foi analisado a quantidade de atuadores e sensores de acordo com os seus respectivos modos de utilização.

Na Tabela 25 e Tabela 26 fez-se uma compilação de todos os sensores e atuadores presentes no sistema assim como suas características de transmissão de dados e tipo de sinal, necessárias para a escolha da ECU.

Tabela 25: Sensores

	Tipo	Posição	Dado	Freq. Aq.	Resolução	Amplitude
1	Pressão	E4	Analógico	-	400 mV/bar	8 - 32 V
2		E5				
3		E6				
4		D4				
5		D5				
6		D6				
7	Encoder	5ª Roda	Analógico	100 KHz	3600 PPR	5 - 26 V
8	Rotação	E4	Analógico	-	100 PPR	-
9		E5				
10		E6				
11		D4				
12		D5				
13		D6				

Fonte: Autores

Tabela 26: Atuadores

	Tipo	Posição	Dado	Freq. Aq.	Resolução	Amplitude
1	Solenóide	L4	Digital	-	-	0V - 24V
2		L4		-	-	
3		L5		-	-	
4		L5		-	-	
5		L6		-	-	
6		L6		-	-	
7		D4		-	-	
8		D4		-	-	
9		D5		-	-	
10		D5		-	-	
11		D6		-	-	
12		D6		-	-	

Fonte: Autores

Com a Tabela 25 e Tabela 26 chegou-se a alguns possíveis fornecedores, nos quais a ECU da Vector - CSM modelos OUTMM e CNTMM que se destacou atendendo-se assim as necessidades do projeto.

Outro parâmetro importante para se selecionar a ECU seria o protocolo de comunicação entre o mesmo e a rede CAN do veículo. No veículo o protocolo utilizado é o homologado pela SAE e pela norma ISO, sendo eles respectivamente SAE J1939 e ISO 11898. Os mesmos protocolos são aceitos pelos módulos escolhidos como ECU.

Também é válido lembrar que os modelos de ECUs selecionados são necessários para o desenvolvimento do projeto, porém uma parte de suas funcionalidades não serão utilizadas por elas serem ECUs projetadas para operar com diversos tipos de sensores e atuadores. Sendo assim, como objetivo de redução de custo, após feito um protótipo funcional em escala real, seria necessário contato com o fornecedor para se desenvolver uma ECU específica para o uso do projeto e assim reduzindo o valor final do produto. A ilustração da ECU se dá conforme Figura 34 localizada na seção 5.3.12.

9.13 CABOS DE CONEXÃO ENTRE ECU'S - K70

Para comunicação via rede CAN entre as ECUs utiliza-se um cabo especial com conectores próprios para se fazer a conexão entre os módulos. Seus plugs são do tipo Plug LEMO 0B 5-pole code G. A ilustração dos cabos de conexão K70 se dá conforme Figura 36 localizada na seção 5.3.14.

9.14 CABOS INTERFACE CAN – K181

Para comunicação via rede CAN entre o veículo e os módulos externos, utiliza-se um cabo especial com conectores próprios para se fazer a conexão entre os módulos. Seus plugs são do tipo LEMO 1B 8-pole code G. A ilustração dos cabos de interface K181 se dá conforme Figura 37 localizada na seção 5.3.15.

9.15 CABOS DE CONEXÃO ATUADORES PARA ECU

Para comunicação dos atuadores com o módulo, utiliza-se um cabo especial com conectores próprios para se fazer a conexão entre os módulos. Seus plugs são do tipo LEMO 0B 6-pole code A. A ilustração dos cabos de conexão para ECU se dá conforme Figura 38 localizada na seção 5.3.16.

10 CUSTOS DO PROJETO

Relacionando itens do estudo prévio que integrarão o sistema, pode-se estimar um custo de produto de R\$32.502,65, no custo de produto e sua última coluna é aplicado um desconto de 25%, devido à grande volume de compras e contratos especiais com fornecedores, suas respectivas conversões monetárias para o Real Brasileiro conforme Tabela 33, e para estes produtos importados, foi aplicado um acréscimo de 60% para aproximações fiscais devidos a impostos de produtos importados. Conforme apresentado na Tabela 27.

Tabela 27: Descrição de instalação

PRODUTO - KIT SW				
Descrição	qtd	unid.	Custo/un.	Custo Produto
Distribuidor do Fornecedor de ar	1	pç	£ 166,58	R\$ 1.293,33
Sensor de Pressão de Ar	1	pç	\$ 157,47	R\$ 995,84
Válvula de Descarga Rápida	11	pç	£ 32,58	R\$ 2.782,46
Válvula Proporcional	6	pç	\$ 292,73	R\$ 11.107,35
Válvula de Check	12	pç	R\$ 87,38	R\$ 786,42
Encoder	1	pç	\$ 156,95	R\$ 992,55
Sensor de Rotação	6	pç	R\$ 220,90	R\$ 994,05
Roda Fônica	6	pç	R\$ 115,04	R\$ 517,68
Cabo Interface ECU p/ Atuadores	18	m	\$ 5,00	R\$ 569,16
Tubulação de ar	25	m	R\$ 1,96	R\$ 36,75
Conectores Pneumáticos	64	pç	R\$ 11,93	R\$ 572,64
ECU	1	pç	R\$ 3.461,64	R\$ 2.596,23
Cabos de Conexão entre ECUs - K70	3	0,5m	R\$ 42,25	R\$ 95,06
Cabos de Interface CAN - K181	1	5m	R\$ 452,50	R\$ 339,38
Cabo Conexão Atuadores p/ ECU	26	5m	R\$ 452,50	R\$ 8.823,75
			Custo Total	-R\$ 32.502,65

Fonte: Autores

Através de pesquisas relacionadas a revisões e manutenções realizadas em semirreboques, chegou-se ao valor de R\$850,00 de custo por unidade instalada sendo vinculado ao serviço terceirizado de instalação, conforme apresentado na Tabela 28.

Tabela 28: Serviços terceirizados

Serviços Terceirizados		
Descrição	Qtd	Custo/un.
Pacote de Instalação	1	-R\$ 850,00

Fonte: Autores

Na Tabela 29, pode-se encontrar os custos administrativos que atendem desde o primeiro contato até atendimentos já recorrentes a clientes e outros, do time de engenharia, licenças essenciais de ferramentas de escritório e um aluguel de galpão que engloba aproximadamente 800m² de área fabril, 1180m² de área útil e 2100m² de área total, com infraestrutura completa.

Tabela 29: Descrição custos fixos

Custos Fixos			
Descrição	Qtd	Custo/un.	Custo Total
administrativo	3	R\$ 3.000,00	R\$ 9.000,00
engenharia	9	R\$ 5.000,00	R\$ 45.000,00
licença softwares Escritório	10	R\$ 59,00	R\$ 590,00
aluguel galpão	1	R\$ 12.800,00	R\$ 12.800,00
		Custo Fixo/Mês	R\$ 67.390,00

Fonte: Autores

A Tabela 30 engloba materiais essenciais para manutenção do sistema, criação de eventuais atualizações e possível produção de novos produtos para crescimento. Sendo esse custo um valor único inicial. Lembrando que os modelos de ECUs utilizadas para cálculo se diferem do modelo final idealizado para venda do produtor, sendo estas utilizadas para pesquisa, atualização e interação da equipe de projeto com os fornecedores.

Tabela 30: Descrição de aquisições iniciais

Aquisições Iniciais			
Descrição	Qtd	Custo/un	Custo total
licença software CAD	1	R\$ 35.000,00	R\$ 35.000,00
licença software Interface ECU	1	R\$ 30.000,00	R\$ 30.000,00
licença software Matemático (pesquisas)	1	R\$ 25.000,00	R\$ 25.000,00
ECU para Sensores (pesquisas/atualizações)	2	€ 2.000,00	R\$ 37.184,00
ECU para Atuadores (pesquisas/atualizações)	2	€ 2.200,00	R\$ 40.902,40
Equipamentos escritório	10	R\$ 3.000,00	R\$ 30.000,00
		Total	R\$ 198.086,40

Fonte: Autores

No investimento inicial, foi aplicado os custos de aquisições iniciais, depósito cautelar de aluguel equivalente a três meses, três meses de custo fixo inicial para garantir o pagamento dos mesmos, exceto aluguel por já estar no depósito cautelar, e o primeiro lote de peças que engloba seis meses de estoque para funcionamento ininterrupto inicial, sendo após esses meses por contrato, um fluxo de estoque controlável, conforme apresentado na Tabela 31. Portanto o custo de investimento inicial fica em torno de 4,6 milhões de reais.

Tabela 31: Estimativa de investimento inicial

Investimento Inicial	
Aquisições iniciais	R\$ 198.086,40
Aluguel	R\$ 38.400,00
3 custos fixos mensais	R\$ 163.770,00
1º Lote de Peças	R\$ 4.192.841,35
Total	R\$ 4.593.097,75

Fonte: Autores

Tendo em vista o custo de produto, mais o custo de instalação, tem-se o valor de venda sugerido de aproximadamente R\$37.688,49 tendo um retorno de 12% de lucro. Este valor de 12% aborda tanto serviço quanto produto, tendo em vista que especialistas recomendam que produtos tenham margem de 2% a 8% de lucro e serviços pelo menos 20%, conforme apresentado na Tabela 32.

Tabela 32: Estimativa de valor de venda

Valor final Produto	
Valor total/un.	R\$ 33.352,65
Valor de venda	R\$ 37.688,49
Lucro	12%

Fonte: Autores

Sabendo-se que o conjunto do projeto engloba produtos de difícil procura nacional, é necessário recorrer aos produtos fabricados no exterior, logo, como base de conversão na data de 27/05/2020, foi possível obter os valores de cambio utilizados no projeto para as devidas necessidades anteriormente apresentadas conforme Tabela 33.

Tabela 33: Conversões monetárias

Cotações de moedas	Data:27/05/2020
Libra (£) / Real (R\$)	R\$ 6,47
Euro(€) / Real (R\$)	R\$ 5,81
Dólar(\$) / Real (R\$)	R\$ 5,27

Fonte: Autores

Na Tabela 34 são apresentados os dados de 48 meses de operação, fica explícito que devido ao seu custo inicial possuir um lote de seis meses garantidos, traz um valor líquido de vendas muito superior nesses meses em questão, sendo após esse período, normalizado o sistema de compras. Com uma evolução modesta do volume de vendas mensal consegue-se através do saldo verificar que o *BreakEven* aparece no vigésimo sétimo mês de funcionamento, com aproximadamente 664 kits vendidos, e seu *Payback* destacado em negrito no quadragésimo quarto mês, com aproximadamente 1846 kits vendidos.

Tabela 34: Estimativa de evolução no tempo

SMARTWAGON										
Mês	uni. dispo.	uni. Vend.	Custo Fixo	Custo de Peças	Custo Terceirizado	Custo Var. Total	Custo Geral	Valor Bruto Venda	Valor Líquido de Venda	Saldo
0	129	0	R\$ 400.256,40	R\$ 4.192.841,35	0	R\$ 4.192.841,35	R\$ 4.593.097,75	0	0	-R\$ 4.593.097,75
1	109	20	R\$ 67.390,00	R\$ 0,00	R\$ 17.000,00	R\$ 17.000,00	R\$ 84.390,00	R\$ 753.769,80	R\$ 669.379,80	-R\$ 3.923.717,95
2	89	20	R\$ 67.390,00	R\$ 0,00	R\$ 17.000,00	R\$ 17.000,00	R\$ 84.390,00	R\$ 753.769,80	R\$ 669.379,80	-R\$ 3.254.338,15
3	69	20	R\$ 67.390,00	R\$ 0,00	R\$ 17.000,00	R\$ 17.000,00	R\$ 84.390,00	R\$ 753.769,80	R\$ 669.379,80	-R\$ 2.584.958,34
4	47	22	R\$ 67.390,00	R\$ 0,00	R\$ 18.700,00	R\$ 18.700,00	R\$ 86.090,00	R\$ 829.146,78	R\$ 743.056,78	-R\$ 1.841.901,56
5	25	22	R\$ 67.390,00	R\$ 0,00	R\$ 18.700,00	R\$ 18.700,00	R\$ 86.090,00	R\$ 829.146,78	R\$ 743.056,78	-R\$ 1.098.844,78
6	0	25	R\$ 67.390,00	R\$ 0,00	R\$ 21.250,00	R\$ 21.250,00	R\$ 88.640,00	R\$ 942.212,25	R\$ 853.572,25	-R\$ 245.272,52
7	26	26	R\$ 67.390,00	R\$ 845.068,80	R\$ 22.100,00	R\$ 867.168,80	R\$ 934.558,80	R\$ 979.900,74	R\$ 45.341,94	-R\$ 199.930,58
8	26	26	R\$ 67.390,00	R\$ 858.998,51	R\$ 22.464,29	R\$ 881.462,79	R\$ 948.852,79	R\$ 996.052,95	R\$ 47.200,16	-R\$ 152.730,42
9	28	28	R\$ 67.390,00	R\$ 893.822,77	R\$ 23.375,00	R\$ 917.197,77	R\$ 984.587,77	R\$ 1.036.433,48	R\$ 51.845,71	-R\$ 100.884,71
10	29	29	R\$ 67.390,00	R\$ 928.647,03	R\$ 24.285,71	R\$ 952.932,75	R\$ 1.020.322,75	R\$ 1.076.814,00	R\$ 56.491,26	-R\$ 44.393,45
11	30	30	R\$ 67.390,00	R\$ 963.471,30	R\$ 25.196,43	R\$ 988.667,72	R\$ 1.056.057,72	R\$ 1.117.194,53	R\$ 61.136,80	R\$ 16.743,35
12	31	31	R\$ 67.390,00	R\$ 998.295,56	R\$ 26.107,14	R\$ 1.024.402,70	R\$ 1.091.792,70	R\$ 1.157.575,05	R\$ 65.782,35	R\$ 82.525,71
13	32	32	R\$ 67.390,00	R\$ 1.033.119,82	R\$ 27.017,86	R\$ 1.060.137,68	R\$ 1.127.527,68	R\$ 1.197.955,58	R\$ 70.427,90	R\$ 152.953,60
14	33	33	R\$ 67.390,00	R\$ 1.067.944,09	R\$ 27.928,57	R\$ 1.095.872,66	R\$ 1.163.262,66	R\$ 1.238.336,10	R\$ 75.073,45	R\$ 228.027,05
15	34	34	R\$ 67.390,00	R\$ 1.102.768,35	R\$ 28.839,29	R\$ 1.131.607,64	R\$ 1.198.997,64	R\$ 1.278.716,63	R\$ 79.718,99	R\$ 307.746,04
16	35	35	R\$ 67.390,00	R\$ 1.137.592,61	R\$ 29.750,00	R\$ 1.167.342,61	R\$ 1.234.732,61	R\$ 1.319.097,15	R\$ 84.364,54	R\$ 392.110,58
17	36	36	R\$ 67.390,00	R\$ 1.172.416,88	R\$ 30.660,71	R\$ 1.203.077,59	R\$ 1.270.467,59	R\$ 1.359.477,68	R\$ 89.010,09	R\$ 481.120,67
18	37	37	R\$ 67.390,00	R\$ 1.207.241,14	R\$ 31.571,43	R\$ 1.238.812,57	R\$ 1.306.202,57	R\$ 1.399.858,21	R\$ 93.655,63	R\$ 574.776,30
19	38	38	R\$ 67.390,00	R\$ 1.242.065,41	R\$ 32.482,14	R\$ 1.274.547,55	R\$ 1.341.937,55	R\$ 1.440.238,73	R\$ 98.301,18	R\$ 673.077,48
20	39	39	R\$ 67.390,00	R\$ 1.276.889,67	R\$ 33.392,86	R\$ 1.310.282,53	R\$ 1.377.672,53	R\$ 1.480.619,26	R\$ 102.946,73	R\$ 776.024,21
21	40	40	R\$ 67.390,00	R\$ 1.311.713,93	R\$ 34.303,57	R\$ 1.346.017,50	R\$ 1.413.407,50	R\$ 1.520.999,78	R\$ 107.592,28	R\$ 883.616,49
22	41	41	R\$ 67.390,00	R\$ 1.346.538,20	R\$ 35.214,29	R\$ 1.381.752,48	R\$ 1.449.142,48	R\$ 1.561.380,31	R\$ 112.237,82	R\$ 995.854,31
23	43	43	R\$ 67.390,00	R\$ 1.381.362,46	R\$ 36.125,00	R\$ 1.417.487,46	R\$ 1.484.877,46	R\$ 1.601.760,83	R\$ 116.883,37	R\$ 1.112.737,68
24	44	44	R\$ 67.390,00	R\$ 1.416.186,72	R\$ 37.035,71	R\$ 1.453.222,44	R\$ 1.520.612,44	R\$ 1.642.141,36	R\$ 121.528,92	R\$ 1.234.266,60
25	45	45	R\$ 67.390,00	R\$ 1.451.010,99	R\$ 37.946,43	R\$ 1.488.957,42	R\$ 1.556.347,42	R\$ 1.682.521,88	R\$ 126.174,46	R\$ 1.360.441,06
26	46	46	R\$ 67.390,00	R\$ 1.485.835,25	R\$ 38.857,14	R\$ 1.524.692,39	R\$ 1.592.082,39	R\$ 1.722.902,41	R\$ 130.820,01	R\$ 1.491.261,07
27	47	47	R\$ 67.390,00	R\$ 1.520.659,52	R\$ 39.767,86	R\$ 1.560.427,37	R\$ 1.627.817,37	R\$ 1.763.282,93	R\$ 135.465,56	R\$ 1.626.726,63
28	48	48	R\$ 67.390,00	R\$ 1.555.483,78	R\$ 40.678,57	R\$ 1.596.162,35	R\$ 1.663.552,35	R\$ 1.803.663,46	R\$ 140.111,11	R\$ 1.766.837,74
29	49	49	R\$ 67.390,00	R\$ 1.590.308,04	R\$ 41.589,29	R\$ 1.631.897,33	R\$ 1.699.287,33	R\$ 1.844.043,98	R\$ 144.756,65	R\$ 1.911.594,39
30	50	50	R\$ 67.390,00	R\$ 1.625.132,31	R\$ 42.500,00	R\$ 1.667.632,31	R\$ 1.735.022,31	R\$ 1.884.424,51	R\$ 149.402,20	R\$ 2.060.996,59
31	51	51	R\$ 67.390,00	R\$ 1.659.956,57	R\$ 43.410,71	R\$ 1.703.367,29	R\$ 1.770.757,29	R\$ 1.924.805,03	R\$ 154.047,75	R\$ 2.215.044,34
32	52	52	R\$ 67.390,00	R\$ 1.694.780,83	R\$ 44.321,43	R\$ 1.739.102,26	R\$ 1.806.492,26	R\$ 1.965.185,56	R\$ 158.693,29	R\$ 2.373.737,63
33	53	53	R\$ 67.390,00	R\$ 1.729.605,10	R\$ 45.232,14	R\$ 1.774.837,24	R\$ 1.842.227,24	R\$ 2.005.566,08	R\$ 163.338,84	R\$ 2.537.076,47
34	54	54	R\$ 67.390,00	R\$ 1.764.429,36	R\$ 46.142,86	R\$ 1.810.572,22	R\$ 1.877.962,22	R\$ 2.045.946,61	R\$ 167.984,39	R\$ 2.705.060,86
35	55	55	R\$ 67.390,00	R\$ 1.799.253,63	R\$ 47.053,57	R\$ 1.846.307,20	R\$ 1.913.697,20	R\$ 2.086.327,13	R\$ 172.629,94	R\$ 2.877.690,80
36	56	56	R\$ 67.390,00	R\$ 1.834.077,89	R\$ 47.964,29	R\$ 1.882.042,18	R\$ 1.949.432,18	R\$ 2.126.707,66	R\$ 177.275,48	R\$ 3.054.966,28
37	58	58	R\$ 67.390,00	R\$ 1.868.902,15	R\$ 48.875,00	R\$ 1.917.777,15	R\$ 1.985.167,15	R\$ 2.167.088,18	R\$ 181.921,03	R\$ 3.236.887,31
38	59	59	R\$ 67.390,00	R\$ 1.903.726,42	R\$ 49.785,71	R\$ 1.953.512,13	R\$ 2.020.902,13	R\$ 2.207.468,71	R\$ 186.566,58	R\$ 3.423.453,89
39	60	60	R\$ 67.390,00	R\$ 1.938.550,68	R\$ 50.696,43	R\$ 1.989.247,11	R\$ 2.056.637,11	R\$ 2.247.849,23	R\$ 191.212,12	R\$ 3.614.666,01
40	61	61	R\$ 67.390,00	R\$ 1.973.374,94	R\$ 51.607,14	R\$ 2.024.982,09	R\$ 2.092.372,09	R\$ 2.288.229,76	R\$ 195.857,67	R\$ 3.810.523,68
41	62	62	R\$ 67.390,00	R\$ 2.008.199,21	R\$ 52.517,86	R\$ 2.060.717,07	R\$ 2.128.107,07	R\$ 2.328.610,28	R\$ 200.503,22	R\$ 4.011.026,90
42	63	63	R\$ 67.390,00	R\$ 2.043.023,47	R\$ 53.428,57	R\$ 2.096.452,04	R\$ 2.163.842,04	R\$ 2.368.990,81	R\$ 205.148,77	R\$ 4.216.175,67
43	64	64	R\$ 67.390,00	R\$ 2.077.847,74	R\$ 54.339,29	R\$ 2.132.187,02	R\$ 2.199.577,02	R\$ 2.409.371,33	R\$ 209.794,31	R\$ 4.425.969,98
44	65	65	R\$ 67.390,00	R\$ 2.112.672,00	R\$ 55.250,00	R\$ 2.167.922,00	R\$ 2.235.312,00	R\$ 2.449.751,86	R\$ 214.439,86	R\$ 4.640.409,84
45	66	66	R\$ 67.390,00	R\$ 2.147.496,26	R\$ 56.160,71	R\$ 2.203.656,98	R\$ 2.271.046,98	R\$ 2.490.132,38	R\$ 219.085,41	R\$ 4.859.495,25
46	67	67	R\$ 67.390,00	R\$ 2.182.320,53	R\$ 57.071,43	R\$ 2.239.391,96	R\$ 2.306.781,96	R\$ 2.530.512,91	R\$ 223.730,95	R\$ 5.083.226,20
47	68	68	R\$ 67.390,00	R\$ 2.217.144,79	R\$ 57.982,14	R\$ 2.275.126,93	R\$ 2.342.516,93	R\$ 2.570.893,43	R\$ 228.376,50	R\$ 5.311.602,70
48	69	69	R\$ 67.390,00	R\$ 2.251.969,05	R\$ 58.892,86	R\$ 2.310.861,91	R\$ 2.378.251,91	R\$ 2.611.273,96	R\$ 233.022,05	R\$ 5.544.624,75

Fonte: Autores

No Figura 73 pode-se visualizar a evolução de forma mais clara.

Figura 73: Gráfico custo x tempo

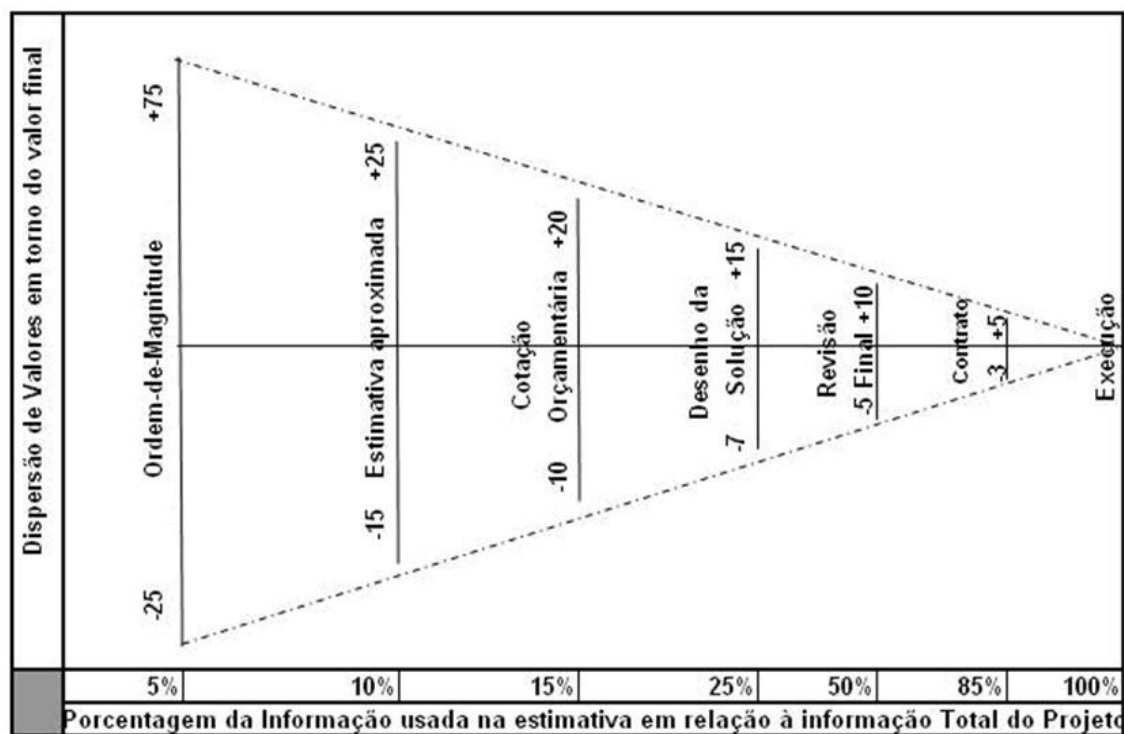


Fonte: Autores

10.1 CONE DA INCERTEZA

O Cone da Incerteza é uma teoria desenvolvida por Barry Boehm no início dos anos 1980. Este conceito foi introduzido no livro intitulado Software Engineering Economics. Vale ressaltar que a conceituada agência espacial americana NASA, trabalha no início de seus projetos com esse sistema conforme Figura 74.

Figura 74: Cone da incerteza



Fonte: Agile Momentum

Neste trabalho é possível verificar que no atual estágio, tem-se que desconsiderar algumas variáveis diversas, como atual situação de pandemia mundial (COVID-19), que dificulta estudos de campo e limitação de informações sigilosas de alguns fornecedores específicos do projeto.

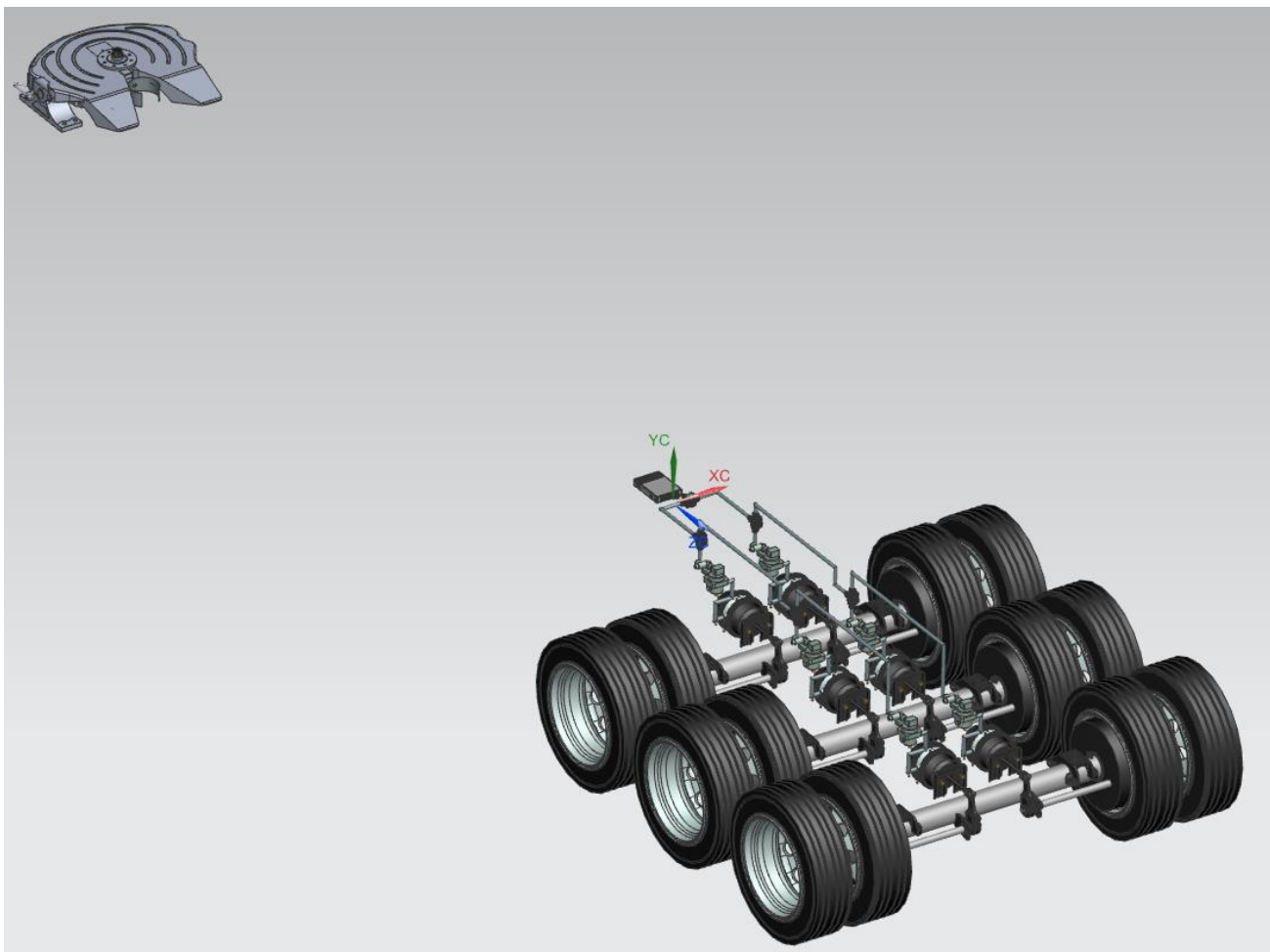
Tendo considerado essas limitações e o atual estágio intitulando-se como de Desenho da Solução com intervalos de +15% de limite superior do custo estimado inicial e -7% de limite inferior, isto traz um custo máximo de R\$5.282.062,41 e custo mínimo de R\$4.271.580,91. Relacionando estes novos custos com o futuro Payback, este se encontra dentro do intervalo do quadragésimo terceiro mês para o quadragésimo sétimo mês, sendo essa uma variação de apenas um mês antes e de até três meses após a meta, ante ao resultado inicial que é do quadragésimo quarto mês, não considerando as variações do Cone da Incerteza.

O Cone da Incerteza diminui a possibilidade de erro no investimento do projeto, quanto maior for a quantidade de informação que se tem do projeto, maior a probabilidade de convergir o valor estimado do investimento, neste trabalho, mesmo tendo ciência de suas limitações atuais, tende a trazer segurança no valor estimado, e mostra com poucas variações temporais no retorno de seu investimento.

11 MODELOS 3D

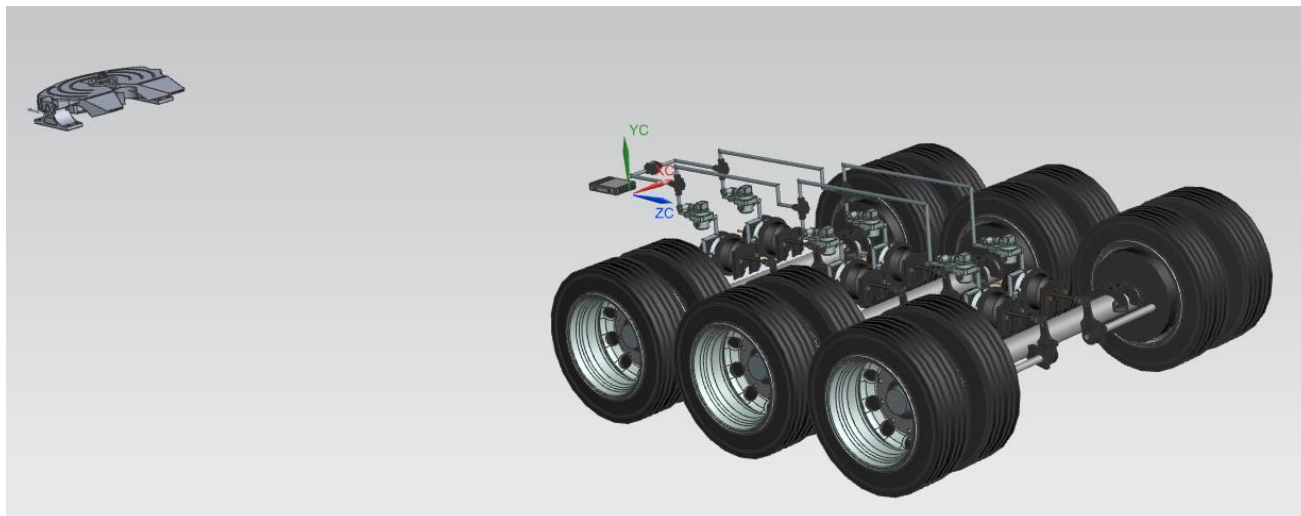
Através do desenho 3D é demonstrada a disposição dos elementos do projeto citados anteriormente ao longo da carreta em estudo, com 3 eixos posicionados no final do implemento, equidistantes um do outro. Apenas foram representados os elementos presentes no implemento, sem a presença do mesmo, para tornar o layout de instalação mais acessível conforme Figura 75, Figura 76, Figura 77 e Figura 78.

Figura 75: Vista isométrica do conjunto



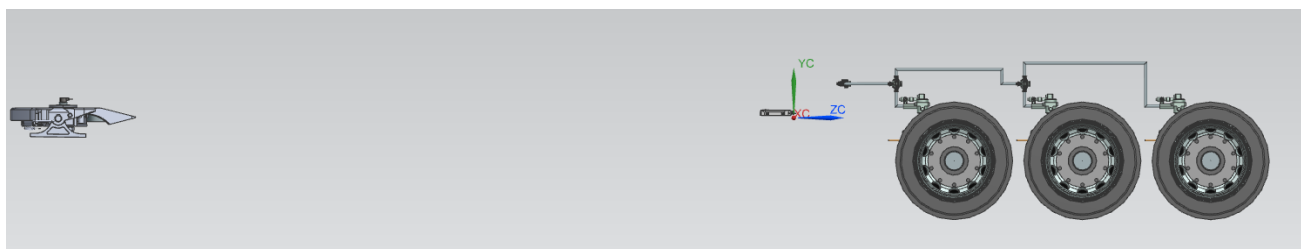
Fonte: Autores

Figura 76: Vista isométrica do conjunto



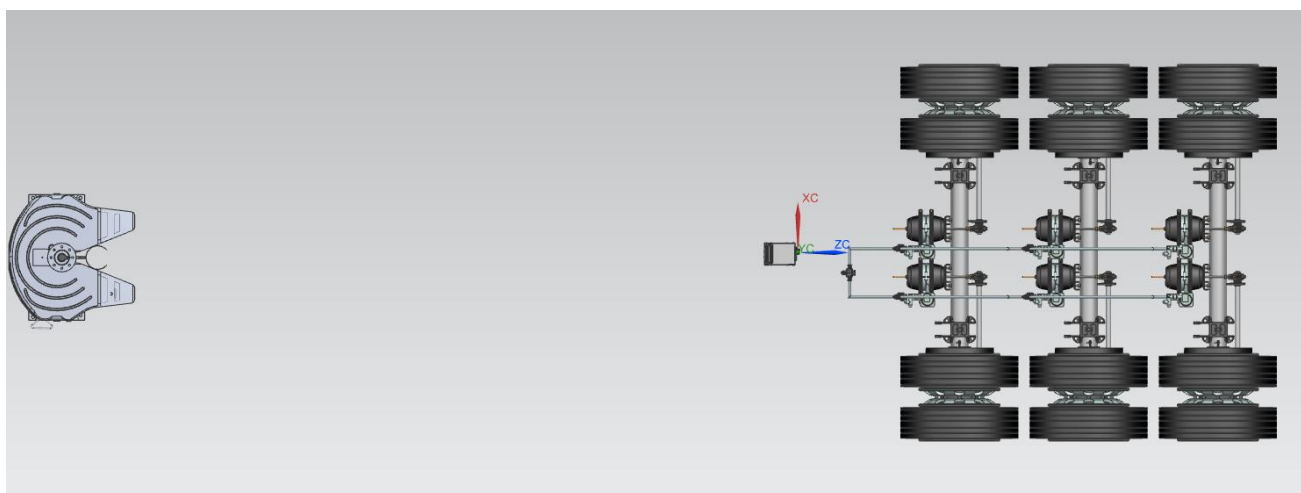
Fonte: Autores

Figura 77: Vista lateral do conjunto



Fonte: Autores

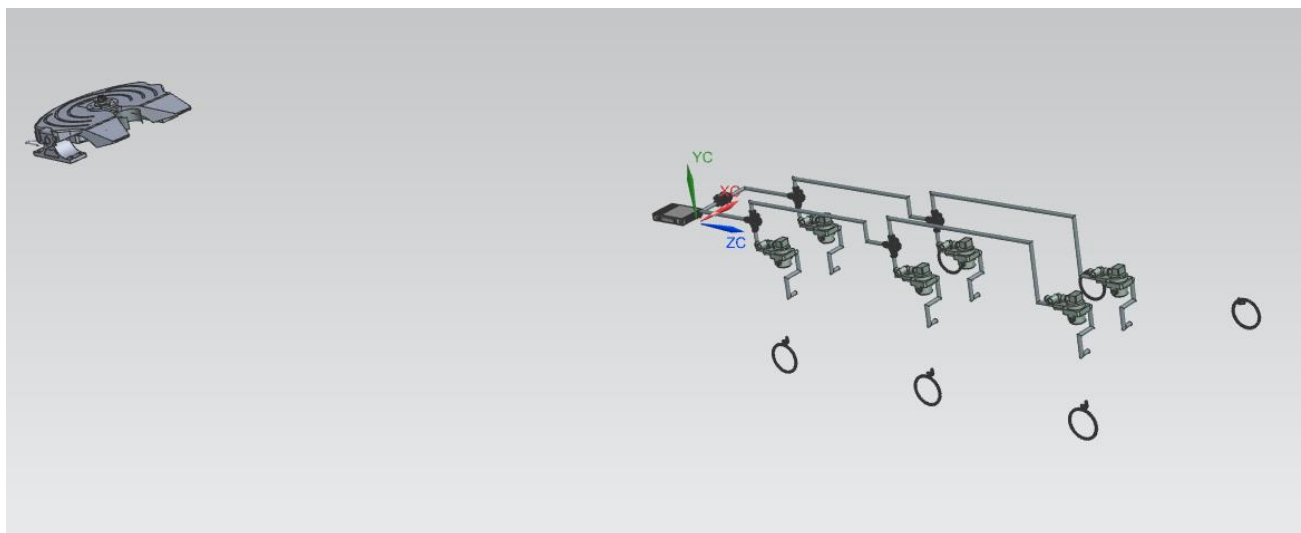
Figura 78: Vista superior do conjunto



Fonte: Autores

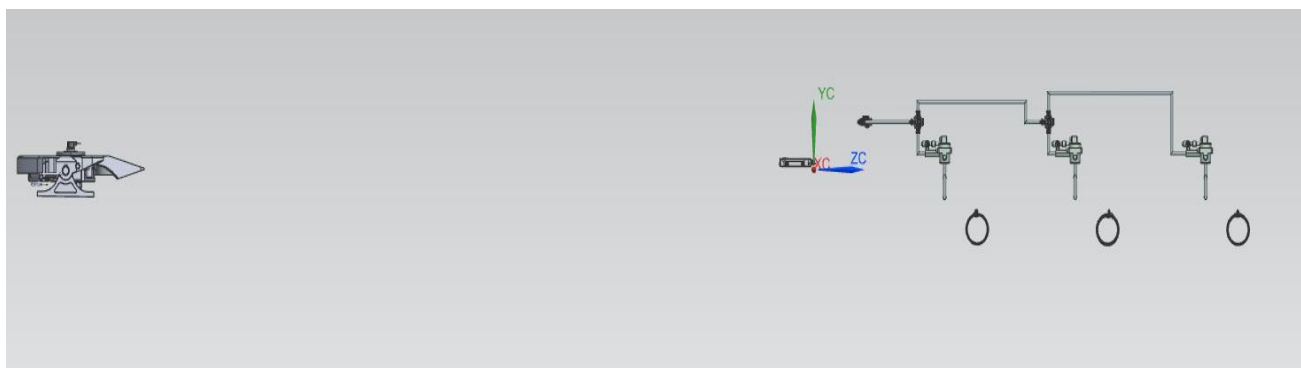
Para a separação do fluxo entre rodas direitas e esquerdas, foram utilizados caminhos separados de mangueiras para fluxo de ar fazendo com que ambos os lados pudessem ser acionados na frenagem conforme Figura 79 e Figura 80.

Figura 79: Vista isométrica com supressão de componentes



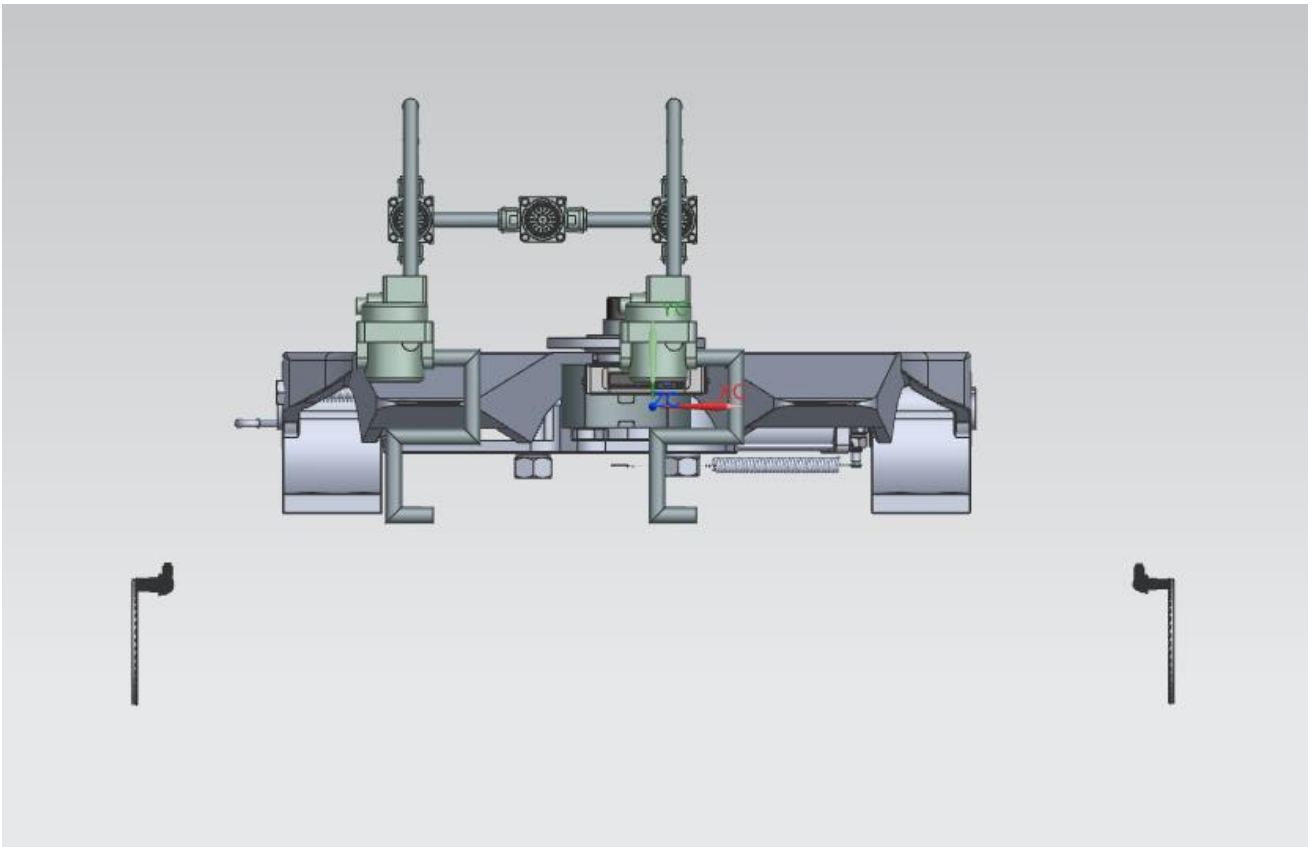
Fonte: Autores

Figura 80: Vista lateral com supressão de componentes



Fonte: Autores

Figura 81: Vista frontal com supressão de componentes



Fonte: Autores

Com o intuito de frear apenas um lado, foram adicionadas duas válvulas 3 vias 2 posições no caminho para o sistema de freio, uma para o lado direito e outra para o esquerdo conforme Figura 81. Dessa forma, com o acionamento da válvula eletricamente comandada pela ECU, será possível interromper o fluxo de ar para o sistema de frenagem de cada lado, resultando em uma frenagem controlada.

12 CONCLUSÕES

Ao longo de todo o desenvolvimento do trabalho pode-se perceber que vários ganhos foram obtidos, tanto fatores humanos quanto fatores técnicos e práticos.

Acredita-se que um dos objetivos do trabalho é desenvolver um projeto relacionado a uma grande gama de conteúdo que foi adquirido ao longo de todo o curso. Dessa forma, é justo afirmar que diversas disciplinas envolvidas no campo da engenharia e inclusive algumas externas a ela, foram executadas e validadas ao longo do trabalho proporcionando um conhecimento amplo do assunto explorado.

Um dos ganhos obtidos ao longo do projeto foi a questão do gerenciamento na qual é um item de suma importância para execução rápida e eficiente das tarefas. Isso atrelado a uma boa gestão de pessoas traz um aprendizado significativo. Também é válido ressaltar que algumas alterações na forma de gerenciamento e execução das tarefas e atividades foram feitas para garantir uma melhor eficiência e fluidez. Acredita-se que o resultado final tenha sido positivo pois chegou-se em um maior consenso e clareza do que cada um era responsável.

Com relação a parte técnica, foi visto que a escolha de uma melhor solução para o problema era um fator primordial nos resultados. Sendo assim, com um *brainstorm* de ideias e conselhos externos de outros coordenadores e professores foi-se possível chegar em uma solução qual tendo-se em vista a nossa matriz de decisão, era a que melhor se encaixava para o escopo do projeto. No final, foi possível com a ajuda de software, simulações e pesquisas validar a fundamentação dinâmica por trás do funcionamento do sistema.

Essa validação baseou-se em grande parte do trabalho de mestrado do Professor André Mendes “Análise de Estabilidade em Guinada de veículos Articulados”. Além disso as simulações no MatLab apoiadas sobre o modelo matemático do Rubem Penteado no seu trabalho “Estabilidade lateral de conjuntos de veículos de carga” mostraram a tendência ao mesmo comportamento dinâmico visto anteriormente.

Os apoios externos da própria FEI e empresas relacionadas ao setor também são indispensáveis para o andamento do projeto. Esse apoio se dá através de questões financeiras e recurso de propriedade intelectual que são disponibilizados aos alunos. Tais parcerias ajudam também na divulgação e continuidade do trabalho para uma real aplicação na indústria.

A oportunidade para projetos futuro também é um ganho com esse trabalho pois ele pode alavancar novas pesquisas mais aprofundadas para subnicho da linha de caminhões pesados.

O projeto também gera por consequência uma redução dos fatores externos não controláveis o que reduz os erros e imprecisões para cálculo de seguros, fretes e entre outros. O valor do preço de seguro é reduzido pois em carretas que já tenham esse sistema, elas terão uma menor probabilidade de ocorrer um acidente e por consequência salvará vidas assim como reduzirá custos.

Já foi visto algumas outras tecnologias anteriores como o ABS que tiveram inicialmente sua implementação como acessório, mas que nos dias atuais, tornou-se item de segurança obrigatório. Acredita-se que o projeto tem o mesmo potencial de se tornar item obrigatório nas carretas novas e já existentes, visto que é algo relacionado a segurança de pessoas.

Para os envolvidos no projeto nota-se que ocorreu um ganho de conhecimento sobre um assunto extra curricular relacionado a engenharia que não são citados durante o curso. Porém, foi provado que os alunos têm a capacidade de aprender e assimilar os conhecimentos já existentes com novas propostas de projetos.

REFERÊNCIAS

AGEV. **Acidentes são o principal fator de prejuízo em frotas**. Disponível em: <http://agev.org.br/acidentes-sao-principal-fator-de-prejuizo-com-frotas-25>. Acesso em: 06 set. 2019.

ATG, Autotechnik GMBH. **Bus Articulations & Gangway Systems**. Disponível em: <https://articulated-bus.com/index.php/en/products-category-1.html>. Acesso em: 06 set. 2019.

AUTO PEÇAS HORIZONTE. **Sensor abs dianteiro mercedes**. Disponível em: <https://bit.ly/35DNaix>. Acesso em: 30 mar. 2020.

AUTO SPEED. **Sensor de Rotação**. Disponível em: <https://www.autospeed.com.br>. Acesso em: 4 mai. 2020.

BOARETTO, J. **Comportamento estrutural de um chassi de semirreboque submetido a manobras relacionadas às dinâmicas lateral e vertical**. 2012. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

BOSCH. **Freios**. Disponível em: http://br.boschautomotive.com/pt/internet/parts/repairs_and_services_1/warranty/express_warranty/visual_examples_exemplos_visuais/brakes_2/brakes_3.html. Acesso em: 10 set. 2019.

BLOG SAGE. **como calcular a margem de lucro de um produto ou serviço**. Disponível em: <https://blog.sage.com.br/como-calcular-a-margem-de-lucro-de-um-produto-ou-servico/>. Acessado em: 29 mai. 2020

CAIEIRAS DIESEL. **Válvula pneumática**. Disponível em: Fonte: <https://caieirasdiesel.com.br>. Acesso em: 14 abr. 2020.

CDL TEST. **CDL Handbook – CDL Test – EXAM STUDY GUIDE**. Disponível em: <http://www.cdltest-answers.com/Handbook/cdl-handbook.html>. Acesso em: 06 set. 2019.

CNT. **Somente 12% da malha rodoviária brasileira é pavimentada**. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/somente-12-da-malha-rodoviaria-brasileira-pavimentada>. Acesso: 06 set. 2019.

CRISMOLNAR. **Cone da incerteza**. Disponível em: <https://agilemomentum.wordpress.com/2015/11/05/cone-da-incerteza/>. Acesso em: 29 mai. 2020

CWB. **Reservatório de ar carretas bi trem**. Disponível em: <https://www.cwbautopecas.com.br/reservatorio-de-ar-carretas-bi-trem-randon-75l-igasa>. Acesso em: 30 mar. 2020.

DELLAVIA. **Pneu**. Disponível em: <https://www.dellavia.com.br>. Acesso em: 24 jan. 2020. Devem ser listadas na ordem de acordo com a norma da ABNT, disponível na biblioteca da FEI. Alinhadas à esquerda, digitadas em espaço simples e separadas entre si por 1 espaço em branco.

DIESEL PARTS. **Cuíca de freio**. Disponível em: <http://ettdiesel.com.br>. Acesso em: 20 abr. 2020.

DNIT. **Mapa multimodal Brasil**. Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br/dnitcloud/index.php/s/RCtBFGmJxDpiyHE#pdfviewer>. Acesso em: 05 set. 2019.

DNIT. **Operações rodoviária** – Estatísticas de acidentes. Disponível em: <http://dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviarias/estatisticas-de-acidentes>. Acesso em: 05 set, 2019.

DUTRA, Kaioh. **Como funcionam os diferenciais**. Disponível em: <https://kaiohdutra.wordpress.com/2012/01/17/como-funciona-os-diferenciais>. Acesso em: 10 set. 2019.

ELETROMAC. **Cabo flex 4mm preço por metro**. Disponível em: <https://www.eletromac.com.br/--cabo-flex-4mm-preco-por-metro-/1050/produto/>. Acesso em: 29 mar. 2020.

ENGINEERING INSIDER. **What is an air suspension? How does it work?** Disponível em: <https://engineeringinsider.org/air-suspension-system-working>. Acesso em: 09 set. 2019

FACCHINI. **Catálogo de peças**. Disponível em: <https://www.facchini.com.br/catalogo/>. Acesso em: 29 mai. 2020.

FACCHINI. **Informações do dimensional do implemento.** Disponível em: <https://www.facchini.com.br/produto/semirreboque-furgao-cargaseca>. Acesso em: 3 mai. 2020.

FAHOR. **Proposta de instalação de um compressor de ar auxiliar em caminhões.** Disponível em: http://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2015/AdrianoSimionato.pdf. Acesso em: 10 set. 2019.

FREIOS MASTER. **Lona de freio.** Disponível em: <https://www.freiosmaster.com>. Acesso em: 10 fev. 2020.

GILLESPIE, T.D. **Fundamentals of vehicle dynamics.** Warrendale: SAE International, 1992.

GUIA DO TRC. **Gestão de segurança no transporte rodoviário: por que caminhões e carretas tombam com facilidade.** Disponível em: http://www.guiadotrc.com.br/seguranca/tombamento_veiculos.asp. Acesso em: 09 set. 2019.

GUIA DO TRC. **Gestão de segurança no transporte rodoviário: por que ocorre o efeito “I” ou efeito canivete?** Disponível em: http://www.guiadotrc.com.br/seguranca/efeito_canivete.asp. Acesso em: 09 set. 2019.

GOOGLE. **dados de câmbio-dólar, euro, libra esterlina.** Disponível em: <https://www.google.com/>. Acesso em: 27 mai. 2020

HIPERVAREJO. **Pneu Pirelli aro 22.** Disponível em: <https://bit.ly/2LcGo9K>. Acesso em: 29 mar. 2020.

IPEA. **Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil com base na atualização simplificada da pesquisas anteriores do Ipea.** Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7456/1/RP_Estimativa_2015.pdf. Acesso em: 09 set. 2019.

JUSBRASIL. **No Brasil 80% das estradas não são asfaltadas.** Disponível em: <https://folhapolitica.jusbrasil.com.br/noticias/135832618/no-brasil-80-das-estradas-nao-sao-asfaltadas>. Acesso em: 06 set. 2019.

KNORR. **Freios.** Disponível em: https://www.knorr-bremse.com.br/pt/commercialvehicles/products_1/steering/ihsa_steering_system/standard_page_commercialvehicles.jsp. Acesso em: 10 set. 2019.

LOJA DO MECÂNICO. **Mangueira para ar e água de 5 metros.** Disponível em: <https://www.lojadomecanico.com.br/produto/84847/43/368/mangueira-para-ar-e-agua-de-05-metros-arcom-arcadal-h-516-05m>. Acesso em: 30 mar. 2020.

MANCURSO, Felippo. **Estudo mostra o custo dos acidentes de trânsito no Brasil.** **Jornal Hoje – G1**, São Paulo, 17 de nov. de 2016. Disponível em:

<http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2016/11/estudo-mostra-o-custo-dos-acidentes-de-transito-no-brasil.html>. Acesso em: 09 set. 2019.

MELO, Rubem Penteado de. **Avaliação da estabilidade lateral de conjuntos de veículos de carga**. 2004. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – PUC – PR.

MELO, Rubem Penteado de. **Estabilidade lateral de conjuntos de veículos de carga**. Pinhais. Transtech Eng. E Insp. Ltda, 2005.

MENDES, André de Souza. **Análise de estabilidade em guinada de veículos articulados**. 2016. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário da FEI.

MERCADO LIVRE. **Célula de carga**. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1214349334-celula-de-carga-z-5t-tipo-s-5000kg-inox-_JM#position=7&type=item&tracking_id=5bf80ce4-3baf-4657-aa12-0375e1a9a36c. Acesso em: 30 mar. 2020.

MERCADO LIVRE. **Cuica freio 30x30 haste longa caminhão carreta**. Disponível em: <https://bit.ly/3fxLLi6>. Acesso em: 29 mar. 2020.

MERCADO LIVRE. **Jogo lona freio carreta guerra**. Disponível em: <https://bit.ly/3fviO6k>. Acesso em: 29 mar. 2020.

MERCADO LIVRE. **Roda de caminhão**. Disponível em: <https://bit.ly/3fsnVnN>. Acesso em: 29 mar. 2020.

MERCADO LIVRE. **Tambor de freio carreta guerra roda disco 10 furos**. Disponível em: <https://bit.ly/2zl2kwM>. Acesso em: 29 Mar. 2020.

MURIAE, Rádio. **BR 116: carreta tomba em curva próximo ao trevo do distrito de Itamuri**. Disponível em: <https://radiomuriae.com.br/noticias/br-116-carreta-tomba-em-curva-proximo-ao-trevo-do-distrito-de-itamuri>. Acesso em: 09 set. 2019.

PACEJKA, H. B.; BAKKER, E. **The magic formula tyre model**. Vehicle System Dynamics, Taylor & Francis, v. 21, p. 1–18, 1992. Disponível em : <https://bit.ly/2WcVN0g>. Acesso em: 07 de abril de 2020.

PACEJKA, H. B. **Tyre and vehicle dynamics**. Oxford: Elsevier, 2006.

PEÇA AGORA. **Válvula moduladora freio ABS 24v**. Disponível em: <https://www.pecaagora.com/p/235332/valvula-moduladora-freio-abs-24v-mb-axor-atego-oh-o371-o400-o500-todos-com-abs-dianteiro-e-traseiro-0044296544>. Acesso em: 29 mar. 2020.

PORTAL DO TRANSITO. **As 5 maiores causas de acidentes envolvendo caminhões no Brasil**. Disponível em: <https://portaldotransito.com.br/noticias/transporte-de-carga/as-5-maiores-causas-de-acidentes-envolvendo-caminhoes-no-brasil/>. Acesso em: 09 set. 2019.

REPARO DE MÓDULOS. **ECU EBS**. Disponível em: <https://reparodemodulos.com.br>. Acesso em: 7 mar. 2020.

REVISTA CAMINHONEIRO. **Caminhoneiros e o transporte de carga: saiba importância dessa dupla para economia brasileira**. Disponível em: <https://www.revistacaminhoneiro.com.br/caminhoneiros-e-o-transporte-de-cargas-saiba-importancia-dessa-dupla-para-economia-brasileira/>. Acesso em: 05 set. 2019.

RS . **Encoder**. Disponível em: <https://br.rsdelivers.com>. Acesso em: 15 jan. 2020.

SCANIA. **External CAN Communication Specification**. Disponível em: https://til.scania.com/w/bwm_0000842_99>. Acesso em: 29 mai. 2020

SAGE, Blog. **Como calcular a margem de lucro de um produto de serviço**. Disponível em: <https://blog.sage.com.br/como-calcular-a-margem-de-lucro-de-um-produto-ou-servico/>. Acesso em: 14. Abr. 2020.

SALVA CENTER. **Roda**. Disponível em: <https://www.salvacenter.com.br>. Acesso em: 22 abr. 2020.

SLIDE SHARE. **Sistemas de freios**. Disponível em: https://www.slideshare.net/automobilisticafoz/sistema-de-freio-principio-de-funcionamento-componentes-e-sistemas-12291560?next_slideshow=1. Acesso em: 10 set. 2019.

TRANSPORTES GOVERNO. **ICM 2018: DNIT divulga avaliação das rodovias federais pavimentadas**. Disponível em: <http://transportes.gov.br/ultimas-noticias/8035-dnit-divulga-avalia%C3%A7%C3%A3o-das-rodovias-federais-pavimentadas.html>. Acesso em: 06 set. 2019.

TUDO SOBRE XANXERE. **Carga de carne se espalha na curva do viaduto em tombamento de carreta**. Disponível em: <https://bit.ly/3bcbkla>. Acesso em: 09 set. 2019.

VIVA REAL. **Aluguel de galpão, depósito, armazém, bastini, bairros de São Bernardo do Campo**. Disponível em: <https://www.vivareal.com.br/imovel/galpao-deposito-armazem-batistini-bairros-sao-bernardo-do-campo-1188m2-aluguel-RS11000-id-2479597787/>. Acesso em: 02 abr. 2020.

VOLVO. **Atlas da acidentalidade no transporte brasileiro: distribuição anual de acidentes**. Disponível em: <https://www.atlasacidentesnotransporte.com.br/consulta>. Acesso em: 06 set. 2019.

VOLVO. **Tambor de freio**. Disponível em: <https://www.volvopecas.com.br>. Acesso em: 31 mar. 2020.

VENTURA, plínio. **O problema da descoberta do escopo - o cone da incerteza**. Disponível em: <https://www.ateomomento.com.br/o-problema-da-descoberta-do-escopo-o-cone-da-incerteza/>>. Acesso em: 29 mai. 2020

WABCO. **Catalog**. Disponível em: <<https://www.wabco-customercentre.com/catalog/docs/8150100933.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2020

WABCO. VCS II - Cabos & Conexões. Disponível em: <<https://doc.wabco-auto.com/ProductFiles/anteros/Document/8153401463.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2020

WEIGHTTECH. **Célula de Carga**. Disponível em: <http://www.weighttech.com.br>. Acesso em: 14 abr. 2020.

WILTEC. **Sistemas de freio Brembo**. Disponível em: <https://www.willtec.com.br/sistema-freio-brembo>. Acesso em: 10 set. 2019.

YANG, C.; WU, Q. On stability analysis via Lyapunov exponents calculated from a time series using nonlinear mapping—a case study. **Nonlinear Dynamics**, Springer, v. 59, n. 1-2, p. 239–257, 2010.

YANG, Y.; CHEN, H.; JIANG, T. Nonlinear response prediction of cracked rotor based on EMD. **Journal of the Franklin Institute**, Elsevier, v. 352, n. 8, p. 3378–3393, 2015.

YIN, G. et al. **Lateral stability region conservativeness estimation and torque distribution for FWIA electric vehicle steering**. Science China Technological Sciences, Science China Press, v. 58, n. 4, p. 669–676, 2015.

APÊNDICE A – D-FMEA

Componente	Função	Modo de falha	Efeito	Causa	Severidade	Ocorrência	Detecção	RPI	Ação preventiva	
	Válvula de emergência e destravamento	Aciona freio manualmente	Ressecamento da vedação interna	Perda parcial da função	Intempéries	4	3	2	24	Validação do componente para evitar falha
		Distribuir o ar			Excesso de temperatura	5	2	2	20	
	Sensor de pressão de ar	Transformar pressão e sinal elétrico	Leitura incorreta da pressão	Perda parcial da função	Intempéries	5	4	3	60	Calibrar sensor periodicamente
			Não medir valor algum de pressão	Perda total da função	Tensão elétrica excessiva	8	2	1	16	
	Válvula de descarga rápida	Alívio rápido para cilindros de freio	Ressecamento da vedação interna	Excesso de temp no tambor de freio	Intempéries	4	3	5	60	Validação do componente para evitar falha
				Vidramento das lonas	Excesso de temperatura	8	2	2	32	
	Válvula proporcional	Controla eletricamente a pressão de ar através da ECU	Travamento do solenoide	Não travamento do freio	Intempéries	8	3	3	72	Validação do componente para evitar falha
			Ressecamento da vedação interna	Excesso de temp. no tambor de freio		4	3	5	60	
	Válvula de check	Permitir fluxo de ar unidirecional	Ressecamento da vedação interna permitindo o retorno do ar	Excesso de temp no tambor de freio	Intempéries	4	3	5	60	Validação do componente para evitar falha
				Vidramento das lonas	Excesso de temperatura	8	2	2	32	
	Encoder	Medição de ângulo quinta roda	Leitura incorreta do ângulo	Perda total da função	Impurezas no sistema	5	2	7	70	Validação do componente para evitar falha
			Ruído no sinal		Interferência eletromagnética	4	3	6	72	
	Sensor de rotação	Medir rotação da roda	Leitura incorreta da rotação	Perda total da função	Impurezas no sistema	2	5	4	40	Validação do componente para evitar falha
			Ruído no sinal		Interferência eletromagnética	4	5	5	100	
	Roda fônica	Delimita os pulsos de rotação	Tensão acima do limite de resistência causando quebra no dente	Perda parcial da função	Excesso de carga no veículo	2	5	3	30	Validação do componente para evitar falha
					Frequência natural de vibração próxima da rotação da roda	2	2	7	28	
	Cabo de interface ECU para atuadores	Conduzir impulsos elétricos	Imprecisão da leitura dos pulsos elétricos	Não acionamento do sistema	Interferência eletromagnética	4	2	3	24	Validação do componente para evitar falha
					Intempéries					
	Tubulação	Conduzir o ar	Vazamento de ar	Travamento das rodas	Intempéries	3	1	3	9	Validação do componente para evitar falha
				Perder capacidade de frenagem						
	Conectores Pneumáticos	Unir tubulação a válvulas	Vazamento de ar	Perda de ar no sistema	Intempéries	7	2	5	70	Validação do componente para evitar falha
	ECU	Aquisição, processamento de dados e executor de ações	Erro no código de software	Não funcionamento do sistema EBS-SmartWagon	Falha na validação do software	5	3	5	75	Validação do software em ambientes virtuais
			Sistema inoperante		Aquecimento excessivo do componente	6	2	3	36	Projetar dispositivo para dissipação de calor
	Cabos conexão entre ECUs - K70	Conduzir impulsos elétricos	Imprecisão da leitura dos pulsos elétricos	Não acionamento do sistema	Interferência eletromagnética	4	2	3	24	Validação do componente para evitar falha
					Intempéries					
	Cabo de interface CAN - K181	Conduzir impulsos elétricos	Imprecisão da leitura dos pulsos elétricos	Não acionamento do sistema	Interferência eletromagnética	4	2	3	24	Validação do componente para evitar falha
					Intempéries					
	Cabo conexão Atuadores para ECU	Conduzir impulsos elétricos	Imprecisão da leitura dos pulsos elétricos	Não acionamento do sistema	Interferência eletromagnética	4	2	3	24	Validação do componente para evitar falha
					Intempéries					

APÊNDICE B – DESENHOS TÉCNICOS DIMENSIONAMENTO

1

2

3

4

5

6

7

8

A

B

C

D

E

F

MEASURING PRINCIPLE: PIEZO-RESISTIVE
MESSPRINZIP: PIEZORESISTIV
PRINCIPE DE MESURE: PIEZORESISTIF
PRINCIPI DI MISURA: PIEZORESISTIVO

SUPPLY VOLTAGE: 8 - 32 V DC
SPEISESPANNUNG:
TENSION D'ALIMENTATION:
TENSIONE D'ALIMENTAZIONE:

CURRENT CONSUMPTION: 15 mA
STROMAUFNAHME:
CONSUMATION DE COURANT:
ASSORBIMENTO DI CORRENTE:

THERMAL RANGE OF APPLICATION: -40 °C... +80 °C
THERMISCHER ANWENDUNGSBEREICH:
GAMME D'APPLICATION THERMIQUE:
CAMPO TERMICO D'APPLICAZIONE:

MEASURING RANGE: 0-10 bar
MESSBEREICH:
ZONE DE MESURE:
CAMPO DI MISURA:

RELATIVE PRESSURE
RELATIVDRUCK
PRESSION RELATIVE
OPPRESSIONE RELATIVA

ADMISSIBLE OVERPRESSURE: 16 bar
ZULAESSIGER UEBERDRUCK:
ADMISSIBLE SUPPRESSION:
ADMISSIBLE SOVRAPPRESSIONE:

TIGHTENING TORQUE: 37 ± 2 Nm ***
ANZIEHDREHMOMENT:
COUPLE DE SERRAGE:
COPPIA DI SERRAGGIO:

PLUG CONNECTION: DIN 72585-A1-3.1-Sv/K2 SEE SIEHE 858 000 845 4
STECKVERBINDUNG: (ISSUE: MARCH 1996) VOIR VEDERE
CONNECTION PAR FICHE: VEDERE
SPINOTTO

INSPECTION MARK: 61 STAMPED OR LASERED
PRUEFZEICHEN: GEPRAEGT ODER GELASERT
MARQUE DE CONTROLE: FRAPPEE OU IMPRIMEE A LASER
STAMPA DI COLLAUDO: 034940 STAMPATO O ISCRIZIONE A LASER

OFFSET: 0.5 V
OFFSET
DEPLACEMENT DE VALEURS: 0.5 V
DIFFERIMENTO DEI VALORI

SENSITIVITY: 400 mV / bar
EMPFINDLICHKEIT: 400 mV / bar
SENSIBILITE: 400 mV / bar
SENSIBILITA

LINEARITY: ± 0.3 % FS
LINEARITAET: ± 0.3 % FS
LINEARITE: ± 0.3 % FS
LINEARITA

HYSTERESIS: ± 0.2 % FS
HYSTERESE: ± 0.2 % FS
HYSTERESIS: ± 0.2 % FS
ISTERESI

CONNECTION TO ATMOSPHERE MUST LEAD THROUGH WATER-TIGHT CABLING TO A PROTECTED AREA (E.G. IN DRIVERS CAB).
VERBINDUNG ZUR ATMOSPHERE MUSS UEBER EINE WASSERDICHTHE VERKABELUNG ZU EINEM GESCHUTZTEN ORT FUEHREN (Z.B. IM FAHRERHAUS).
CONNEXION A L' ATMOSPHERE DOIT PASSER PAR UN CABLAGE ENTACHE A L' EAU A UNE ZONE PROTEGE (PAR EXEMPLE, LA CABINE
CONNESSIONE ALL' ATMOSFERA DEVE PASSARE ATTRAVERSO UN CABLAGGIO STAGNO IN UNA ZONA PROTETTA (COME LA CABINA DEL CONDUCENTE)

INSTALLATION POSITION IS OPTIONAL ,BUT AVOID ACCUMULATION OF DIRT IN THE PRESSURE CHANNEL CAUSED BY VERTICAL INSTALLATION (CONNECTOR FACING DOWNWARD)
DIE EINBAULAGE IST BELIEBIG, ABER VERSCHMUTZUNG DES DRUCKKANNALES BEI VERTIKALEM EINBAU (STECKER NACH UNTEN) VERMEIDEN
POSITION D'INSTALLATION A VOLONTA, MAIS EVITER L'INSTRUSION DE POUSSIERES DANS LE CANAL S'OUS PRESSION (CONNECTEUR VERS LE BAS)
POSIZIONE DI MONTAGGIO A SCELTA ,MA EVITA L'ACCUMULAZIONE DELLO SPORCO NEL CANALE DELLA PRESSIONE CAUSATO DALL' INSTALLAZIONE VERTICALE (CONNETTORE VERSO IL BASSO)

DEGREE OF PROTECTION WITH MOUNTED SENSOR AND CONNECTOR: IP 6K7, IP 6K9K
SCHUTZART BEI EINBAUEM SENSOR UND MONTIERTEM GEGENSTECKER
DEGRE DE PROTECTION AVEC CAPTEUR ET CONNECTEUR MONTE
GRADO DI PROTEZIONE CON SENSORE E CON SENSORE E CONNETTORE MONTATI

IDENTIFICATION OF DEVICE PRINTED OR LASER PRINTED
GERAETEKENNEZICHUNG GEPRAEGT ODER GELASERT
IDENTIFICATION DE L' APPAREIL IMPRIME OU IMPRIME A LASER
IDENTIFICAZIONE DELL' APPARECCHIO STAMPATO O ISCRITTO A LASER

U_{out} [V]

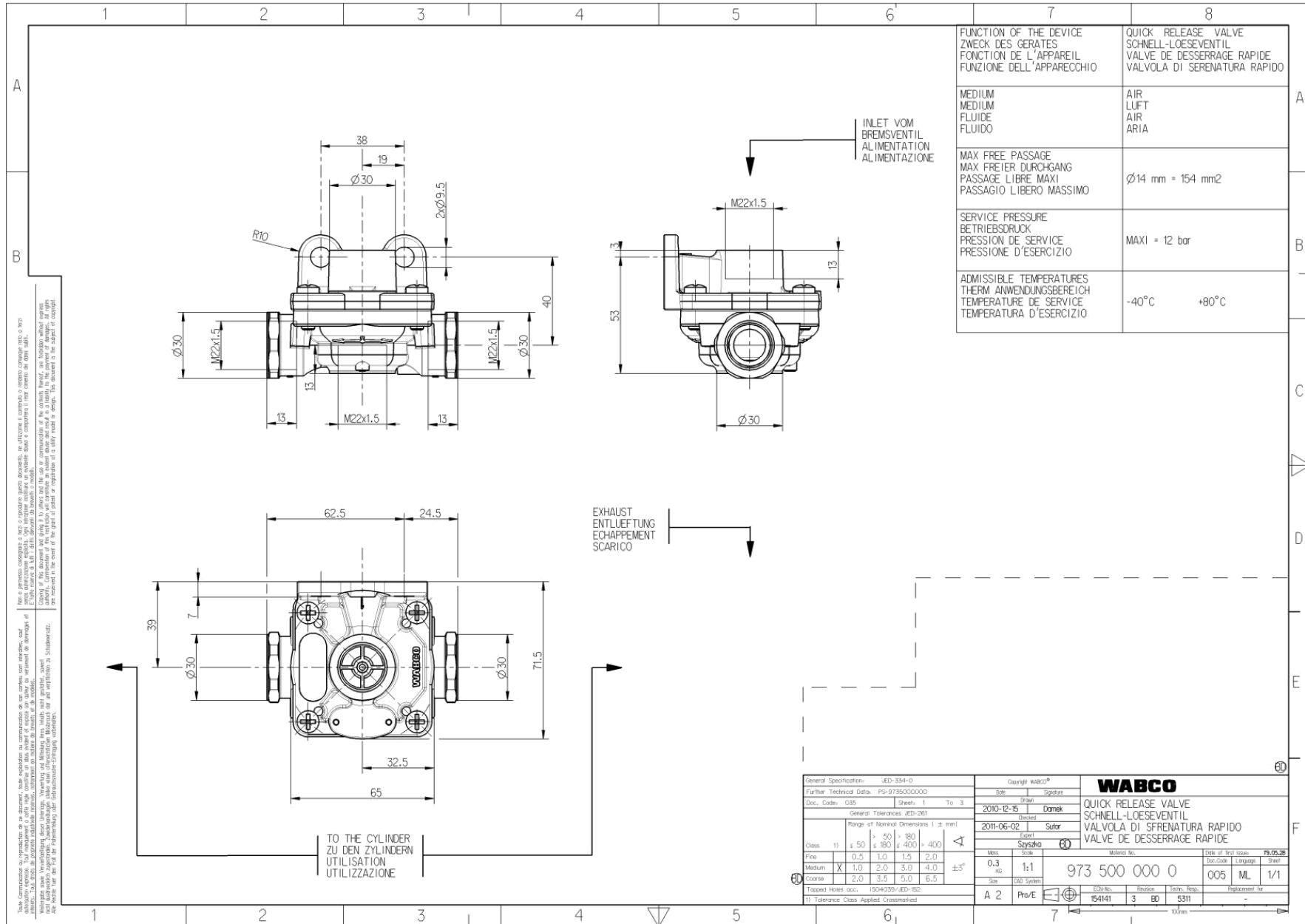
U_{max.} = 4.7V ± 100mV

General Specifications: JED-334-D		Copyright WABCO	
Further Technical Data		Date: 2006-10-02	Signature: Bestler
Doc. Code:	General Tolerances: JED-261	Checked:	Thimm
Class	Range of Nominal Dimensions l ± mm	Export:	RUTSCH
File	0.5 > 50 > 180 > 400 > 400	Mass:	0.030
Medium	X 1.0 2.0 3.0 4.0	Size:	2.1 (1:1)
Coarse	2.0 3.5 5.0 6.5	Scale:	TR0
DIN-No. / Rev. / Date	Tapped Holes acc.:	Material No.:	441 044 106 0
State of Revision	Tolerance Class Applied Crossmarked	Function Code:	0 2 X
		Pro/E:	894 004 967 0

Tutti i diritti sono riservati. È vietata espressamente la ristampa o l'uso non autorizzato senza permesso scritto dalla WABCO. Tutti i diritti sono riservati. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la WABCO est formellement interdite. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la WABCO est formellement interdite.

<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">SURFACE PROTECT./OBERFL. SCHUTZ</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>JED-260</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>JED-256-1</td> </tr> </table>												SURFACE PROTECT./OBERFL. SCHUTZ		I	JED-260	II	JED-256-1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
SURFACE PROTECT./OBERFL. SCHUTZ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
I	JED-260																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
II	JED-256-1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
								<p>WORKING PRESSURE: BETRIEBSDRUCK: PRESSION DE SERVICE: MAX. Pe = 13 bar PRESSIONE D'ESERCIZIO:</p> <p>THERMAL RANGE OF APPLICATION: THERMISCHER ANWENDUNGSBEREICH: -40°C . . . +80°C GAMME D' APPLICATION THERMIQUE: CAMPO DI APPLICAZIONE TERMICA:</p> <p>MEDIUM: AIR MEDIUM: LUFT FLUIDE: AIR FLUIDO: ARIA</p> <p>NOMINAL DIAMETER: NENNWEITE: Ø8 mm = 50 mm² DIAMETRE NOMINAL: DIAMETRO NOMINALE:</p> <p>CHARGING PRESSURE: UEBERSTROMDRUCK: SEE TABLE PRESSION DE BARRAGE: SIEHE TABELLE PRESSIONE DI PRESA: VOIR TABLEAU VEDERE TABELLA</p> <p>WITH RETURN FLOW MIT RUECKSTROMUNG AVEC RETOUR CON RITORNO</p> <p>SUPPLY ENERGIEZUFLOSS ALIMENTATION ALIMENTAZIONE</p> <p>DELIVERY ENERGIEABFLUSS UTILISATION MANDATA</p> <p>TORQUE FOR CONNECTIONS: ANZUGSMOMENT FUER EINSCHRAUBSTUTZEN: M22x1.5: M max. = 53 Nm COUPLE DE SERRAGE DES RACCORDS: COPPIA DI SARRAGGIO DEI RACCORDI:</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
				<p>IDENTIFICATION ACCORDING TO: KENNZEICHNUNG NACH: JED-341 IDENTIFICATION SUIVANT: INDICAZIONE SECONDO:</p>				<p>1 CUSTOMER NO. OR COUNTRY OF ORIGIN KUNDEN-NR. KZ ODER WARENRUNSPRUNGSLAND</p> <p>2 MANUFACTURING PLANT PRODUKTIONSSTAETTE JED-225</p> <p>3 WEEK / YEAR OF MANUFACTURE FERTIGUNGSWOCHE / -JAHR</p> <p>4 WABCO-DEVICE NUMBER WABCO-GERAETE NUMMER</p> <p>① LOAD: SEE PRODUCT SPECIFICATION BELASUNG: SIEHE PRODUCTSPEZIFIKATON CHARGE: VOIR PRODUCT SPECIFICATION CARICO: VEDERE SPECIFICADI PRODOTTO</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>434 100 082 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>4.8⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 080 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>4.0⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 049 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>9.6⁰_{0.3} ①</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 048 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>8.8⁰_{0.3} ①</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 047 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>10.3⁰_{0.3} ①</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 039 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>8.3⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 038 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>7.5⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 037 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1.6⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 034 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>6.8⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 033 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>7.3⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 028 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5.0⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 026 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1.0⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 025 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>6.5⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 024 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>6.0⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 023 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5.5⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 022 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>4.5⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 021 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3.5⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>434 100 020 0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3.0⁰_{0.3}</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DEVICE NUMBER GERAETE-NUMMER NUMERO D'APPAREIL NUMERO CODICE DELL APPARECCHIO</td> <td>CUSTOMERS NO. KUNDEN-NR. NO CLIENT CLIENTE</td> <td>ZGS</td> <td>CAD</td> <td colspan="2">CHARGING PRESSURE: UEBERSTROMDRUCK: PRESSION DE BARRAGE: PRESSIONE DI PRESA: Pe = (bar) (P₂=0 bar)</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td colspan="12" style="text-align: center;"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="4">General Specifications JED-334-1, Size ISO 14405 LP</td> <td colspan="2">Copyright WABCO®</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Further Technical Data</td> <td colspan="2">Date</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Doc. Code</td> <td colspan="2">Sheet To</td> </tr> <tr> <td colspan="4">General Tolerances JED-261</td> <td colspan="2">2015-07-15</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Class</td> <td colspan="2">2015-07-24</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Range of Nominal Dimensions (± mm)</td> <td colspan="2">Control</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Fine</td> <td colspan="2">Gontarz</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Medium</td> <td colspan="2">Scale</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Coarse</td> <td colspan="2">1:1</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Tapped Holes acc. JED-152</td> <td colspan="2">Mod. No.</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Tolerance Class Applied Crossmarked</td> <td colspan="2">434 100 099 0</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">Doc. Code Language Sheet</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">053 ML 1/1</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">Tech. Req.</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">5 x Q</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">5120</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">Replacement for</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>																								434 100 082 0						4.8 ⁰ _{0.3}						434 100 080 0						4.0 ⁰ _{0.3}						434 100 049 0						9.6 ⁰ _{0.3} ①						434 100 048 0						8.8 ⁰ _{0.3} ①						434 100 047 0						10.3 ⁰ _{0.3} ①						434 100 039 0						8.3 ⁰ _{0.3}						434 100 038 0						7.5 ⁰ _{0.3}						434 100 037 0						1.6 ⁰ _{0.3}						434 100 034 0						6.8 ⁰ _{0.3}						434 100 033 0						7.3 ⁰ _{0.3}						434 100 028 0						5.0 ⁰ _{0.3}						434 100 026 0						1.0 ⁰ _{0.3}						434 100 025 0						6.5 ⁰ _{0.3}						434 100 024 0						6.0 ⁰ _{0.3}						434 100 023 0						5.5 ⁰ _{0.3}						434 100 022 0						4.5 ⁰ _{0.3}						434 100 021 0						3.5 ⁰ _{0.3}						434 100 020 0						3.0 ⁰ _{0.3}						DEVICE NUMBER GERAETE-NUMMER NUMERO D'APPAREIL NUMERO CODICE DELL APPARECCHIO	CUSTOMERS NO. KUNDEN-NR. NO CLIENT CLIENTE	ZGS	CAD	CHARGING PRESSURE: UEBERSTROMDRUCK: PRESSION DE BARRAGE: PRESSIONE DI PRESA: Pe = (bar) (P ₂ =0 bar)								<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="4">General Specifications JED-334-1, Size ISO 14405 LP</td> <td colspan="2">Copyright WABCO®</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Further Technical Data</td> <td colspan="2">Date</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Doc. Code</td> <td colspan="2">Sheet To</td> </tr> <tr> <td colspan="4">General Tolerances JED-261</td> <td colspan="2">2015-07-15</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Class</td> <td colspan="2">2015-07-24</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Range of Nominal Dimensions (± mm)</td> <td colspan="2">Control</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Fine</td> <td colspan="2">Gontarz</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Medium</td> <td colspan="2">Scale</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Coarse</td> <td colspan="2">1:1</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Tapped Holes acc. JED-152</td> <td colspan="2">Mod. No.</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Tolerance Class Applied Crossmarked</td> <td colspan="2">434 100 099 0</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">Doc. Code Language Sheet</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">053 ML 1/1</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">Tech. Req.</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">5 x Q</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">5120</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">Replacement for</td> </tr> </table>												General Specifications JED-334-1, Size ISO 14405 LP				Copyright WABCO®		Further Technical Data				Date		Doc. Code				Sheet To		General Tolerances JED-261				2015-07-15		Class				2015-07-24		Range of Nominal Dimensions (± mm)				Control		Fine				Gontarz		Medium				Scale		Coarse				1:1		Tapped Holes acc. JED-152				Mod. No.		Tolerance Class Applied Crossmarked				434 100 099 0						Doc. Code Language Sheet						053 ML 1/1						Tech. Req.						5 x Q						5120						Replacement for	
434 100 082 0						4.8 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 080 0						4.0 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 049 0						9.6 ⁰ _{0.3} ①																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 048 0						8.8 ⁰ _{0.3} ①																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 047 0						10.3 ⁰ _{0.3} ①																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 039 0						8.3 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 038 0						7.5 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 037 0						1.6 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 034 0						6.8 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 033 0						7.3 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 028 0						5.0 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 026 0						1.0 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 025 0						6.5 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 024 0						6.0 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 023 0						5.5 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 022 0						4.5 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 021 0						3.5 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
434 100 020 0						3.0 ⁰ _{0.3}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
DEVICE NUMBER GERAETE-NUMMER NUMERO D'APPAREIL NUMERO CODICE DELL APPARECCHIO	CUSTOMERS NO. KUNDEN-NR. NO CLIENT CLIENTE	ZGS	CAD	CHARGING PRESSURE: UEBERSTROMDRUCK: PRESSION DE BARRAGE: PRESSIONE DI PRESA: Pe = (bar) (P ₂ =0 bar)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="4">General Specifications JED-334-1, Size ISO 14405 LP</td> <td colspan="2">Copyright WABCO®</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Further Technical Data</td> <td colspan="2">Date</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Doc. Code</td> <td colspan="2">Sheet To</td> </tr> <tr> <td colspan="4">General Tolerances JED-261</td> <td colspan="2">2015-07-15</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Class</td> <td colspan="2">2015-07-24</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Range of Nominal Dimensions (± mm)</td> <td colspan="2">Control</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Fine</td> <td colspan="2">Gontarz</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Medium</td> <td colspan="2">Scale</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Coarse</td> <td colspan="2">1:1</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Tapped Holes acc. JED-152</td> <td colspan="2">Mod. No.</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Tolerance Class Applied Crossmarked</td> <td colspan="2">434 100 099 0</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">Doc. Code Language Sheet</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">053 ML 1/1</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">Tech. Req.</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">5 x Q</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">5120</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="2">Replacement for</td> </tr> </table>												General Specifications JED-334-1, Size ISO 14405 LP				Copyright WABCO®		Further Technical Data				Date		Doc. Code				Sheet To		General Tolerances JED-261				2015-07-15		Class				2015-07-24		Range of Nominal Dimensions (± mm)				Control		Fine				Gontarz		Medium				Scale		Coarse				1:1		Tapped Holes acc. JED-152				Mod. No.		Tolerance Class Applied Crossmarked				434 100 099 0						Doc. Code Language Sheet						053 ML 1/1						Tech. Req.						5 x Q						5120						Replacement for																																																																																																																																																																																																																																																													
General Specifications JED-334-1, Size ISO 14405 LP				Copyright WABCO®																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Further Technical Data				Date																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Doc. Code				Sheet To																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
General Tolerances JED-261				2015-07-15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Class				2015-07-24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Range of Nominal Dimensions (± mm)				Control																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Fine				Gontarz																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Medium				Scale																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Coarse				1:1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Tapped Holes acc. JED-152				Mod. No.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Tolerance Class Applied Crossmarked				434 100 099 0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
				Doc. Code Language Sheet																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
				053 ML 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
				Tech. Req.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
				5 x Q																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
				5120																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
				Replacement for																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

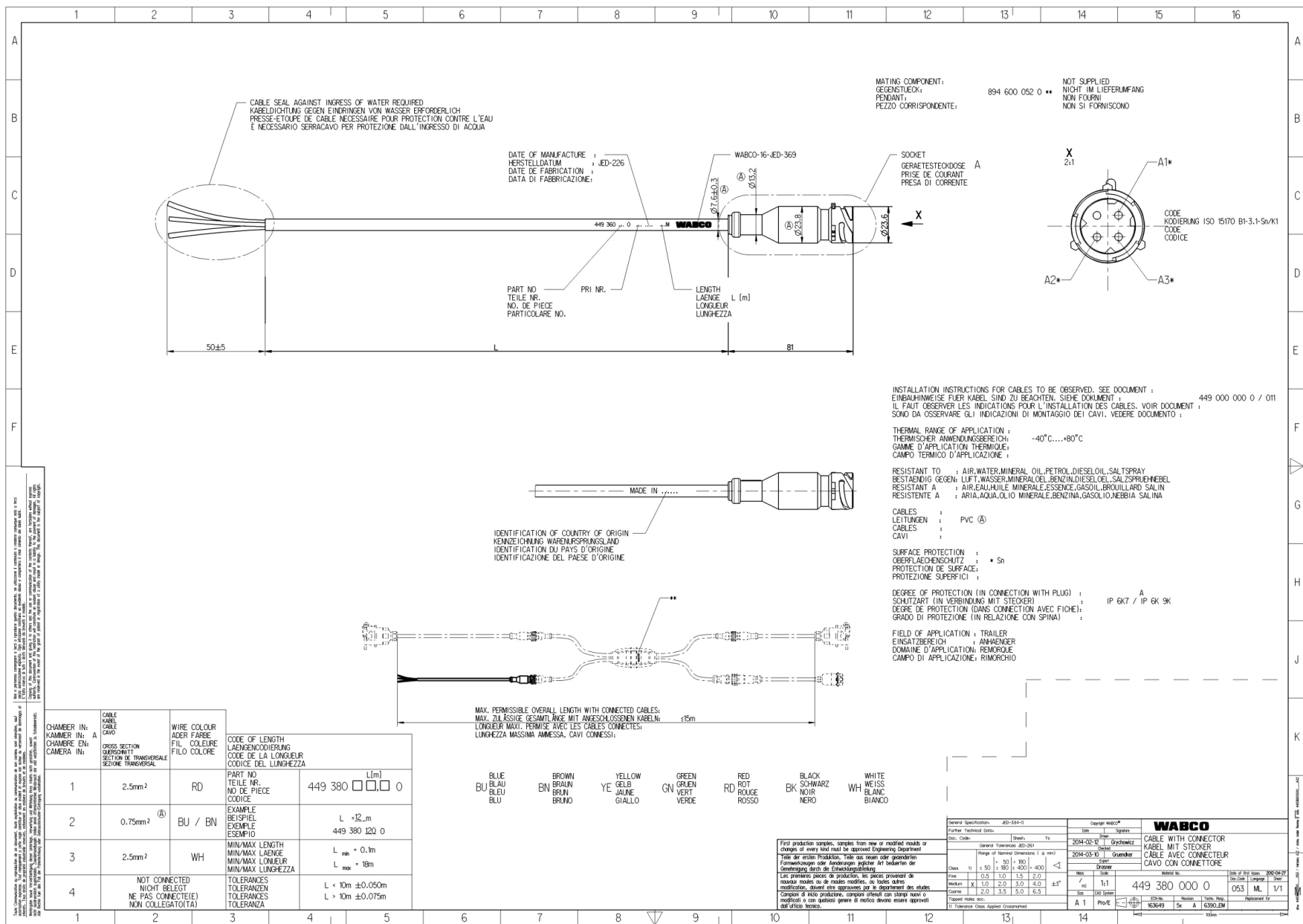
Tutti i diritti sono riservati. È vietata espressamente la ristampa o l'uso non autorizzato senza permesso scritto dalla WABCO. È vietata espressamente la ristampa o l'uso non autorizzato senza permesso scritto dalla WABCO. È vietata espressamente la ristampa o l'uso non autorizzato senza permesso scritto dalla WABCO. È vietata espressamente la ristampa o l'uso non autorizzato senza permesso scritto dalla WABCO. È vietata espressamente la ristampa o l'uso non autorizzato senza permesso scritto dalla WABCO.



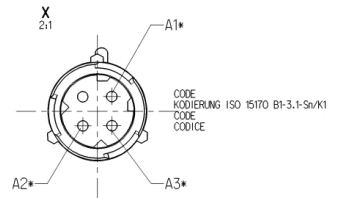
FUNCTION OF THE DEVICE ZWECK DES GERÄTES FONCTION DE L'APPAREIL FUNZIONE DELL'APPARECCHIO	QUICK RELEASE VALVE SCHNELL-LOESEVENTIL VALVE DE DESSERRAGE RAPIDE VALVOLA DI SERENATURA RAPIDO
MEDIUM MEDIUM FLUIDE FLUIDO	AIR LUFT AIR ARIA
MAX FREE PASSAGE MAX FREIER DURCHGANG PASSAGE LIBRE MAXI PASSAGIO LIBERO MASSIMO	$\varnothing 14$ mm = 154 mm ²
SERVICE PRESSURE BETRIEBSDRUCK PRESSION DE SERVICE PRESSIONE D'ESERCIZIO	MAXI = 12 bar
ADMISSIBLE TEMPERATURES THERM ANWENDBEREICH TEMPERATURE DE SERVICE TEMPERATURA D'ESERCIZIO	-40°C +80°C

General Specifications JED-334-0		Copyright Wabco®		WABCO	
Further Technical Data PS-9735000000		Date	Signature	2010-12-15	
Doc. Code: 035	Sheets 1 To 3	Drawn	Domek	QUICK RELEASE VALVE SCHNELL-LOESEVENTIL VALVOLA DI SFRENTATURA RAPIDO VALVE DE DESSERRAGE RAPIDE	
General Tolerances JED-261		Checked	Sutor	Date of first issue: 19.05.98	
Range of Nominal Dimensions (± mm)		2011-06-02		Doc. Code: Language: Sheet:	
Class 1)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Systec		973 500 000 0 005 ML 1/1	
2)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		Date of first issue: 19.05.98	
3)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		Doc. Code: Language: Sheet:	
4)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		973 500 000 0 005 ML 1/1	
5)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		Date of first issue: 19.05.98	
6)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		Doc. Code: Language: Sheet:	
7)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		973 500 000 0 005 ML 1/1	
8)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		Date of first issue: 19.05.98	
9)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		Doc. Code: Language: Sheet:	
10)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		973 500 000 0 005 ML 1/1	
11)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		Date of first issue: 19.05.98	
12)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		Doc. Code: Language: Sheet:	
13)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		973 500 000 0 005 ML 1/1	
14)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		Date of first issue: 19.05.98	
15)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		Doc. Code: Language: Sheet:	
16)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		973 500 000 0 005 ML 1/1	
17)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		Date of first issue: 19.05.98	
18)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		Doc. Code: Language: Sheet:	
19)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		973 500 000 0 005 ML 1/1	
20)	± 0.5 ± 0.8 ± 1.0 ± 1.5 ± 2.0	Sutor		Date of first issue: 19.05.98	

Tutti i diritti sono riservati. È vietata espressamente la ristampa o l'uso non autorizzato senza permesso scritto dalla Wabco. La ristampa o l'uso non autorizzato senza permesso scritto dalla Wabco è vietata espressamente. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Wabco est formellement interdite. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la Wabco est formellement interdite.



MATING COMPONENT: 894 600 052 0 ** NOT SUPPLIED
 GEGENSTUECK: NON FOURNI
 PENDANT: NON FORNITI
 PEZZO CORRISPONDENTE: NON SI FORNISCONO



INSTALLATION INSTRUCTIONS FOR CABLES TO BE OBSERVED, SEE DOCUMENT : 449 000 000 0 / 011
 EINBAUHIWEISE FÜR KABEL SIND ZU BEACHTEN, SIEHE DOKUMENT :
 IL FAUT OBSERVER LES INDICATIONS POUR L'INSTALLATION DES CABLES, VOIR DOCUMENT :
 SONO DA OSSERVARE LE INDICAZIONI DI MONTAGGIO DEI CAVI, VEDERE DOCUMENTO :

THERMAL RANGE OF APPLICATION : -40°C...+80°C
 THERMISCHER ANWENDUNGSBEREICH:
 GAMME D'APPLICATION THERMIQUE:
 CAMPO TERMICO D'APPLICAZIONE :

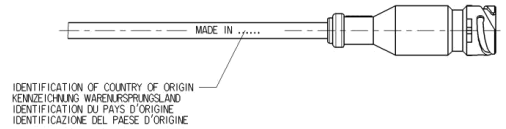
RESISTANT TO : AIR, WATER, MINERAL OIL, PETROL, DIESEL OIL, SALT SPRAY
 BESTÄNDIG GEGEN: LUFT, WASSER, MINERALÖL, BENZIN, DIESELÖL, SALZSPRÜHENEBEL
 RESISTANT A : AIR, EAUX, HUILE MINÉRALE, ESSENCE, GASOIL, BROUILLARD SALIN
 RESISTENTE A : ARIA, ACQUA, OLIO MINERALE, BENZINA, GASOLIO, NEBBIA SALINA

CABLES : PVC (A)
 LEITUNGEN :
 CABLES :
 CAVI :

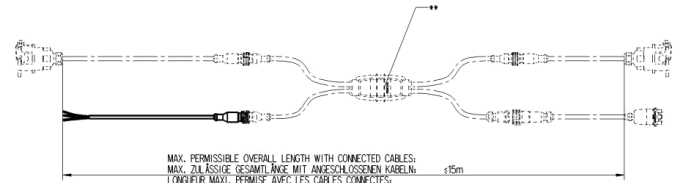
SURFACE PROTECTION : * Sn
 OBERFLÄCHENSCHUTZ :
 PROTECTION DE SURFACE :
 PROTEZIONE SUPERFICI :

DEGREE OF PROTECTION (IN CONNECTION WITH PLUG) : A
 SCHUTZART (IN VERBINDUNG MIT STECKER) :
 DEGRE DE PROTECTION (DANS CONNECTION AVEC FICHE) : IP 6K7 / IP 6K 9K
 GRADO DI PROTEZIONE (IN RELAZIONE CON SPINA) :

FIELD OF APPLICATION : TRAILER
 EINSETZBEREICH : ANHÄNGER
 DOMAINE D'APPLICATION : REMORQUE
 CAMPO DI APPLICAZIONE : RIMORCHIO



IDENTIFICATION OF COUNTRY OF ORIGIN
 KENNZEICHNUNG WARENURSPRUNGSLAND
 IDENTIFICATION DU PAYS D'ORIGINE
 IDENTIFICAZIONE DEL PAESE D'ORIGINE



MAX. PERMISSIBLE OVERALL LENGTH WITH CONNECTED CABLES:
 MAX. ZULÄSSIGE GESAMTLÄNDE MIT ANGESCHLOSSENEN KABELN:
 LONGUEUR MAXI. PERMISE AVEC LES CABLES CONNECTÉS:
 LUNGHEZZA MASSIMA AMMESSA, CAVI CONNESSI: <15m

BLUE BLAU
 BLEU
 BLU
 BROWN BRAUN
 BRUN
 BRUNO
 YELLOW GELB
 JAUNE
 GIALLO
 GREEN GRÜN
 VERT
 VERDE
 RED ROT
 ROUGE
 ROSSO
 BLACK SCHWARZ
 NERO
 WHITE WEISS
 WEISS
 BIANCO

Vertical text on the left side of the drawing, likely a reference to a standard or specification.

CHAMBER IN: KAMMER IN: CHAMERE EN: CAMERA IN:	CABLE KABEL CABO	WIRE COLOUR ADER FARBE FIL COULEUR FILO COLORE	CODE OF LENGTH LÄNGENKODIERUNG CODE DE LA LONGUEUR CODICE DEL LUNGHEZZA
1	2.5mm ²	RD	PART NO. TEILE NR. NO. DE PIECE CODICE 449 380 □ □ □ 0
2	0.75mm ² (A)	BU / BN	EXAMPLE EXEMPLE ESEMPIO L = 12_m 449 380 120 0
3	2.5mm ²	WH	MIN/MAX LENGTH MIN/MAX LÄNGE MIN/MAX LONGUEUR MIN/MAX LUNGHEZZA L_min = 0.1m L_max = 18m
4	NOT CONNECTED NIGHT BEELEGT NE PAS CONNECTÉE NON COLLEGATO(A)		TOLERANCES TOLERANZEN TOLERANZES TOLERANZA L < 10m ±0.050m L > 10m ±0.075m

Class	1	2	3	4	5
Min	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
Medium	1.0	2.0	3.0	4.0	4.5
Max	2.0	3.5	5.0	6.5	7.5

General Specifications	449 380 0
Further Technical Data	
Doc. Code	Sheet 1 of 1
General Tolerances	ISO 2011
Range of Surface Dimensions (a x b)	50 - 500 x 100 - 400
Class	1
Material	Aluminum
Surface Treatment	None
Finish	None
Weight	1.1
Volume	0.05
Price	163649
Material	5r A 6300 LM
Technical Data	
Product Code	449 380 000 0
Version	053
Scale	1/1
Author	
Checked	
Approved	
Date of first issue	2006-07-27
Date of last issue	
Revision	
Approved by	

TECHNICAL SPECIFICATIONS TABLE:

PORT	FUNCTION	DEPTH OF HOLES	FITTING DIAMETER FOR PIPE	DEPTH OF RESISTION
ORIFICE	FONCTION	PROFONDEUR DES TROUS (TABLETS)	RACCORD, DIAMÈTRE DE TUBE RACCORD, DIAMÈTRE DU TUBO	PROFONDEUR D'OPPOSER
ORIFIZIO	FUNZIONE	FUNZIONE	PROFONDITÀ DI INNESTO	PROFONDITÀ D'OPPOSIZIONE
1-1	SUPPLY AIR/ALIMENTAZIONE AIR SERVICIO	M6x1.5 A3-72	Ø 6x1	25.5 mm
1-2	LIFT TRIPPER/SPRINTO 2 SPA	M6x1.5 A3-72	Ø 6x1	25.5 mm
21	MODULATOR	M6x1.5 A3-72	Ø 6x1	24 mm
22	SPRING BIASE CYLINDER/RETURN CONTROL/BIASE CILINDRO A RITORNO	M6x1.5 A3-72	Ø 6x1	25.5 mm
3	AIR DRAUGHT EQUIPMENT (SAVED)	---	---	---
4	SERVICE LINE/CONDUTTA DIRETTA/CONDOTTA MONTABILE	M6x1.5 A3-72	Ø 6x1	25.5 mm

TORQUE FOR CONNECTIONS:
 TORQUE FOR ENDORSEMENT/COUPLE DE SERRAGE DES RACCORDS: 30x3 Nm
 TORQUE FOR MOUNTING/COUPLE DI SERRAGGIO DEI MONTABILI: 5 Nm

WORKING MEDIUM: AIR (NEUTRAL, OIL AND ALCOHOL CONTAINING)
 FLUIDE D'UTILISATION: AIR (NEUTRE, OIL, ALCOHOL ET D'ALCOOL)
 FLUIDO DI ESERCIZIO: ARIA (CONTENENTE ACQUA, OLIO ED ALCOHOL)

WORKING ENVIRONMENT: AIR CONTAINING WATER, SALT, DUST AND OIL
 AMBIENTE: ARIA CONTENENTE ACQUA, SALE, POLVERO ED OLIO

TEMPERATURE RANGE: -40°C ... +40°C
 GAMMA DI TEMPERATURE IN UTILIZZAZIONE: -40°C ... +40°C

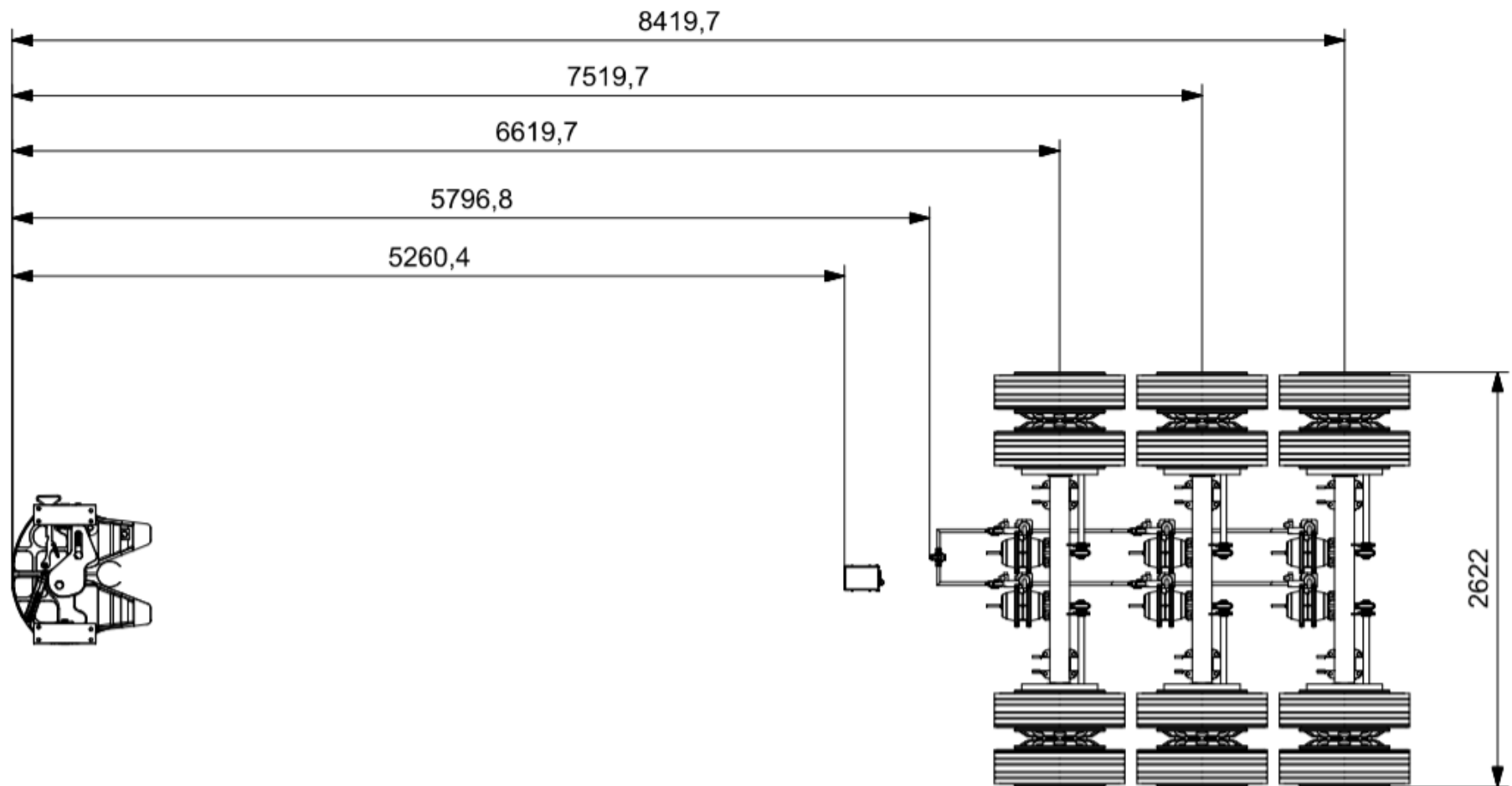
SHORT TERM RESISTANCE TO HEAT: MAX. 90°C
 RESISTENZA A CALORE SOLO PER BREVE TEMPO


WORKING PRESSURE (SUPPLY): P₁ = 8.5 bar
 PRESSIONE D'UTILIZZAZIONE (ALIMENTAZIONE): PRESSIONE DI ESERCIZIO (ALIMENTAZIONE)

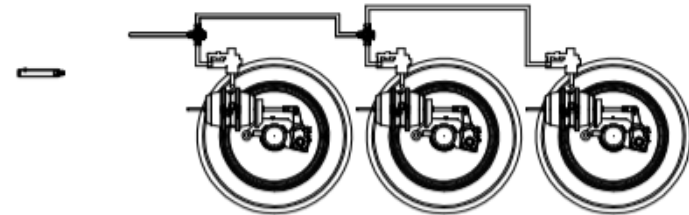
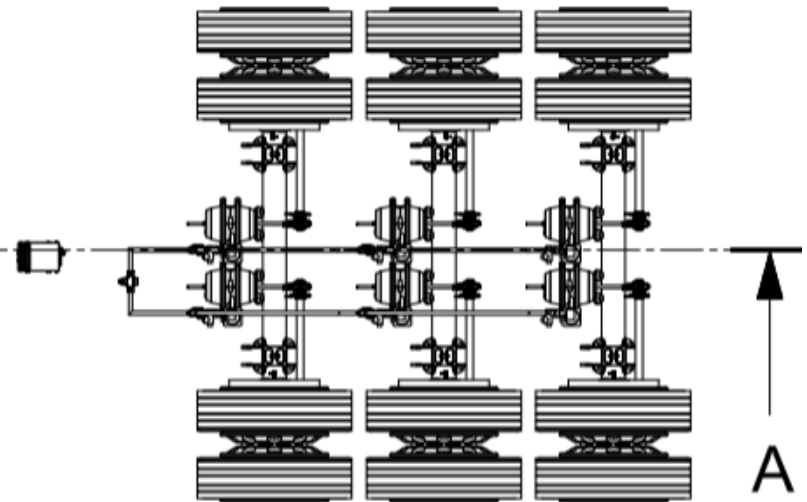
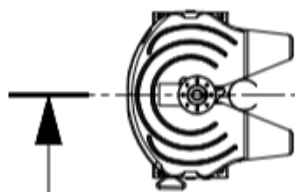
MAX. POSSIBLE WORKING PRESSURE (SUPPLY): P₁ = 10 bar
 PRESSIONE D'UTILIZZAZIONE MASS. AMMESSA (ALIMENTAZIONE): PRESSIONE DI ESERCIZIO MASS. AMMESSA (ALIMENTAZIONE)


INSTALLATION LIMITATIONS: MAX. DEVIATION OF THE DEVICE FROM THE VERTICAL: 45°
 LIMITAZIONE DI MONTAGGIO: DEVIAZIONE MASS. DELL'APPARECCHIO RISPETTO ALLA VERTICALE

APÊNDICE C – DESENHOS 2D SMART WAGON



	Título: Sistema SmartWagon	Esc.: 1:35	Nome: SmartWagon		
		Data:	Prof.:	T.:	Nº:

SECTION **A-A**

	Título: Sistema SmartWagon	Esc.: 1:35	Nome: SmartWagon		
		Data:	Prof.:	T.:	Nº:

