



Álvaro Balestrin

**PROPOSTA COM BASE NO CÁLCULO ESTRUTURAL PARA
IMPLANTAÇÃO DE UMA LINHA DE VIDA EM EMPRESA DE
MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

Horizontina - RS

2018

Álvaro Balestrin

**PROPOSTA COM BASE NO CÁLCULO ESTRUTURAL PARA
IMPLANTAÇÃO DE UMA LINHA DE VIDA EM EMPRESA DE
MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Mestre Luis Carlos Wachholz.

Horizontina - RS

2018

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

“Proposta com base de cálculo estrutural para implantação de uma linha de vida em empresa de máquinas agrícolas”

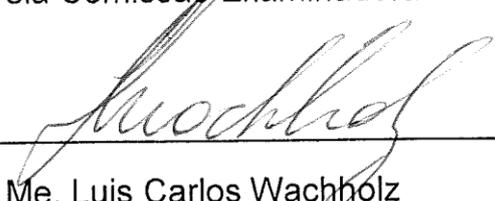
Elaborada por:

Álvaro Balestrin

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 05/12/2018

Pela Comissão Examinadora



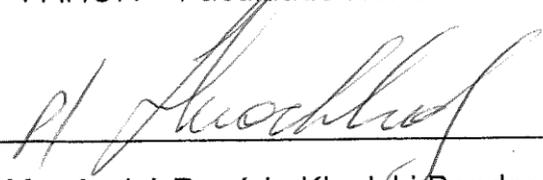
Me. Luis Carlos Wachholz

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



Me. Marcelo André Losekann

FAHOR – Faculdade Horizontina



Me. André Rogério Kinalski Bender

FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, pela compreensão incondicional durante toda esta jornada.

AGRADECIMENTO

Aos meus pais, irmão e demais familiares, que auxiliaram para que este sonho tornasse realidade. A todos os professores da FAHOR que passaram por minha vida acadêmica e que contribuíram de alguma forma para o meu aprendizado. Aos colegas e amigos que estiveram sempre presentes esta jornada de desafios e dedicação.

“Evoluir é compreender que a distância entre os sonhos e a realidade, é apenas sua força de vontade, planejamento e foco.”

(Jack Ma)

RESUMO

O trabalho em altura torna-se cada vez mais, um desafio constante a profissionais que vivenciam esta necessidade. Considerando o alto índice de atividades acima de 2 metros de altura, cumpre-se a obrigação de segurança no trabalho, identificada através da NR35. A necessidade em oferecer ambientes de trabalho que garantam a saúde e a integridade dos trabalhadores, estimulou empresas a investirem em adequações para as suas máquinas e equipamentos. Nesse contexto, o trabalho tem por objetivo a identificação dos riscos de segurança, bem como possíveis melhorias, existentes no trabalho em altura, sob máquinas e equipamentos agrícolas, onde faz-se necessário o acesso superior ou equivalente a 2 metros de altura. Por meio de uma pesquisa diária e exploratória, foram extraídas informações básicas, de procedimentos e tarefas designadas para a realização das atividades em altura, também avaliou-se o local, estrutura e possibilidades de adequações em função do projeto atual. Através das informações e dados obtidos, criou-se uma proposta baseada no cálculo estrutural, ideal para adequação do ambiente, aplicando uma linha de vida em um dos espaços utilizados para a atividade em altura. Após os resultados propostos ao final do presente estudo, conclui-se que o ambiente de trabalho será adequado e apresentará uma real segurança em relação aos possíveis riscos fornecidos pela atividade, porém, a existência do dispositivo não exclui os riscos de acidentes, assim, será necessária à tomada de algumas ações, tais como a capacitação dos trabalhadores e a implementação de sistemas de manutenções preventivas eficientes.

Palavras-chave: Trabalho em altura. Linha de vida. Segurança do Trabalho. NR35. Cálculo Estrutural.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

a	Aceleração da gravidade
A	Área
A ₀	Área inicial
A _{MB}	Área metal base
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
AA	Alma de Aço
d	Distância
EPI	Equipamento de Proteção Individual
F _f	Força de frenagem
F _w	Força resistente de cálculo
F _{TP}	Força de tração no parafuso
f _y	Menor resistência ao escoamento
H	Altura
kN	Quilonewton
kgf	Quilograma-força
m	Metro
mm	Milímetro
M	Momento, momento fletor
MPa	Mega Pascal
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
σ	Tensão
Σ	Somatório
\varnothing	Diâmetro

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Causas de acidentes de trabalho mortais, entre os anos de 2006 e 2008.	14
Figura 2: Modelo de sistema de segurança guarda corpo	16
Figura 3: Plataforma secundária de proteção.....	16
Figura 4: Hierarquia se processos a serem tomados para trabalhos em altura	17
Figura 5: Fatores de queda	20
Figura 6: Linha de vida horizontal	21
Figura 7: Componentes para linha de vida horizontal fixa.....	22
Figura 8: Kit de linha de vida móvel	24
Figura 9: Linha de vida vertical.....	24
Figura 10: Reações de acordo com o tipo de suporte: rolete (A), pino (B), articulação (C) e engastamento (D).....	26
Figura 11: Reações de acordo com o tipo de carregamento: forças concentradas (A), carga uniformemente distribuída (B), carga uniformemente variável (C) e momento concentrado (D).....	27
Figura 12: Classificação das vigas: apoiada (A), bi-engastada (B), engastada- apoiada (C), em balanço (D), em balanço nas extremidades (E).....	27
Figura 13: Carga axial	28
Figura 14: Cisalhamento simples (A), tração no rebite do cisalhamento simples (B), cisalhamento duplo (C), tração no rebite do cisalhamento duplo (D)	28
Figura 15: Corpo de prova para ensaio de tensão	29
Figura 16: Exemplo de diagrama tensão-deformação.....	30
Figura 17: Modelo LV - Dimensões básicas	34
Figura 18: Modelo LV - Lista de conjuntos	34
Figura 19: Parâmetros para cálculo do momento.....	37
Figura 20: Dimensões viga I W 150 x 18.....	38
Figura 21: Parâmetros e características da simulação.....	38
Figura 22: Tensão resultante na viga de ancoragem	38
Figura 23: Dimensões relevantes para cálculo de tração nos parabolts	39
Figura 24: Representação da solda das ancoragens laterais	41
Figura 25: Simbologia de solda ancoragem principal.....	42
Figura 26: Dimensões chapa fixação ancoragem principal	43
Figura 27: Catálogo cabos de aço CIMAF	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	TEMA	10
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	11
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.4	JUSTIFICATIVA	11
1.5	OBJETIVOS	12
1.5.1	Objetivo Geral.....	12
1.5.2	Objetivos Específicos	12
2	REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1	TRABALHOS EM ALTURA	13
2.1.1	Norma Regulamentadora 35	14
2.2	LINHA DE VIDA.....	18
2.2.1	Classificação das linhas de vida	19
2.2.1.1	Linha de horizontal temporária, móvel e fixa	20
2.2.1.2	Linha de vida vertical, móvel e fixa	23
2.3	RESISTÊNCIA ESTRUTURAL DOS MATERIAIS	25
2.3.1	Cálculos e dimensionamento	26
3	METODOLOGIA	31
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	31
3.2	ÁREA DE ESTUDO	31
3.3	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	32
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	33
4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	33
4.2	MODELO DA LINHA DE VIDA HORIZONTAL A SER DIMENSIONADA	34
4.3	CÁLCULOS NECESSÁRIOS	35
4.3.1	Cálculo da força de frenagem ou impacto	35
4.3.2	Pontos de ancoragem	36
4.3.2.1	Cálculo do momento	36
4.3.2.2	Flexão na viga devido a carga de projeto	37
4.3.2.3	Força de tração nos <i>parabolts</i> de fixação	39
4.3.2.4	Resistência na solda das vigas I nas chapas base	40
4.3.2.5	Verificação de cisalhamento na chapa de ancoragem.....	421
4.3.3	Pontos de ancoragem	43
	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

A segurança tem se tornado um dos indicadores de desenvolvimento de maior importância dentro de pequenas e grandes empresas, sendo a regra essencial para a garantia de um desenvolvimento de trabalho seguro dentro das organizações. Para que seus resultados sejam satisfatórios, empresas investem em diversos treinamentos de modo a alcançar seus objetivos, bem como sistemas de manutenções preventivas e corretivas para garantir a funcionalidade dos sistemas de segurança.

Considerando o alto índice de acidentes de trabalho gerados através de atividades em altura, aplica-se em muitas situações o fornecimento de equipamentos ao profissional que possui este risco. Dentre estes equipamentos, destacam-se as sustentações de atividades em altura, suportadas através de cintos de segurança, acoplados a uma estrutura que resista a sua devida carga, dentro de um pavilhão ou ambiente semi-aberto; este sistema de segurança denomina-se linha de vida.

Desta forma, foram analisadas as principais características da estrutura onde será realizado este estudo, sustentadas pela NR35 (BRASIL, 2012). Foram identificados os riscos presentes nas atividades em altura, em uma empresa de mecanização agrícola, bem como sugeridas as adequações necessárias, de acordo com os cálculos estruturais de uma linha de vida, priorizando a segurança e o bem-estar, através da adequação do ambiente para os profissionais que necessitam deste suporte durante a manutenção/utilização dos equipamentos.

1.1 TEMA

O tema deste projeto refere-se a uma proposta de aplicação de linha de vida, estrutura direcionada à segurança do trabalho, atrelada aos cálculos estruturais que indicarão a segurança e real sustentação do projeto, na empresa SLC Comercial de Máquinas Agrícolas LTDA, unidade de Horizontina-RS, tendo em vista o alto índice de atividades em altura que a empresa possui, envolvendo um grande número de colaboradores.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho delimita-se ao estudo de dados, coleta de informações, e geração de uma proposta ideal de implementação do sistema de segurança chamado linha de vida, direcionado apenas à área de serviços da organização, em função do alto índice de atividades de risco dos profissionais deste departamento. Nas demais áreas não foi realizado tal delineamento, uma vez que os demais profissionais não atuam sob risco de queda.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Trabalhos realizados com máquinas ou equipamentos que ofereçam riscos em função da altura, possuem necessidade obrigatória de acompanhamento e suporte ergonômico. Além de causar danos físicos, possuem impacto direto na legislação e adequação da empresa, devido a leis e normas regulamentares de trabalho em altura.

Desta forma, avaliando as periculosidades ao profissional submetido a tal tarefa, fez-se um estudo para analisar os riscos envolvidos no trabalho em altura, e objetivou-se propor de forma ideal, melhorias ao coletivo da empresa, baseando-se na norma regulamentadora NR35 (BRASIL, 2012), que trata da segurança do trabalho em alturas consideradas de risco, acima de 2 metros.

Considerando a relevância deste tema, gera-se uma necessidade de estudo diante dos cálculos atribuídos a esta proposta, indicadores da segurança e compromisso do dispositivo para trabalhos em altura.

Desta forma, busca-se a precaução e segurança para o problema que se caracteriza, com a seguinte pergunta: O sistema proposto de linha de vida, elimina ou minimiza os riscos existentes no ambiente da empresa?

1.4 JUSTIFICATIVA

Trabalhos realizados com máquinas ou equipamentos que não estejam em conformidade com normas e políticas pré-estabelecidas podem gerar riscos para seus profissionais. Dessa forma, observando os perigos que podem ser causados ao profissional que executa a atividade em altura, fez-se um estudo para analisar os

riscos envolvidos neste, e propor melhorias baseando-se na norma regulamentadora pertinente, que trata da segurança do trabalho em atividades em altura. Desta forma, e através da realização de um cálculo de dimensionamento da estrutura, é possível gerar um projeto com detalhamento de dados, imagens e cálculos com possível aplicação. Assim, busca-se a segurança, eliminando ou minimizando os riscos de acidentes nas jornadas de trabalho e zelando pelo bem-estar e pela integridade dos operadores.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste estudo é identificar os riscos existentes e apresentar propostas de eliminação ou redução destes, baseando-se nos requisitos previstos na norma regulamentadora pertinente, através da efetuação de cálculo estrutural.

1.5.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- Analisar as não-conformidades e os riscos com base na NR35 (BRASIL, 2012);
- Desenvolver e propor etapas para as adequações necessárias, através das especificações e dados do ambiente atual.
- Direcionar uma proposta de acordo com a NR35 (BRASIL, 2012);
- Citar e dimensionar os cálculos da estrutura necessária para sustentação do projeto, agregando os valores necessários para o funcionamento ideal.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 TRABALHOS EM ALTURA

De acordo com Araújo (2011), diversos ramos de trabalho expõem os trabalhadores a inúmeros riscos diariamente, e tem sido assim há séculos. Conforme o autor, os motivos mais comuns dos acidentes de trabalho são inexperiência, cansaço extremo (devido a longas jornadas de trabalho) e falta de experiência no serviço prestado.

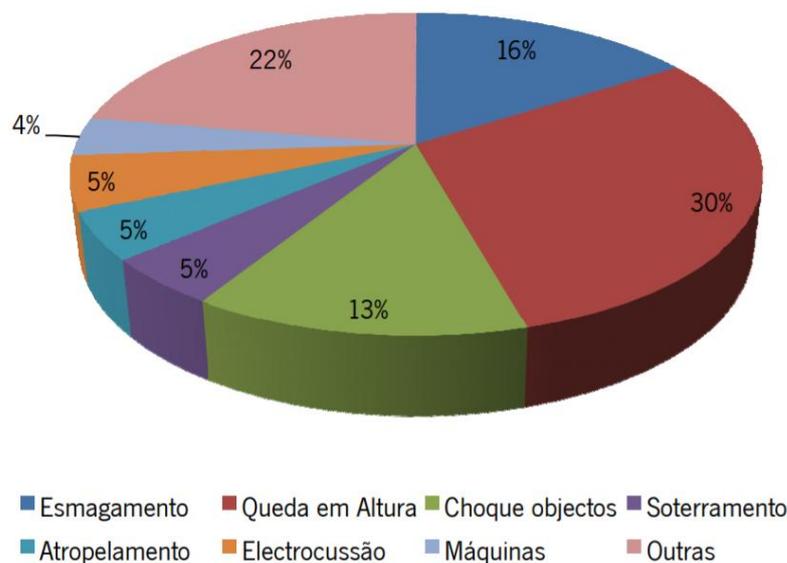
Com a Revolução Industrial ocorreu a eliminação de muitos riscos, uma vez que surgiu a automação de diversas operações, que passaram a ser realizadas por máquinas. Se, por um lado, muitos trabalhos perigosos deixaram aos poucos de existir, a revolução trouxe uma nova gama de perigos e riscos ao trabalhador. Segundo Araújo (2011, p. 1):

Paradoxalmente, a mecanização dos postos de trabalho conduziu, também, a um maior esforço dos trabalhadores, em parte devido à necessidade de potenciar a sua eficiência nos processos de fabrico. O conseqüente aumento do tempo de laboração traduz-se, assim, numa maior exposição aos diferentes riscos. Este panorama tem vindo a agravar-se ao longo dos últimos anos devido as crescentes dificuldades económicas, particularmente no momento atual.

Conforme Araújo (2011), a décima Conferência Internacional de Estatísticas do Trabalho realizada em 1962 citou como os dois acidentes de trabalho de maior ocorrência a queda de pessoas e queda de objetos. A ocorrência de acidentes de trabalho é uma preocupação crescente tanto por parte do governo, quanto dos empregadores e dos mais afetados, evidentemente: os trabalhadores sujeitos à riscos. Por conta disso, a legislação trabalhista tem evoluído muito nas últimas décadas, de modo a diminuir os acidentes trabalhistas.

Estes dados são corroborados pela Autoridade para as Condições de Trabalho (ACT, de Lisboa, Portugal), que mostra os acidentes de trabalho que causaram a morte do trabalhador, conforme a causa. O gráfico expresso na Figura 1 mostra claramente que a queda em altura é o acidente que mais leva trabalhadores à óbito, ressaltando a necessidade de adoção de procedimentos que visem reduzir o risco de quedas.

Figura 1: Causas de acidentes de trabalho mortais, entre os anos de 2006 e 2008



Fonte: Araújo (2011).

Conforme a Organização Internacional do Trabalho (dados de 2018), o número de acidentes de trabalho reportados anualmente é de 374 milhões, sendo que, destes, 2,78 milhões são fatais (BRANCHTEIN, 2018).

Por conta destes dados, surgem normas reguladoras e legislações trabalhistas que visam assegurar a segurança dos trabalhadores sujeitos a atividades realizadas em altura. No Brasil, as normas que regulamentam tais atividades são a Norma Regulamentadora (NR) nº 18 e NR nº 35. A NR18 (BRASIL, 1978) trata especificamente sobre as diretrizes e recomendações para garantir a saúde e segurança de trabalhadores do ramo da construção civil – não se atendo somente a trabalhos em altura.

Já a NR35 (BRASIL, 2012) surgiu com o intuito de estabelecer diretrizes voltadas a todos os ramos da economia (não somente do setor de construção civil), desde que estes abranjam trabalhos em altura, acima de dois metros do nível do solo. A seguir, será feita uma análise da NR35, com seus preceitos básicos.

2.1.1 Norma Regulamentadora 35

De acordo com Lima (2013), a norma de número 35 estabelece que trabalho em altura é “toda atividade executada acima de 2 metros do plano de referência e que apresente risco de queda” (p. 21, 22). Além disso, atividades que sejam

realizadas em alturas inferiores a 2 metros e que possuem risco de queda também são regidas, mas por normas distintas. A NR 35 estabelece os requisitos mínimos de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução de atividades que exijam trabalho em altura.

Conforme a NR35 (BRASIL, 2012), existem critérios a serem seguidos, bem como o estabelecimento de requisitos mínimos de proteção aos funcionários que operem em altura. Ainda segundo a norma, estes requisitos podem ser aumentados de acordo com a complexidade e dificuldade de execução da atividade em questão. Conforme Ronchi (2014, p. 37), “a norma sobre trabalho em altura determina que, na etapa do planejamento, seja considerada uma hierarquização da seleção na forma de execução do trabalho, da perspectiva de segurança do trabalhador”.

Lima (2013) sugere que esta norma traz consigo algumas mudanças importantes e baseadas em países com menores índices de quedas em trabalhos em altura. Conforme o autor, a norma exige um planejamento antes de que a atividade de fato venha a ocorrer, prevendo, desta forma, possíveis acidentes – bem como a solução para estes.

Uma vez que quedas em trabalhos realizados em altura causam um grande número de mortes em trabalhadores (principalmente do ramo da construção civil), é essencial que as recomendações expressas na NR35 sejam cumpridas. Dentre estas recomendações, destacam-se aquelas inerentes aos empregadores, que devem oferecer aos empregados: devido treinamento e cursos de capacitação; equipamentos de proteção individual, com também acessórios e sistemas de ancoragem; equipe de emergência em caso de acidentes; planejamento referente à execução de atividades em altura, de modo a evitar ao máximo os acidentes.

De acordo com Ronchi (2014) e seguindo as recomendações da NR35 (BRASIL, 2012), é necessário, em um primeiro momento, avaliar se para a situação e atividade realizada não há um meio seguro de fazê-la. Caso exista, este meio deve ser colocado em prática (como exemplo de eliminação do risco, tem-se a utilização de sistema guarda corpo, conforme Figura 2).

Figura 2: Modelo de sistema de segurança guarda corpo



Fonte: Radar Engenharia (2018).

Caso não haja como realizar a atividade de modo seguro, o ideal é expor o trabalhador à situação de periculosidade pelo mínimo de tempo possível. Por fim, é necessário adotar medidas capazes de eliminar os riscos de queda pelo operador. Quando não houver possibilidade de eliminar por completo estes riscos, a adoção de práticas protetivas deve ser feita, como, por exemplo, as plataformas secundárias de proteção (projetadas em edifícios com mais de quatro andares de modo a suportar e amortecer a eventual queda de um trabalhador), conforme Figura 3.

Figura 3: Plataforma secundária de proteção



Fonte: Jota Equipamentos (2018).

Esta hierarquia de controle proposta para o trabalho em altura pode ser melhor observada na Figura 4, sendo produzida através das recomendações da NR35 (BRASIL, 2012).

Figura 4: Hierarquia se processos a serem tomados para trabalhos em altura



Fonte:CBIC; SECONCI BRASIL; SESI, 2017.

Ainda de acordo com Lima (2013), este planejamento prévio à atividade pode ser classificado de três maneiras: Análise de Risco (sendo esta obrigatória em todas as atividades em altura); Permissão de Trabalho (somente obrigatória em atividades que não são de rotina e que exigem trabalho em altura); e Procedimento Operacional (este procedimento deve ser elaborado para as atividades em altura que sejam práticas rotineiras no local).

É importante ressaltar que, caso empregador não tenha efetuado todas as medidas protetivas contra os riscos de queda, o trabalhador pode se negar a realizar o serviço, a não ser que as devidas medidas de segurança sejam tomadas (LIMA, 2013; RONCHI, 2014).

O subitem 35.4.5.1 da NR35 (BRASIL, 2012), sugere que deve-se levar em conta alguns fatores ao analisar o risco de determinada atividade:

- Ambiente e o entorno no qual a atividade será realizada;
- Correto isolamento e sinalização da área;
- Organização dos pontos de ancoragem;
- Possíveis adversidades meteorológicas;

- Todos os quesitos pertinentes ao uso dos sistemas de proteção individual e coletiva (desde seleção, inspeção, utilização e possíveis limitações de uso);
- Risco de queda de equipamentos e ferramentas;
- Análise de trabalhos simultâneos que possam criar novos riscos;
- Riscos condicionais e condições impeditivas;
- Organização para casos de emergência e acidentes;
- Sistema de comunicação eficiente; e
- Supervisão adequada.

Conforme o Guia Prático para Cálculo de Linha de Vida e Restrição para a Indústria da Construção (CBIC; SECONCI BRASIL; SESI, 2017, p. 12), “trabalhar em altura no Brasil representa, por si só, um desafio contínuo, pois os acidentes produzidos por queda de diferentes níveis continuam sendo uma das principais causas de absentismo laboral, mortes e lesões incapacitantes”.

2.2 LINHA DE VIDA

A linha de vida nada mais é que um cabo de aço ou corda podendo ser vertical ou horizontal, que permite conectar-se ao cinturão de segurança do trabalhador de modo a protegê-lo contra possíveis quedas nos trabalhos realizados em altura. É importante lembrar que as linhas de vida não devem ser utilizadas como um sistema capaz de manter o trabalhador em suspensão durante a execução da atividade; a linha de vida serve somente como um dispositivo capaz de amenizar as consequências de uma possível queda do operador, limitando a força de impacto e reduzindo o fator de queda (CBIC; SECONCI BRASIL; SESI, 2017).

A definição do melhor tipo de linha de vida para determinada atividade deverá obedecer alguns critérios, sendo eles: o tipo de trabalho e o local que se quer proteger; a adequação da proteção ao risco; o acesso à linha de vida; os pontos de acesso; o número de operadores que utilizarão a linha de vida ao mesmo tempo; a conexão entre a linha de vida e o cinturão; o caminho para realizar a atividade; o conforto do operador; o projeto da linha de vida; geração de pêndulo na queda; a resistência da estrutura; o fator de segurança; as tensões da linha de vida; a distância de queda; o ambiente no qual se instala a linha; a facilitação no resgate

aos trabalhadores; o comprimento dos vãos; a altura e direção da linha; o contato da linha com outros objetos ou estruturas(CBIC; SECONCI BRASIL; SESI, 2017).

Para dimensionamento de linhas de vida deve-se levar em conta as normas vigentes, como a NR35 e a NBR 8800. Conforme a NBR 8800 (ABNT, 2008), que trata sobre projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e de concreto de edifícios, existem três ações capazes de gerar efeitos significativos em estruturas metálicas. Estas ações são, conforme a norma:

- Ações permanentes: são aquelas que ocorrem com valores constantes durante toda a vida útil da estrutura;
- Ações variáveis: são aquelas que podem sofrer modificações em seus valores de acordo com as condições a que a estrutura é exposta;
- Ações excepcionais: são aquelas que provavelmente não irão ocorrer e, caso ocorram, são de curta duração (como explosões, acidentes, etc.).

Além disso, existem normas internacionais que estabelecem parâmetros para construção de linhas de vida. Uma das mais conhecidas é, sem dúvida, a norma americana OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) 1926, que cita especificamente as considerações sobre sistema de detenção de queda pessoal, que consiste em ponto de ancoragem, conectores, cinto de segurança e pode ainda incluir um dispositivo capaz de desacelerar a queda e corda de salvamento (OSHA, 2016).

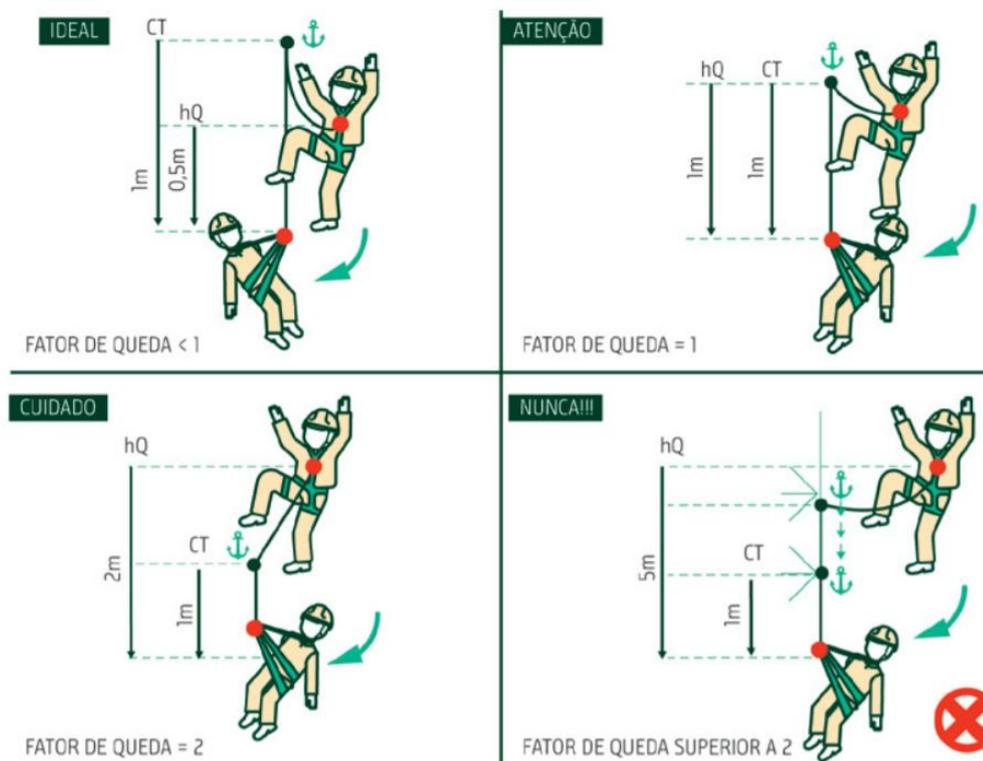
2.2.1 Classificação das linhas de vida

As linhas de vida podem ser classificadas em flexíveis, permanentes ou temporárias, podendo ser ainda horizontais ou verticais. Existe um cálculo chamado fator de queda que representa a razão entre a distância percorrida pelo operador em uma possível queda e o comprimento da linha que irá detê-lo(CBIC; SECONCI BRASIL; SESI, 2017).

Quanto maior o valor do fator de queda, mais perigosa é a atividade, sendo que valores abaixo de 1 são os ideais. Fatores de queda iguais a 1 são passíveis de realização da atividade, desde que seja tomada a devida atenção. Entre 1 e 2, há

maior perigo e deve-se tomar um cuidado mais elevado. Para valores acima de 2, não se recomenda a realização de tal atividade, sendo que o sistema deve ser readequado para diminuir o fator de queda e conseqüentemente garantir mais segurança ao trabalhador (CBIC; SECONCI BRASIL; SESI, 2017). Na Figura 5 é possível observar esquemas com diferentes valores de fator de queda.

Figura 5: Fatores de queda



Fonte: CBIC; SECONCI BRASIL; SESI (2017).

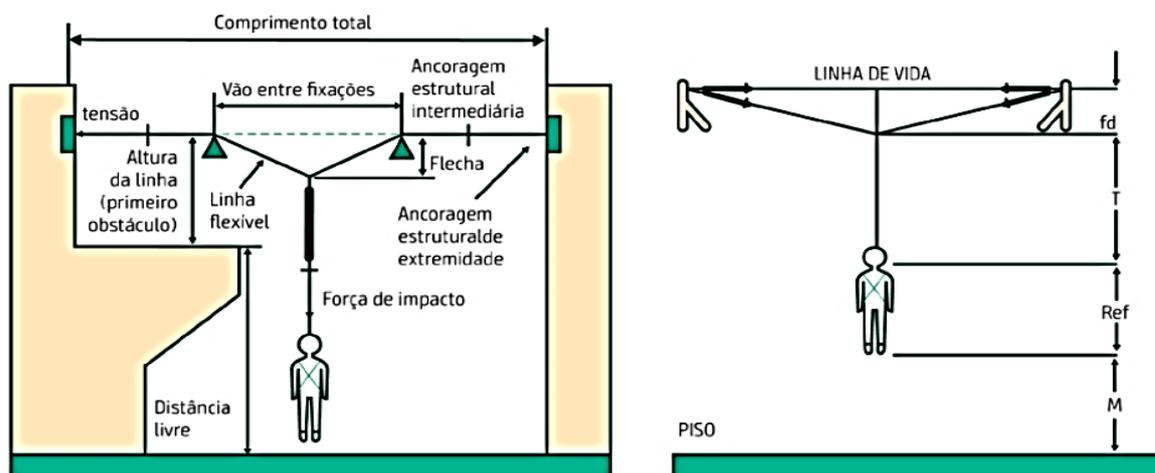
2.2.1.1 Linha de horizontal temporária, móvel e fixa

De acordo com Branchtein (2018), as linhas horizontais podem ser projetadas para: retenção de queda, e restrição de movimentos. É importante ressaltar ainda que, quando projetadas para restrição de movimentos, as linhas de vida tendem a não ser fortes o suficiente para reter uma possível queda.

Diversos autores sugerem que a elaboração dos cálculos e dimensionamento das linhas de vida horizontais tendem a ser mais complexos, o que pode gerar erros na hora de sua implementação (CBIC; SECONCI BRASIL; SESI, 2017). A linha de vida horizontal temporária é uma linha portátil e, em geral, “composta por uma fita ou cabo com sistema de travamento leve e fácil de transportar” (CLIMBING SERVICE,

2018, não paginado). Muito utilizada em atividades do ramo da construção civil e naval, este tipo de linha suporta até dois operadores ao mesmo tempo. A Figura 6 mostra um exemplo de linha de vida horizontal.

Figura 6: Linha de vida horizontal



Fonte: CBIC; SECONCI BRASIL; SESI, 2017.

Já a linha horizontal móvel é mais utilizada na manutenção e instalação de sistemas tubulares e máquinas. Composta por perfis tubulares de aço, cantoneiras e peças metálicas (CLIMBING SERVICE, 2018).

Existe ainda a linha de vida horizontal fixa, mais utilizada em locais como telhados, galpões, silos, etc. A linha horizontal fixa é composta, usualmente, por um cabo de aço, trilho metálico e pontos de ancoragem (somente nas extremidades ou intercalados). Este tipo de linha pode suportar mais de um operador simultaneamente e, como o próprio nome sugere, é de caráter permanente e não móvel.

2.2.1.1.1 Componentes mandatórios para linha de vida horizontal fixa

Alguns componentes da linha de vida horizontal fixa são mandatórios, conforme descrito na NR35 (BRASIL, 2012). Cada componente possui função variada, sua resistência mecânica atende a carga requerida na norma citada acima. Nos tópicos seguintes serão apresentados um a um os componentes, sendo que na Figura 7 é possível visualizar cada um dos equipamentos.

Figura 7: Componentes para linha de vida horizontal fixa



Fonte: Catálogo de Produtos Berwanger, 2018 e Catálogo de Produtos Gulin, 2017.

A Figura 7-A representa um olhal soldável. Os olhais encontram-se nas extremidades da linha de vida, e são soldados nas vigas principais. Ambos olhais possuem capacidade de 2 toneladas cada conforme certificação do fabricante. Na Figura 7-B está expresso um cabo de aço, que possui diâmetro de $\varnothing 9,52$ mm, é de aço inoxidável, e possui formação 7 x 19 AA (7 pernas e 19 fios). O cabo de aço possui carga de ruptura de 4.000 kgf, certificado pelo fabricante. A Figura 7-C refere-se a um *kit* composto por duas sapatilhas e seis grampos tipo pesado em aço inox.

Na Figura 7-D tem-se um absorvedor de energia, que limita a força aplicada aos pontos de ancoragem a valor inferior a 700 kgf, em caso de retenção de queda de até 3 trabalhadores simultâneos. É um equipamento produzido em aço inox e

certificado pelo fabricante. Na Figura 7-E encontra-se um indicador de tensão certificado pelo fabricante, produzido em aço inox, com janelas retangulares de inspeção para indicar liberação ou impedimento de uso da linha de vida. A Figura 7-F apresenta um esticador de cabo de aço, do tipo manilha x manilha, em aço carbono galvanizado a quente ou aço inox, com travas anti-rotacionais para evitar desregulagem acidental da tensão da linha, com grande curso de regulagem (30cm). Possui carga de ruptura superior a 4.000kgf, certificado pelo fabricante.

Na figura 7-G está uma manilha reta, utilizada para fazer a conexão entre os componentes padrão nas linhas de vida. Produzida em aço galvanizado e com travamento por porca e cupilha com carga de ruptura superior a 4.000 kgf. A Figura 7-H apresenta um trole, de uso obrigatório para fácil e segura movimentação em trechos retos dos trava quedas retráteis. Produzido em aço galvanizado, imediata colocação e retirada da linha horizontal por simples acionamento de botão. Possui sistema protegido contra abertura acidental por dupla trava de segurança. Equipamento certificado pelo fabricante. Por fim, na Figura 7-I tem-se um trava quedas retrátil, com 10 m de cabo de aço galvanizado com revestimento sintético para locais com atmosfera potencialmente explosiva e diâmetro de 4,8 mm. Possui mosquetão-destorcedor para durabilidade do cabo com indicador de queda. A carga máxima de trabalho dos travaquedas retráteis (peso do trabalhador) é de 100 kg, conforme NBR 14.628 (ABNT, 2000).

2.2.1.2 Linha de vida vertical, móvel e fixa

De acordo com Pires (2014), as linhas de vida móveis usualmente são vendidas em *kits* que contém todos os acessórios e equipamentos necessários à sua instalação. São muito utilizadas devido à sua praticidade, baixo custo e agilidade, sendo de fácil instalação e operação. Usualmente, conforme o autor, estes *kits* contém os seguintes elementos: mochila de armazenamento do *kit*; linha de vida em fita de alta resistência (normalmente com até 20 metros); cabos de ancoragem em inox; mosquetões em “D” com trava automática (Figura 8). Existem ainda *kits* de linha móvel que, ao invés de fita de alta resistência, contém cordas e podem atingir até 30 metros. Este tipo de *kit* contém ainda descensor, autoblocante e trava quedas, além dos itens previamente listados.

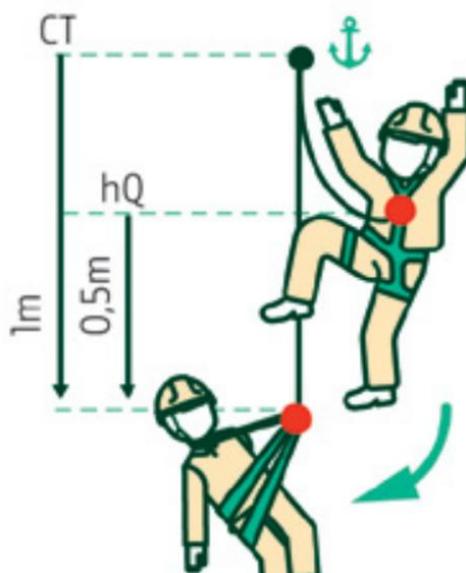
Figura 8: Kit de linha de vida móvel



Fonte: Alpimonte (2018).

A linha de vida vertical com corda é um exemplo de linha móvel, podendo ser acoplada a um ponto de ancoragem localizado acima do trabalhador. Já a linha vertical fixa é orientada para utilização em atividades que não exijam tanta mobilidade, uma vez que, como o próprio nome sugere, são fixadas em determinado local. Este tipo de linha é usado usualmente em tarefas que exijam a presença de escadas. Um exemplo de linha de vida vertical fixa está exposto na Figura 9.

Figura 9: Linha de vida vertical



Fonte: CBIC; SECONCI BRASIL; SESI (2017).

2.3 RESISTÊNCIA ESTRUTURAL DOS MATERIAIS

Conforme Bento (2003, p. 2), o estudo da resistência dos materiais remonta dos tempos antigos:

Os cientistas da antiga Grécia já tinham o conhecimento do fundamento da estática, porém poucos sabiam do problema de deformações. O desenvolvimento da resistência dos materiais seguiu-se ao desenvolvimento das leis da estática. Galileu (1564-1642) foi o primeiro a tentar uma explicação para o comportamento de alguns membros submetidos a carregamentos e suas propriedades e aplicou este estudo, na época, para os materiais utilizados nas vigas dos cascos de navios para marinha italiana. (BENTO, 2003).

Ainda de acordo com a autora, o estudo referente à resistência dos materiais compreende o entendimento do comportamento de materiais sólidos submetidos a diferentes forças, levando em considerações o efeito que tais forças externas produzem no interior do material (BENTO, 2003). É importante ressaltar que o comportamento de um sólido submetido a forças externas não depende somente de tais forças, mas também de características intrínsecas do próprio material ou de seus componentes.

De acordo com Bernardi (2007), os materiais são estudados de modo a atender dois aspectos no que concerne à resistência dos materiais: dimensionamento (ou seja, a determinação dos esforços que irão atuar no material, fixando as dimensões mínimas necessárias da peça para que esta resista ao esforço à que será submetida); e verificação (verificar o exposto no item anterior, se a peça ou material já fabricado é capaz de suportar os esforços para os quais foi dimensionado).

Ainda conforme o autor, três fatores devem ser levados em consideração para garantir tais aspectos: segurança à ruptura (preservação da integridade física do material); deformabilidade (pequenas deformações nos materiais ao longo do tempo são inevitáveis, mas é possível controlá-las); e economia (caso as peças sejam dimensionadas de modo a evitar rupturas e deformidades, seu custo será mais elevado) (BERNARDI, 2007).

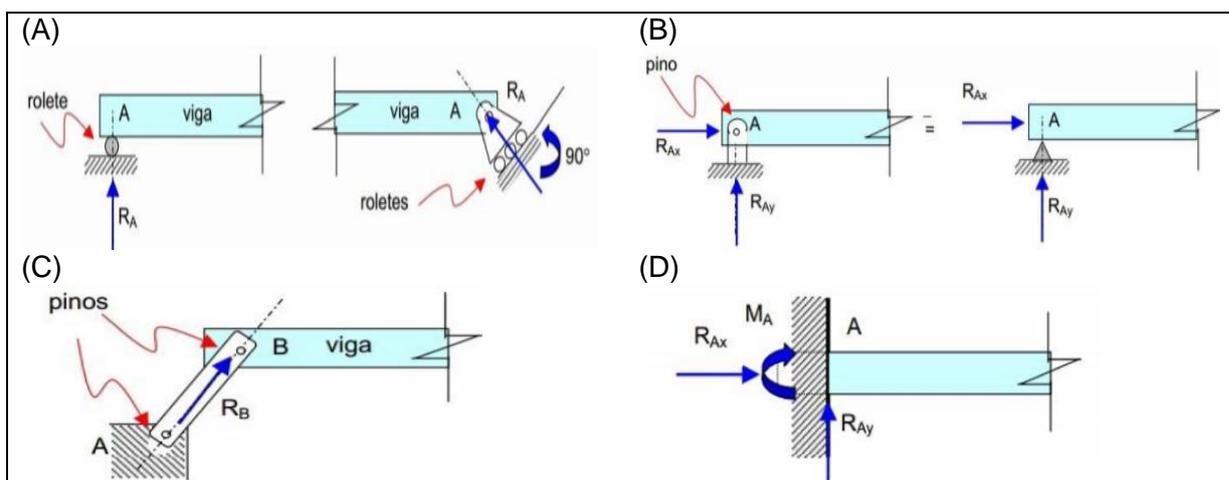
2.3.1 Cálculos e dimensionamento

De modo a dimensionar estruturas como linhas de vida, como é o intuito deste trabalho, deve-se entender o comportamento dos elementos estruturais quando ocorre aplicação de esforços, que podem ser de: tração, compressão, cisalhamento, torção, flexão e flambagem (UFPR, 2006).

Através do entendimento destes elementos (principalmente tração e cisalhamento) é possível aplicar os cálculos necessários ao dimensionamento de estruturas, capazes de determinar os valores necessários para elaboração de um projeto de linha de vida (UFPR, 2006).

O cálculo das reações, por exemplo, varia conforme o tipo de apoio (suporte), que pode ser rolete (A) (que resiste a uma força em apenas uma direção), pino (B) (que resiste a uma força que age em qualquer direção), de articulação (C) (que resiste a uma força em apenas uma direção) e engastamento (D) (que resiste a uma força que age em qualquer direção e a um momento), conforme exemplificado na Figura 10.

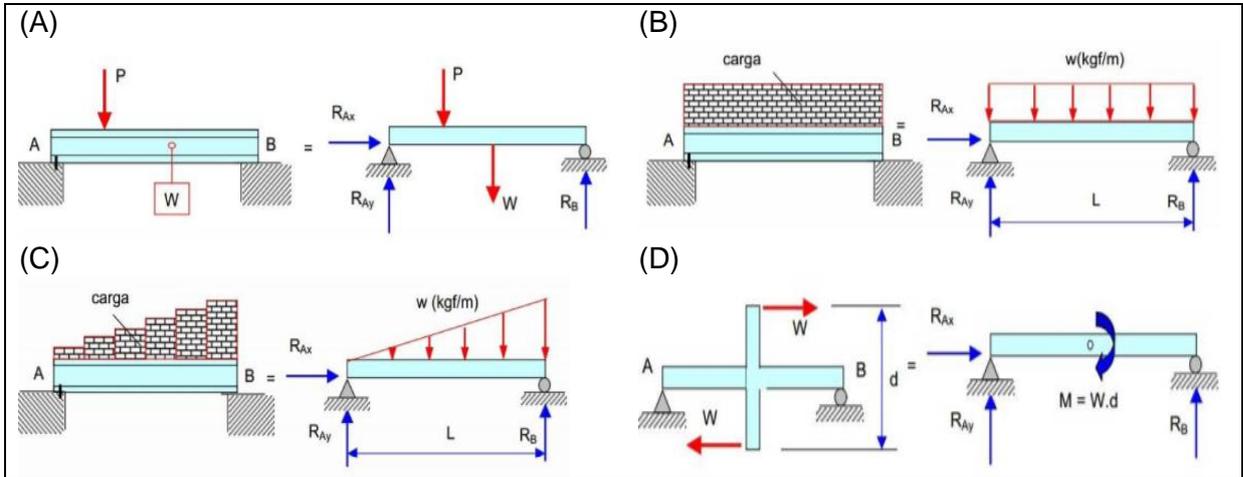
Figura 10: Reações de acordo com o tipo de suporte: rolete (A), pino (B), articulação (C) e engastamento (D)



Fonte: Adaptado de UFPR (2006).

Além de variarem de acordo com o tipo de apoio, as reações variam conforme o tipo de carregamento, que pode ser: forças concentradas (A), carga uniformemente distribuída (B), carga uniformemente variável (C) e momento concentrado (D).

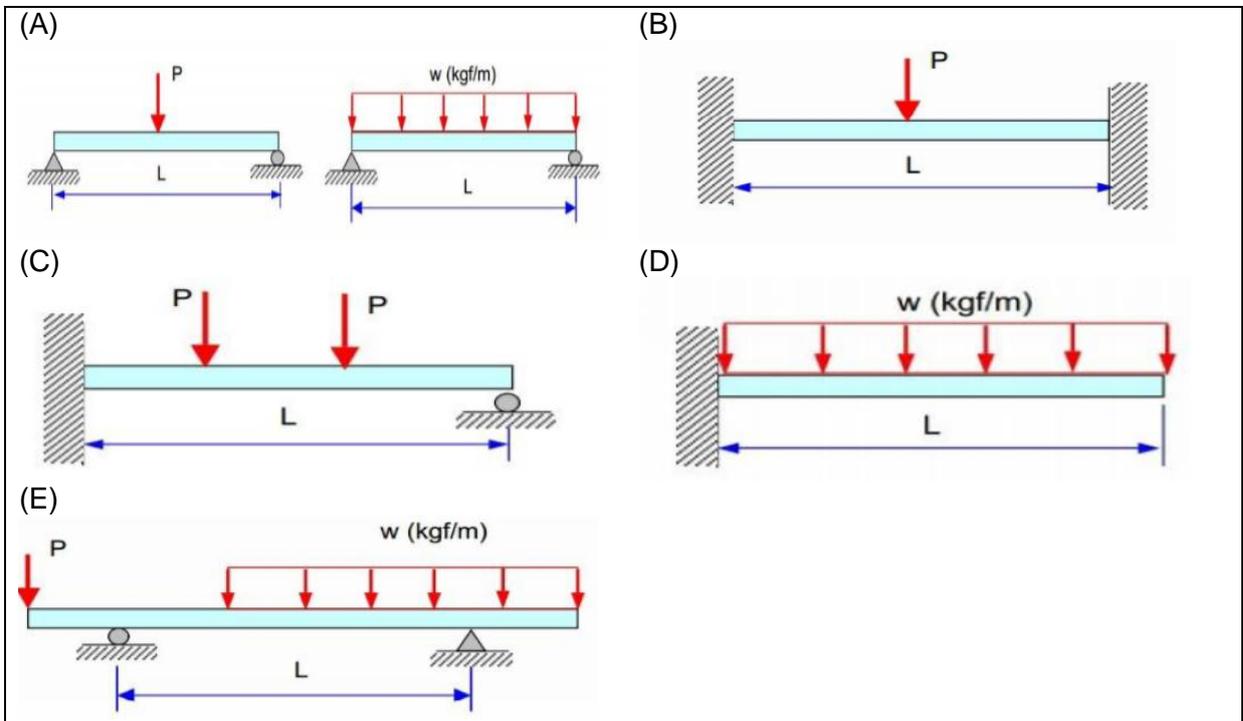
Figura 11: Reações de acordo com o tipo de carregamento: forças concentradas (A), carga uniformemente distribuída (B), carga uniformemente variável (C) e momento concentrado (D)



Fonte: Adaptado de UFPR (2006).

Já a classificação das vigas utilizadas em estruturas pode ser melhor visualizada na Figura 12.

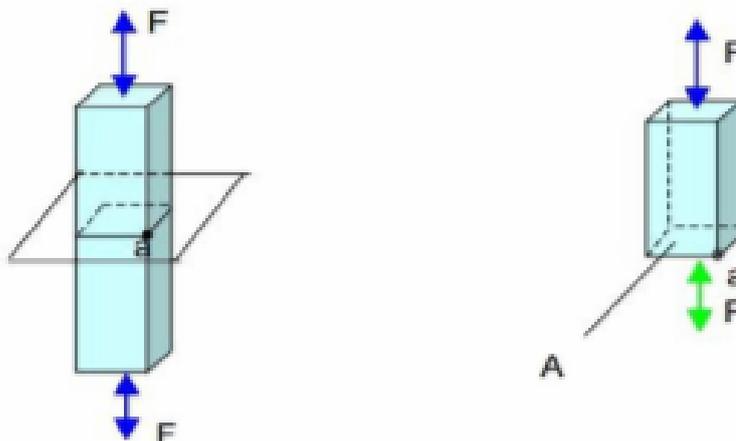
Figura 12: Classificação das vigas: apoiada (A), bi-engastada (B), engastada-apoiada (C), em balanço (D), em balanço nas extremidades (E)



Fonte: Adaptado de UFPR (2006).

No que se refere à carga axial, a Figura 13 mostra o comportamento de uma barra sem peso e em equilíbrio, sujeita à tração e compressão em suas extremidades.

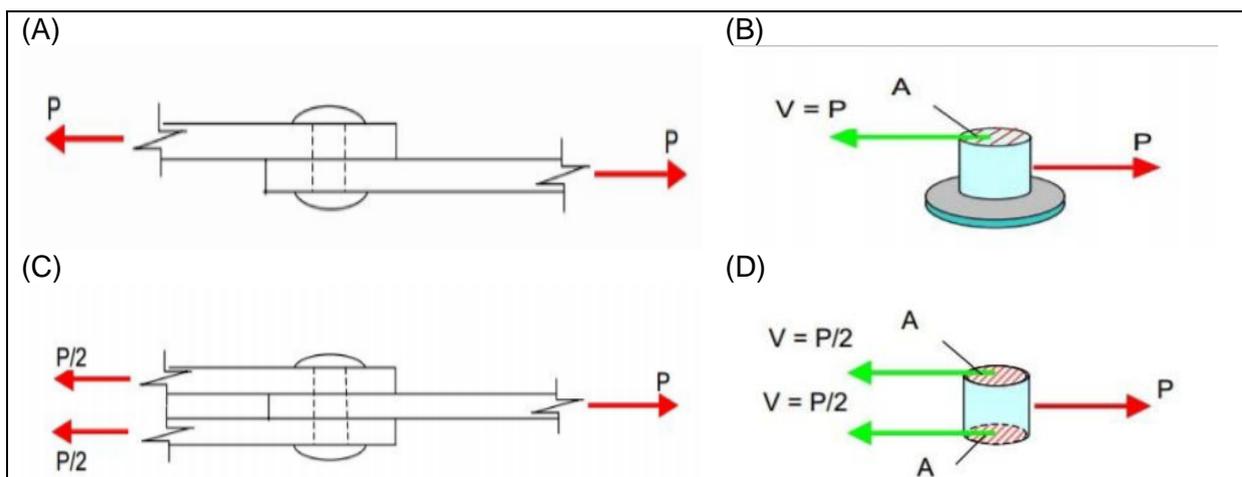
Figura 13: Carga axial



Fonte: Adaptado de UFPR (2006).

Já a Figura 14 retrata o comportamento de um corpo quando arrastado sobre outro por uma força de cisalhamento. Conforme UFPR (2006), um corpo pode sofrer cisalhamento de duas maneiras: simples (A) ou duplo (B).

Figura 14: Cisalhamento simples (A), tração no rebite do cisalhamento simples (B), cisalhamento duplo (C), tração no rebite do cisalhamento duplo (D)



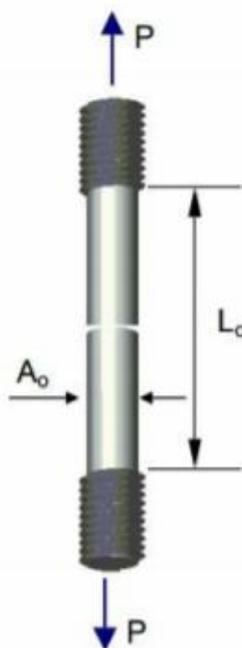
Fonte: Adaptado de UFPR (2006).

A tensão de cisalhamento média no caso A é dada pela divisão P/A . No caso C, onde tem-se um cisalhamento duplo, a tensão de cisalhamento média corresponde a $P/2A$.

De modo a assegurar a segurança de uma determinada estrutura, adotam-se tensões admissíveis que possuam um fator de segurança de modo a restringir a carga aplicada à uma carga inferior àquela que a estrutura é capaz de suportar. Isso se deve à dificuldade de precisar os cálculos de dimensionamento, bem como a existência de possíveis imperfeições do material ou do processo de fabricação (UFPR, 2006).

Existe uma ferramenta chamada diagrama de tensão e deformação a partir de uma amostra de determinado material. A tensão-deformação é executada em um corpo de prova como ilustra a Figura 15, sendo que na tensão para elaboração do diagrama considera-se a força aplicada (P) na seção transversal original (A_0), e a deformação é medida através de extensômetro ou pela divisão da variação de comprimento (ΔL) pelo comprimento original (L_0) (UFPR, 2006).

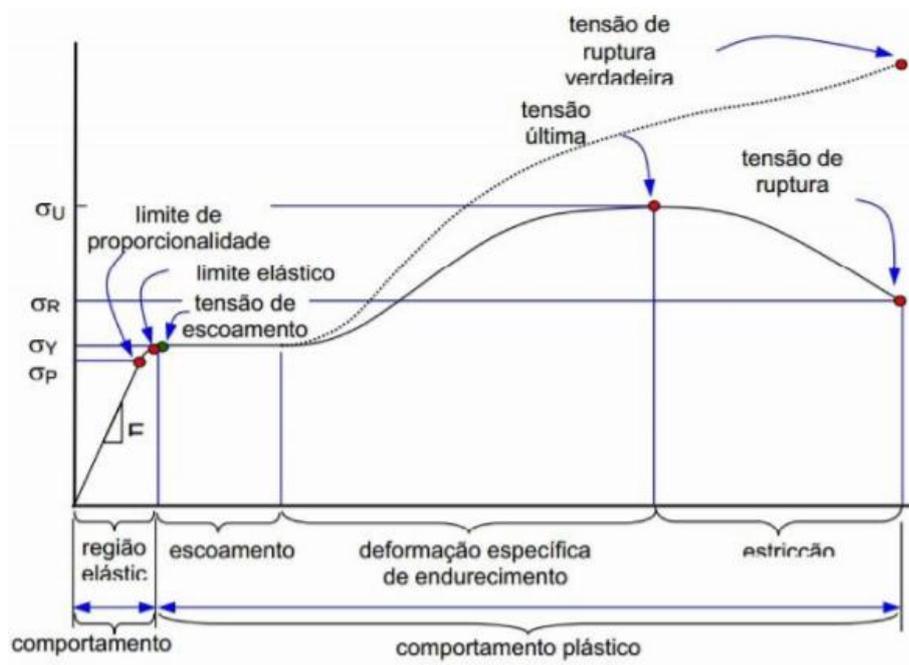
Figura 15: Corpo de prova para ensaio de tensão



Fonte: UFPR (2006).

Por sua vez, um exemplo de diagrama de tensão-deformação está exposto na Figura 16, sendo que o eixo das coordenadas refere-se às tensões σ e o eixo das abcissas corresponde à deformação ϵ . Salienta-se que dois diagramas de materiais semelhantes podem apresentar discrepâncias entre si, uma vez que os resultados derivam de diversas variáveis, como a composição do material, imperfeições, temperatura, etc (UFPR, 2006).

Figura 16: Exemplo de diagrama tensão-deformação



Fonte: UFPR (2006).

3 METODOLOGIA

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Este estudo tem por objetivo a busca por soluções dos problemas levantados no setor de serviços da indústria, buscando sua adequação às normas técnicas vigentes que tratem do tema. Foi feito um estudo e levantamento dos dados e características da linha de vida, bem como uma projeção dos gastos necessários para realização da adequação.

O presente trabalho utilizou como metodologia a pesquisa-ação. Conforme O'Brien (1988), esta abordagem permite que o autor aprenda através da própria realização da atividade, através do diagnóstico de determinado problema e a busca por hipóteses capazes de solucioná-lo. Esta metodologia dá ênfase na ação e otimização de processos, e exige que o investigador tenha participação ativa no local de implantação.

Além de características da pesquisa-ação, este estudo possui ainda características de estudo de caso, que, conforme Gil (2008, p. 58) é “caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados”.

3.2 ÁREA DE ESTUDO

A empresa no qual foi conduzido o estudo é a SLC Comercial de Máquinas Agrícolas LTDA. Possui mais de 75 anos de história, atualmente abrange 112 municípios do estado do Rio Grande do Sul e conta com 10 lojas físicas, empregando cerca de 300 funcionários.

O presente estudo foi desenvolvido na loja matriz, localizada no município de Horizontina. Empresa esta, que possui foco na mecanização agrícola, priorizando soluções íntegras e rentáveis a seus clientes. Possui estrutura comercial, financeira e contábil, recursos humanos, e forte abrangência no Pós-Venda, onde direciona a maior proporção de seus colaborados.

Direcionando a pesquisa, e possibilidade de aplicação do projeto ao departamento de serviços da empresa, onde são realizadas atividades em altura com frequência. As tarefas de risco, baseam-se nos trabalhos em colheitadeiras, considerando a dimensão destes equipamentos, fez-se necessário o estudo de reduzir ou zerar os riscos de tal desempenho.

3.3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para a realização do presente estudo, foram utilizados materiais didáticos: dissertações, artigos, normas técnicas, legislações e livros. Estes materiais foram usados para estudo e embasamento teórico, sendo que as respectivas referências bibliográficas se encontram ao fim do trabalho.

Além disso, foram utilizados materiais básicos para rascunhos e esboços dos resultados e cálculos, máquina fotográfica para registros de imagens e vídeos, etc. Utilizou-se também o *software* SolidWorks para elaboração do projeto e simulação numérica.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para determinação de todos os parâmetros necessários ao projeto, foi preciso seguir passo a passo as seguintes etapas:

- levantamentos de dados;
- requisitos das normas;
- dimensionamento dos cabos e acessórios;
- cálculos dos esforços;
- projeto das peças;
- levantamento dos EPIs que serão utilizados.

Para a realização dos cálculos segue-se a metodologia encontrada na referência da Universidade Federal do Paraná (2006), além das normas técnicas e legislações vigentes.

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

O local de instalação do objeto deste estudo é um pavilhão de pé direito de 7,50 metros, sendo que a linha de vida será projetada com amplitude para dois box de trabalho dos cinco existentes no pavilhão. Os dados foram compilados nos itens abaixo:

Tabela 1: Dados de projeto

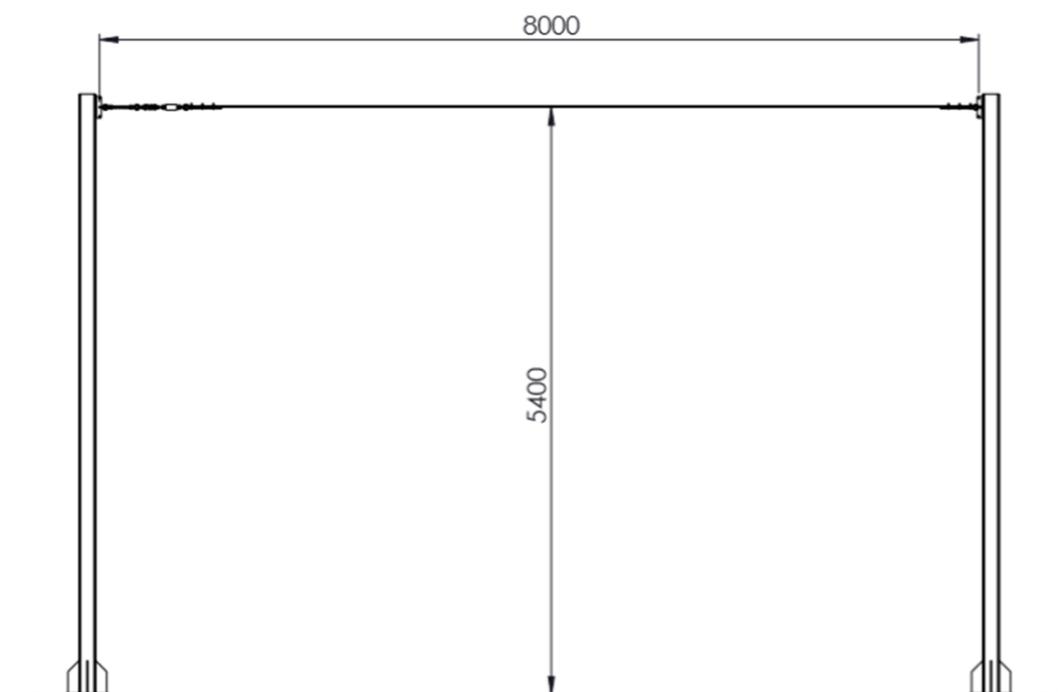
Dados de Projeto		
<i>Origem</i>	<i>Descrição do parâmetro</i>	<i>Valor do parâmetro</i>
Autor	Quantidade de trabalhadores operando simultaneamente	2 trabalhadores
OSHAS	Carga máxima que os pontos de ancoragem devem suportar	22,5 kN
OSHAS	Fator de segurança	2
OSHAS	Carga máxima no corpo, em caso de queda	8 kN
OSHAS	Peso máximo do operador mais ferramental	140 kg
Autor	Altura da linha de vida até o piso	5,4 m
Autor	Altura da linha até superfície de passeio	1,45 m
OSHAS	Flecha máxima do cabo de aço igual a 2% do comprimento da LV	0,16 m
NR-35	Fator de queda	0
Autor	Altura de queda	3,95 m
NR-18	Resistência a tração mínima nos fios do cabo de aço	160kgf/mm ²
NR-18	Carga de ruptura dos fios do cabo de aço 5 vezes a carga máxima de trabalho	N/A

Fonte: O autor, 2018.

4.2 MODELO DA LINHA DE VIDA HORIZONTAL A SER DIMENSIONADA

Na Figura 17 é possível observar as dimensões básicas da linha de vida a ser dimensionada.

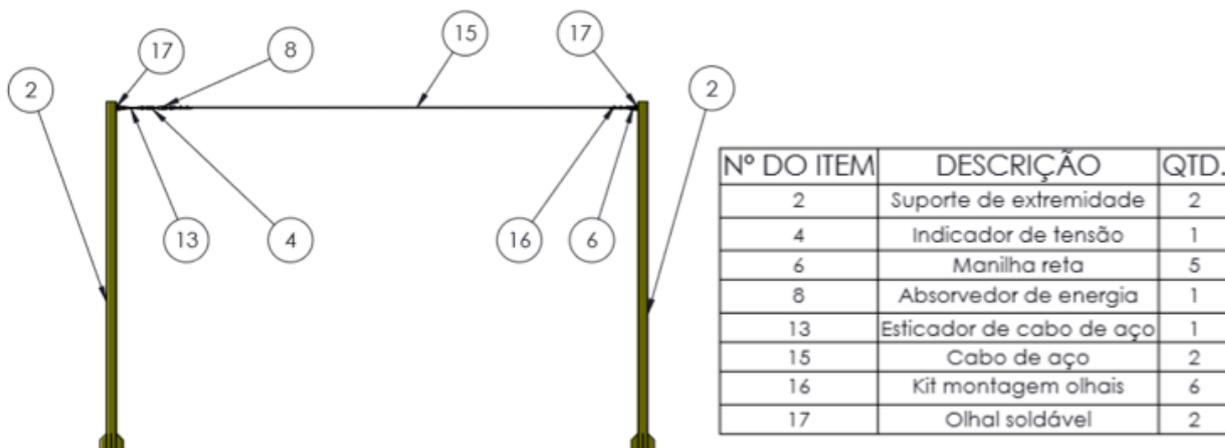
Figura 17: Modelo LV - Dimensões básicas



Fonte: O autor, 2018.

Já a Figura 18 diz respeito à lista de itens necessários, de acordo com o catálogo da empresa GOLIN, para o objeto de estudo atender as necessidades. No tópico 2.1.1.1 foram apresentados maiores detalhes destes componentes.

Figura 18: Modelo Linha de Vida - Lista de conjuntos



Fonte: O autor, 2018.

4.3 CÁLCULOS NECESSÁRIOS

A partir dos dados disponíveis, a próxima etapa foi a realização dos cálculos referentes aos parâmetros para a escolha e fabricação dos componentes que irão fixar a linha de vida horizontal no local determinado.

4.3.1 Cálculo da força de frenagem ou impacto

Esta é a força que um corpo em queda livre sofre quando cessa a queda. O cálculo da força de frenagem está expresso na Equação 1, onde m refere-se à carga máxima em queda livre, a representa a força da gravidade, H representa a altura percorrida somado ao valor de flecha máxima do cabo de aço e D , que direciona a deflexão de 2% do comprimento do cabo de aço, indicando a deformação do cabo durante a queda.

$$Ff = \frac{m \cdot a \cdot H}{D}$$

$$Ff = \frac{140 \text{ kgf} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,16 \text{ m}}{0,16 \text{ m}} \quad (1)$$

$$Ff = 9.957,15 \text{ N}$$

Conforme a NBR 14.629 (ABNT, 2010), item 5.4.6, a força de frenagem não deve exceder a 6 kN e o deslocamento de queda (H), não deve exceder a 5,75 m. Como a força é de 9.957,15 N, a norma sugere a utilização de absorvedor de energia para desacelerar a queda. Além disso, como esta força refere-se à uma pessoa (e como a linha em questão é dimensionada pensando em 2 pessoas trabalhando simultaneamente), caso ocorra a queda simultânea dos dois operadores, considera-se então que a força de frenagem máxima será de 12 kN, já usando equipamento com absorvedor de energia provocando a desaceleração durante a queda. De acordo com a norma OSHA (2016), por outro lado, a carga máxima sobre uma pessoa é de 8 kN.

4.3.2 Pontos de ancoragem

Para estes cálculos segue-se a norma OSHA: Conforme citado na tabela 1: Pontos de ancoragem devem suportar carga de 22,5 kN OSHAS 1926.502 (d) (15). Fator de segurança 2 OSHA 1926.502 (d) (15) (i). Flecha de 2% 0,16m OSHA 1926.451 (f) (16).

Para o cálculo da ancoragem, segue-se os seguintes requisitos:

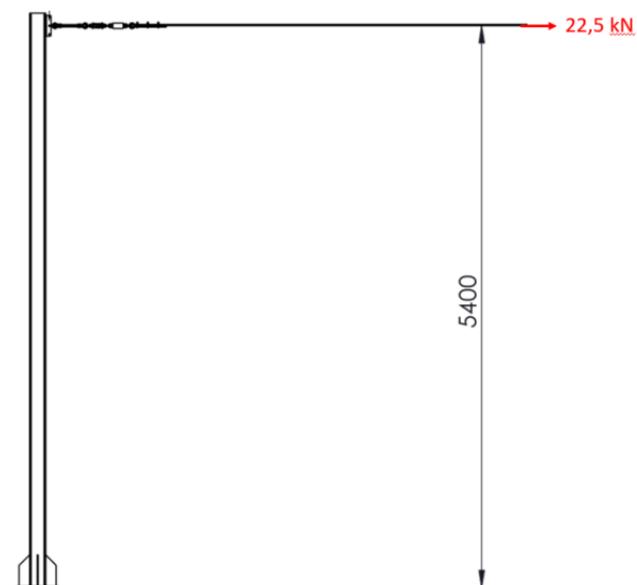
- Flexão do suporte devido ao momento sofrido;
- Resistência da solda do apoio do suporte lateral;
- Força exercida pelo momento na fixação a viga da ponte;
- Classe, quantidade e diâmetro dos parafusos de fixação;
- Diâmetro do parafuso de fixação do olhal que vai segurar o esticador do cabo;
- Cálculo do momento.

4.3.2.1 Cálculo do momento

O momento é calculado de acordo com a Equação 2 e Figura 19, onde F refere-se à carga e d é a distância.

$$\begin{aligned}M &= F \cdot d \\M &= 22,5 \text{ kN} \cdot 5,4 \text{ m} \\M &= 121,5 \text{ kNm}\end{aligned} \tag{2}$$

Figura 19: Parâmetros para cálculo do momento



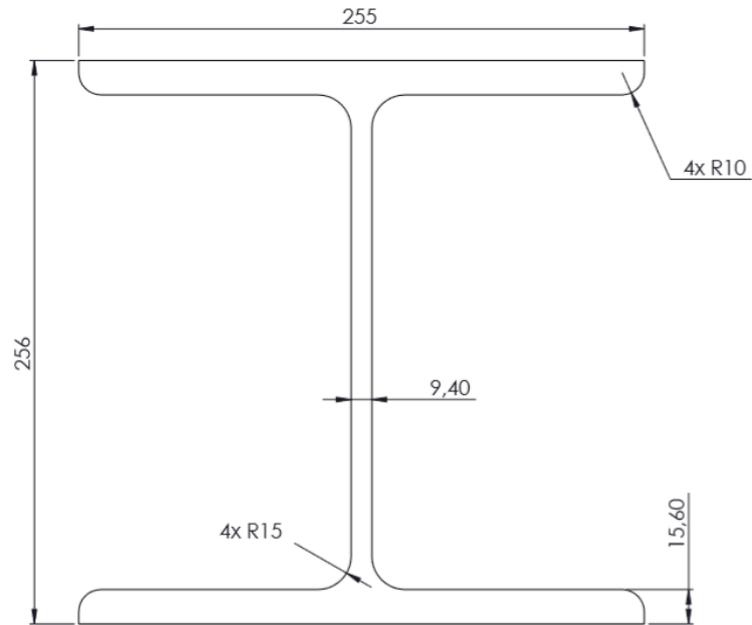
Fonte: O autor, 2018.

4.3.2.2 Flexão na viga devido a carga de projeto

Para o elemento estrutural da ancoragem utilizou-se uma viga I W 250 x 80 laminada com as dimensões conforme expressas na Figura 20, fabricada em aço estrutural ASTM A-36. Com tensão de escoamento de T de 253 MPa. (Beer & Johnson, 1996)

Tabela com os valores do Perfil, conforme dimensões da viga I W 250 x 80.

Figura 20: Dimensões viga I W 250 x 80



Fonte: O autor, 2018.

Da resistência dos materiais tem-se a seguinte fórmula da flexão:

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

Sabendo do momento fletor atuante no pilar M , e estimando um coeficiente estrutural em torno S_g : 2, calcula-se a tensão admissível, e procede-se o cálculo do módulo de resistência para, através das tabelas dos perfis de alguns fabricantes, pode-se encontrar o tamanho ideal para o projeto.

$$\sigma_{adm} = \frac{253}{2} \text{ então } \sigma = 126,5 \text{ MPa} \quad (3)$$

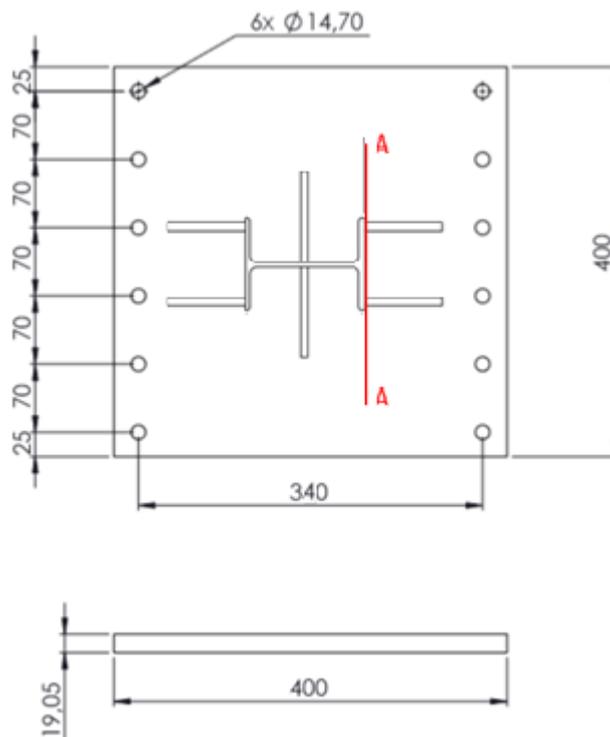
$$W = \frac{M}{\sigma_{edu}} = \frac{121,5 \times 10^6 \text{ Nmm}}{126,5} \text{ logo } W = 960 \times 10^3 \text{ mm} \quad (4)$$

Na tabela do Beer & Johnson (1996), tem-se o valor mais próximo do necessário, dimensionado em $965 \times 10^3 \text{ mm}^3$, resultando no perfil I W 250 x 80.

4.3.2.3 Força de tração nos *parabolts* de fixação dos pilares

A fixação será feita com seis *parabolts* mecânicos, com $\varnothing 12,70 \times 127$ mm localizados a 93,50, 76,50 e 246,50 mm da borda da viga I. A Figura 21 retrata as dimensões para execução dos cálculos.

Figura 21: Dimensões relevantes para cálculo de tração nos *parabolts*



Fonte: O autor, 2018.

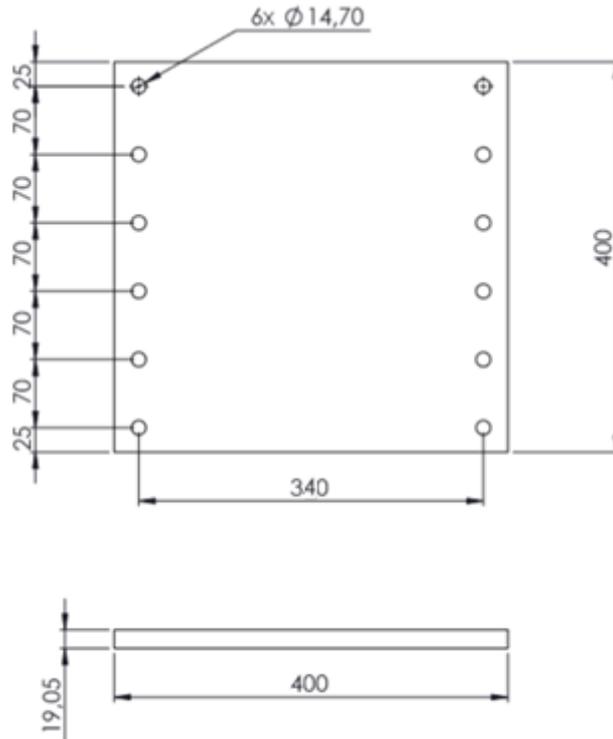
Considerando-se o somatório de momentos na linha A como sendo nulo, o cálculo dos momentos pode ser melhor observado na Equação :

$$F_T = \frac{22.500 \cdot 5.400}{340} = 357.353 \text{ N} \quad (5)$$

(6)

$$F_N = \frac{F_T}{6} = 59.559 \text{ N}$$

De acordo com o chumbador tipo CB, para a força individual por parafuso F_N de 59.559 N, o chumbador de $\frac{3}{4}$ " (CBPL 34612) é o indicado devido a sua carga média de tração para o arrancamento ser de 6667 Kgf (65.403 N) sendo maior que o necessário por parafuso. A disposição dos parafusos de cada lado, seguem em linha devido ao equilíbrio melhor dos esforços.



A tensão de tração exercida em cada parafuso *parabolt* é fornecida pela equação (7).

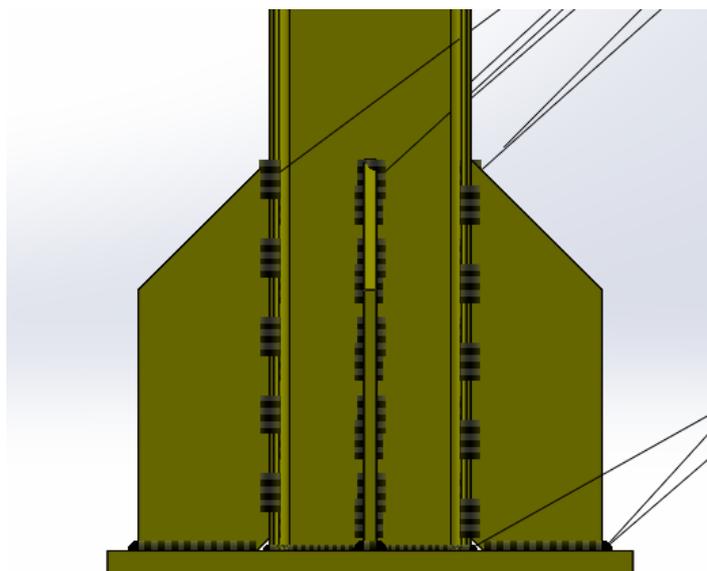
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{59.559}{\frac{31414 \cdot 19,05^2}{4}} = \frac{59.559}{285} = 208,9 \text{ MPa} \quad (7)$$

A tensão mínima de resistência do concreto onde os parafusos *parabolts* devem ser fixados é de no mínimo 20 MPa, conforme indicado no catálogo de chumbadores.

4.3.2.4 Resistência na solda das vigas I nas chapas base

Para fixar a viga I à chapa que estará ancorada pelos *parabolts* no solo é preciso soldar os dois componentes, conforme Figura 22.

Figura 22: Representação da solda das ancoragens laterais



Fonte: O autor, 2018.

De acordo com a NBR 8800 (ABNT, 2008), item 6.2.5.1, Tabela 8, para esta solda – que é do tipo penetração total plana horizontal com sendo tracionada e sofrendo esforço de cisalhamento na secção efetiva – a força resistente de cálculo F_w é calculada pela Equação 4, onde A_{MB} representa a área do metal base (produto do comprimento da solda pela espessura e do metal menos espesso) analisando todos os cordões de solda que unem a chapa base e a viga I, incluindo as mãos francesas, chega-se a um comprimento de solda de 1.811,12 mm; f_y é a menor resistência ao escoamento entre os metais-base da junta (segundo a tabela do fabricante de aço vale 250 MPa para o ASTM A-36); e γ_{a1} é coeficiente de ponderação das resistências, e conforme NBR 8800 (ABNT, 2008), item 4.8.2.3, Tabela 3, vale 1,1.

$$F_w = \frac{0,6 A_{MB} \cdot f_y}{\gamma_{a1}} \quad (8)$$

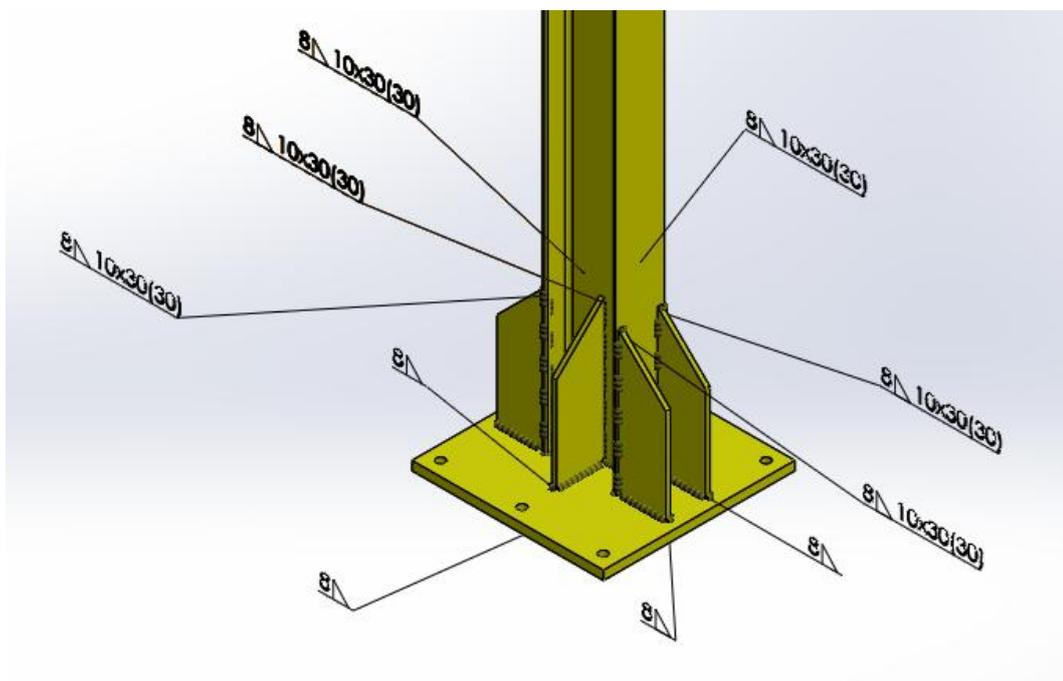
Para que não haja colapso do suporte devido a força exercida, a F_w deve ser superior a esta, ou seja, $F_w > F_{TP}$. Trocando F_w por F_{TP} encontra-se a área A_{MB} , necessária para resistir ao cisalhamento imposto pela força F_{TP} , conforme Equação 5.

$$A_{MB} = \frac{F_{TP} \cdot \gamma_{a1}}{0,6} \quad (9)$$

Substituindo os valores, encontra-se: $A_{MB} = 11.647,02 \text{ mm}^2$.

No perfil I escolhido tem-se um comprimento de solda de 1.811,12 mm, então pode-se chegar a espessura mínima da solda a ser feita. Tem-se então que $11.647,12 \text{ mm}^2 = 1.811,12 \text{ mm}$, o resultado para “e” fica igual a 6,43 mm, logo adota-se uma espessura padronizada imediatamente superior—que é de 8 mm. O desenho com os símbolos de solda está representado na Figura 23.

Figura 23: Simbologia de solda ancoragem principal

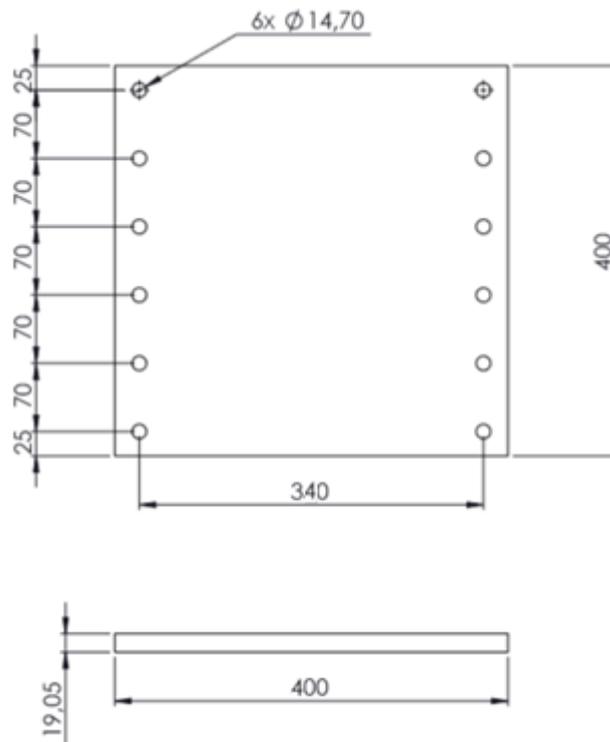


Fonte: O autor, 2018.

4.3.2.5 Verificação de cisalhamento na chapa de ancoragem

A verificação de cisalhamento da chapa base da ancoragem principal foi desenvolvida com base nas suas características mecânicas, aço SAE 1020, e dimensões conforme Figura 24.

Figura 24: Dimensões chapa fixação ancoragem principal



Fonte: O autor, 2018.

Calculou-se também, o dimensionamento da chapa para atender as necessidades de cisalhamento de acordo com o material proposto, conforme equações (10) e (11).

$$A_{chapa} = \frac{A}{b} = \frac{952,94}{10mm} = 95,294 \text{ mm} \quad (10)$$

Diâmetro da arruela:

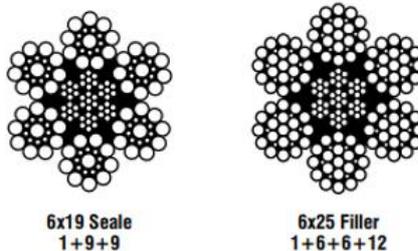
$$d = \frac{95,294}{\pi} = 30,33 \text{ mm} \quad (11)$$

4.3.3 Pontos de ancoragem

Para o cabo de aço utilizou-se uma especificação usual para este tipo de aplicação, desta forma o cabo de aço escolhido foi o Seale 6x19 AA, com diâmetro nominal de 9,5 mm e carga de ruptura de 6.860 kgf, conforme imagem do catálogo CIMAF de cabos de aço (Figura 25).

Figura 25: Catálogo cabos de aço CIMAF

1.7 Cabo de aço classe 6x19 - alma de aço



Diâmetro		Massa Aprox. (kg/m)	Carga de Ruptura Mínima (tf)	
mm	pol.		IPS	EIPS
3,2	1/8"	0,040	0,65	0,73
4,8	3/16"	0,096	1,46	1,64
8,0	5/16"	0,268	-	4,80
9,5	3/8"	0,352	-	6,86
11,5	7/16"	0,519	-	9,30
13,0	1/2"	0,685	-	12,10
14,5	9/16"	0,868	-	15,20
16,0	5/8"	1,058	-	18,70
19,0	3/4"	1,496	-	26,80
22,0	7/8"	2,036	-	36,10
26,0	1"	2,746	-	47,00
29,0	1.1/8"	3,447	-	59,00
32,0	1.1/4"	4,192	-	72,60
38,0	1.1/2"	6,009	-	103,30
42,0	1.5/8"	7,120	-	122,00
45,0	1.3/4"	8,368	-	141,00
52,0	2"	10,921	-	183,70

Fonte: Manual técnico – Cabos de aço, 2009.

Porém, de modo a verificar com precisão se o diâmetro está adequado, recalculou-se a tensão de tração para a força de 22,5 kN. Para este cálculo considera-se as informações da NR18 (BRASIL, 1978): resistência a tração mínima nos fios do cabo de aço 160 kgf/mm² e carga de ruptura dos fios do cabo de aço 5 vezes a carga máxima de trabalho, conforme item 16.2.1 da norma.

Como o cabo escolhido possui diâmetro de 3/8", busca-se nas tabelas de fabricantes de cabo de aço as especificações técnicas e compara-se os resultados de modo a verificar se estes estão atendendo aos requisitos do projeto. Conforme o catálogo técnico de cabos de aço da Cimaf, encontra-se os valores que forem maiores 22,5 kN de ruptura ou 2.291 kg.

Aplica-se o fator de segurança 3 para cabos estáticos (conforme página 23 deste catálogo). A escolha é do cabo 6x19 com alma de aço, cuja carga de ruptura mínima é de 6.860 kgf. Calcula-se então a área resistente do cabo, seguindo a

Equação 9, conforme página 24 do catálogo, onde F representa o fator de multiplicação (0,395) e d refere-se ao diâmetro nominal do cabo (9,52 mm).

$$A = F \cdot d^2 \quad (9)$$

Após a substituição dos valores, encontra-se uma área resistente de 35,8 mm². Calcula-se então a tensão, conforme Equação 10.

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} \\ \sigma &= \frac{6860 \text{ kgf}}{35,8 \text{ mm}^2} \\ \sigma &= 191,62 \text{ kgf/mm}^2 \end{aligned} \quad (10)$$

Verifica-se que 191,62 kgf/mm² > 160 kgf/mm², portanto, o cabo escolhido atende ao projeto.

CONCLUSÃO

Com o intuito de auxiliar a empresa na qual foi realizado o projeto, buscou-se adequar sua estrutura (utilizando os equipamentos nela existentes) com a legislação trabalhista, atendendo aos requisitos da norma regulamentadora NR35. Portanto, o presente trabalho buscou o desenvolvimento de uma melhoria das atividades que possuem riscos existentes na atuação direcionada a trabalho em altura em máquinas agrícolas, bem como propor ações em conformidade com a norma e devidos cálculos necessários, para reduzir ou eliminar os riscos de acidentes de trabalho.

Dessa forma, pode-se afirmar que os objetivos propostos puderam ser alcançados, uma vez que a elaboração dos cálculos permitiu o dimensionamento adequado da linha de vida em questão, que segue os padrões exigidos pela legislação vigente, de modo a garantir a segurança e integridade dos funcionários.

Como sugestão para trabalhos futuros, cita-se o desenvolvimento prático das propostas apresentadas, atendendo aos requisitos da categoria de segurança necessária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14628: Equipamento de proteção individual – trava-quedas retrátil: especificação e método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2000.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8800: Projeto de Estruturas de aço e de Estruturas Mistas de aço e de Concreto de edifícios.** Rio de Janeiro, 2008.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14629: Equipamento de proteção individual contra queda de altura – absorvedor de energia.** Rio de Janeiro, 2010.
- ALPIMONTE. **Linha de vida para trabalho em altura 20 metros.** Disponível em: <<https://www.alpimonte.net/trabalho/linhas-de-vida/LVM-20M>>. Acesso em: 03 de outubro de 2018.
- ARAÚJO, J. A. F. **Análise dos acidentes de trabalho do tipo quedas em altura na indústria da construção.** Tese (Mestrado), Universidade do Minho, 2011.
- BENTO, D. A. **Fundamentos de resistência dos materiais.** Curso Técnico de Mecânica, GEMM, CEFETSC, Florianópolis, 2003.
- BERNARDI, R. **Investigação numérica de flambagem em elementos esbeltos de perfis metálicos.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2007.
- BRANCHTEIN, M. C. Análise de riscos do uso de um sistema de proteção contra quedas com linha de vida horizontal como proteção de periferia na construção civil brasileira. **Laborare**, ano 1, n. 1, p. 151-179, 2018.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 18–Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção.** Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1978.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 35 – Trabalho em altura.** Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2012.
- CBIC; SECONCIBRASIL; SESI. Guia Prático para Cálculo de Linha de Vida e Restrição para a Indústria da Construção. **Serviço Social da Indústria**, Brasília, 2017.
- CLIMBING SERVICE. **Linha de vida: conheça os diferentes tipos.** Disponível em: <<https://climbingservice.com.br/linha-de-vida-tipos/>>. Acesso em: 03 de outubro de 2018.
- GIL, A. C. **Método e técnicas de pesquisa social.** 6ª. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2008.
- JOTA EQUIPAMENTOS. **Bandeja Secundária com Abas.** Disponível em: <http://www.ejota.com.br/produtos/bandejas_de_protecao/bandeja_secundaria_com_abas_250x080m_pu25x50x3mm.html>. Acesso em: 02 de outubro de 2018.
- LIMA, J. L. **Avaliação em trabalho com andaime suspenso da conformidade com a NR35 em obra de construção civil vertical.** Monografia (Pós-Graduação), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- O'BRIEN, R. **An Overview of the Methodological Approach ActionResearch.** 1988.

OSHA.OccupationalSafety& Health Administration. **FallProtection 1926.502. fallProtection Systems Criteria and Pratices.**Updated in 2016.Disponível em: <https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10758>. Acesso em: 27 de outubro de 2018.

PIRES, M. **Técnicas para projetar uma linha de vida horizontal para ponte rolante.** Monografia (Especialização), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

RADAR ENGENHARIA. **Engenharia de segurança do trabalho: nossa missão é sua segurança.** Disponível em: <<https://www.radarengenharia.com.br/engenharia-de-seguran%C3%A7a/>>. Acesso em: 02 de outubro de 2018.

RONCHI, P. G. **Diagnóstico de aplicação das normas regulamentadoras de segurança referentes aos trabalhos em altura.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

UFPR. **Resistência dos Materiais – Apostila I.** 2006. Disponível em: <<http://www.estruturas.ufpr.br/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.