

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

WESLEI MENDONÇA DE LIMA

**ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DA LINHA DE VIDA
HORIZONTAL E PONTO DE ANCORAGEM APLICADO NA
CONSTRUÇÃO DE UMA PONTE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2018

WESLEI MENDONÇA DE LIMA

**ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DA LINHA DE VIDA
HORIZONTAL E PONTO DE ANCORAGEM APLICADO NA
CONSTRUÇÃO DE UMA PONTE**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho”.

Orientador: Prof. M. Eng. Massayuki Mário Hara.

CURITIBA

2018

WESLEI MENDONÇA DE LIMA

**ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DA LINHA DE VIDA
HORIZONTAL E PONTO DE ANCORAGEM APLICADO NA
CONSTRUÇÃO DE UMA PONTE**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

Prof. MSc. Carlos Augusto Sperandio
Professor do CEEST, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara Catai (orientador)
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2018

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do

“A verdadeira motivação vem de realização, desenvolvimento pessoal, satisfação no trabalho e reconhecimento. ”

(Frederick Herzberg)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa, Mireli, pela força, incentivo, compreensão e carinho pelo tempo de ausência devido as aulas e trabalhos.

A minha família, por apoiar e colaborar com minhas decisões e nas horas difíceis.

Aos meus amigos de trabalho e do curso, pelo incentivo e companheirismo.

A Deus pela força diante das dificuldades.

RESUMO

Com grande expansão de obras de infraestrutura pelo país na área de rodovias e ferrovias, seja por investimento público ou concessões, existe como consequência demanda por maior segurança do trabalho na área da construção deste setor, especificamente para trabalho em altura este trabalho tem como objetivo a análise do dimensionamento e as condições de montagem da linha de vida horizontal e ponto de ancoragem aplicado na construção de uma ponte. Realizada visita na obra na fase de execução da laje superior da superestrutura, a partir desta etapa da obra que será avaliado os dispositivos de proteção contra queda de altura, com a coleta de dados dos sistemas já montados pela empresa responsável e em uso pelos funcionários. Na sequência realizado os cálculos para dimensionamento destas condições do dispositivo de proteção contra queda de acordo com as cargas solicitantes conforme dados de campo e análise destes resultados conforme as exigências das normas regulamentadoras NR18, NR 35 e normas complementares. Os resultados encontrados apontam condições que precisam ser melhorados ou substituídos nos dispositivos de segurança conforme estabelece as normas, na verificação do dimensionamento da linha de vida horizontal apresentou condições de uso com ressalvas, recomendações como diminuição do vão entre as ancoragens, utilização de trava queda retrátil para os funcionários e a correta montagem do dispositivo, pois o mesmo não atende a correta montagem dos terminais com grampos, sapatilhas e esticadores. Para ponto de ancoragem utilizado na obra, tubo de aço adaptado, não atende a demanda, foi proposto reforço com atirantamento ou substituição, o sistema desenvolvido pela própria empresa, também não apresenta os registros necessários do ponto de ancoragem e não apresenta ensaio conforme determina a norma NR 35. Outra sugestão de melhorias seria a disponibilização de procedimento para trabalho em altura na obra, juntamente com projeto de implantação de dispositivos para trabalho em altura, no qual apresentaria a boa prática de montagem para linha de vida horizontal, assim como acompanhamento de um profissional da área de segurança.

Palavras-chave: Dimensionamento. Linha de Vida. Ponto de Ancoragem. NR35.

ABSTRACT

With the great expansion of infrastructure works by the country in the area of highways and railways, whether by public investment or concessions, there is a consequent demand for greater job security in the area of construction of this sector, specifically for work at height. analysis of the design and the conditions of assembly of the horizontal lifeline and anchorage point applied in the construction of a bridge. A visit was made to the work in the execution phase of the upper slab of the superstructure, starting from this stage of the work, which will evaluate the fall protection devices, with the data collection of the systems already assembled by the company responsible and in use by the employees. In the sequence, the calculations were carried out for the design of these conditions of the fall protection device according to the requesting loads according to field data and analysis of these results according to the requirements of the regulatory standards NR18, NR 35 and supplementary standards. The results found point to conditions that need to be improved or replaced in the safety devices according to the norms, in verifying the dimensioning of the horizontal lifeline presented conditions of use with caveats, recommendations like reduction of the span between the anchorages, use of retractable fall lock for the employees and the correct assembly of the device, because it does not meet the correct assembly of the terminals with clamps, shoes and stretchers. For the anchorage point used in the work, adapted steel pipe, does not meet the demand, reinforcement was proposed with pulling or replacement, the system developed by the company itself, also does not present the necessary records of the anchorage point and does not present test as determined by standard NR 35. Another suggestion for improvements would be the provision of a procedure to work at a height in the work, together with a project to implant devices for work at a height, in which it would present the good assembly practice for horizontal lifeline, as well as a security professional.

Key-words: Dimensioning. Life Line. Anchorage point. NR35.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ponte.....	17
Figura 2 – Acidente por queda de desnível, trabalhador salvo pelo EPI.	21
Figura 3 – OSHA Prevention vídeo, Falls in Construction/Brigde Decking.....	22
Figura 4 – OSHA Prevention vídeo, Falls in Construction/Brigde Decking.....	23
Figura 5 – Exemplo guarda corpo.	24
Figura 6 – Exemplo de Guardo Corpo.....	24
Figura 7 – Cinto de Segurança tipo Paraquedista.....	25
Figura 8 – Talabarte tipo simples	26
Figura 9 – Talabarte tipo “Y” com Absorvedor.....	26
Figura 10 – Detalhe Absorvedor de Energia	27
Figura 11 – Trava-Queda Retrátil.....	28
Figura 12 – Acessório e EPI’s	29
Figura 13 – Zona Livre de Queda.....	30
Figura 14 – Fator de Queda	31
Figura 15 – Composição de Cabo.....	32
Figura 16 – Perfil Longitudinal detalhe da flecha.....	34
Figura 17 – Linha de Vida Temporária	35
Figura 18 – Linha de Vida Temporária	36
Figura 19 - Posicionamento correto da clipagem	36
Figura 20 - Grampo para Travamento.....	37
Figura 21 – Esticadores	37
Figura 22 – Sapatilho	38
Figura 23 – Projeto de Implantação da Ponte	40
Figura 24 – Vista longitudinal do Projeto da Ponte	41
Figura 25 – Vista Trasnversal da Projeto	41
Figura 26 – Detalhe ponto de ancoragem e linha de vida horizontal.....	42
Figura 27 – Detalhe ponto de ancoragem e linha de vida horizontal.....	43
Figura 28 – Detalhe ponto de ancoragem e linha de vida horizontal.....	43
Figura 29 – Implantação dos pontos de ancoragem	44
Figura 30 – Corte Longitudinal da obra com detalhe da linha de vida e o ponto de ancoragem	46
Figura 31 – Talabarte de Retenção de queda com Absorvedor de energia	47

Figura 32 – Detalha Flecha da linha de vida	49
Figura 33 – Detalhe do ponto de Ancoragem.....	50
Figura 34 – Detalha Flecha da linha de vida	52
Figura 35 – OSHA Prevention vídeo, Falls in Construction/Brigde Decking.....	53
Figura 36 – Detalhe reforço do ponto de Ancoragem.....	53
Figura 37 – Detalhe Ancoragem.....	53
Figura 38 – Detalhe Montagem Terminal do Cabo de Aço	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Total Inspeções Realizadas Em Segurança e Saúde no Trabalho, 2016.....	20
Tabela 2 - Total Inspeções Realizadas Em Segurança e Saúde no Trabalho, 2016.....	21
Tabela 3 - Fator de Segurança Utilizados Para Cabos de Aço	36
Tabela 4 – Valores para carga de ruptura para cabo de aço 6x19.....	50

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AA	Alma de Aço
ABS	Anti-lock Braking System
CA	Certificado de Aprovação
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPC	Equipamento de Proteção Coletivo
FQ	Fator de Queda
FS	Fator de Segurança
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
NR	Norma Regulamentadora
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
SESMT	Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
ZLQ	Zona Livre de Queda

LISTA DE SÍMBOLOS

A	área
D	distância
F	Força
H	altura
L	comprimento
Kn	quilonewton
M	momento
W	módulo de resistência
Δ	Variação
σ	tensão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	INFRAESTRUTURA.....	16
2.1.1	Obras de Arte Especiais	16
2.1.2	Estatísticas de acidentes	17
2.1.3	Acidentes com Queda de Desnível em Obras de Infraestrutura.....	20
2.1.4	Principais Tópicos da NR 35	21
2.2	DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA QUEDA	23
2.2.1	Dispositivos de Proteção Coletivas.....	23
2.2.2	Equipamentos de Proteção Individuais.....	24
2.3	LINHA DE ANCORAGEM HORIZONTAL.....	29
2.3.1	Força devido a queda	29
2.3.2	Zona Livre de Queda	30
2.3.3	Fator de Queda.....	31
2.3.4	Resistência em Cabos de Aço.....	31
2.3.5	Fator de Segurança	31
2.4	PONTO DE ANCORAGEM	35
2.4.1	Resistência dos Materiais.....	38
2.4.2	Módulo de resistência para tubos metálicos	38
2.4.3	Tensões Admissíveis.....	39
2.4.4	Cálculo da tensão de tração nos chumbadores.....	39
3	METODOLOGIA.....	40
4	RESULTADOS	45
4.1	CÁLCULO DA LINHA DE ANCORAGEM HORIZONTAL.....	45
4.1.1	Dados considerados para análise:.....	45
4.1.2	Cálculo para Zona Livre de Queda	46
4.1.3	Cálculo dos Esforços Solicitantes na Linha de Ancoragem	46
4.2	CÁLCULO DO PONTO DE ANCORAGEM	50
4.2.1	Cálculo do momento gerado no tubo metálico	50

4.2.2	Cálculo do módulo de resistência do tubo metálico.....	51
4.2.3	Cálculo da tensão no tubo metálico.....	51
4.2.4	Cálculo da força nos chumbadores	51
4.3	RECOMENDAÇÕES	52
5	CONCLUSÃO.....	55
	REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

A norma regulamentadora NR 35 que estabelece as condições mínimas para atividade de trabalho em altura foi publicada somente em março de 2012, sendo ainda recente a regulamentação e aplicação para trabalho em altura no Brasil, se comparado aos países desenvolvidos, no qual já existe grande quantidade de material, estudos e equipamentos nesta área.

Este trabalho foi elaborado pensando em maior segurança e condições para trabalhadores na área de construção pesada e infraestrutura, no qual o setor está em expansão. As concessões feitas nas malhas rodoviária e ferroviária prevê ampliações das vias para maior segurança e conforto dos usuários, também melhoria na produtividade no país.

O objetivo deste trabalho é realizar a verificação das condições de dimensionamento de linha de vida e ponto de ancoragem em um estudo de caso, sendo construção de uma ponte. A obra basicamente é composta por dois apoios, cinco vigas pré-moldadas executada próximo ao local, lajes pré-moldadas, laje superior, laje de aproximação e guarda-rodas.

A análise feita nesta obra foi na etapa de execução da laje superior, no qual os funcionários ficam expostos ao risco de queda e devem utilizar os dispositivos para trabalho em altura. Foi coletado as condições existentes no local e feita o cálculo dos esforços resistentes e solicitantes.

Com os resultados obtidos e feito análise dos resultados obtidos com as normas e condições necessárias para segurança dos trabalhadores, está sendo proposto algumas ressalvas e recomendações, sendo assim foi sugerido algumas configurações para melhorias nos dispositivos da linha de vida e ponto de ancoragem para próximas obras, assim como outro tipo de trava quedas e demais documentos necessários conforme determina a norma e não foram encontradas em campo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Objetivo geral deste trabalho é analisar as condições de dimensionamentos da linha de vida horizontal e ponto de ancoragem aplicada na construção de uma ponte.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Analisar o dimensionamento da linha de vida de acordo com os dados encontrados em campo;
- b) Analisar o dimensionamento dos pontos de ancoragem conforme dados encontrados em campo;
- c) Comparar os resultados dos dimensionamentos da linha de vida e ancoragens, com os utilizados na obra.
- d) Propor melhorias no sistema de segurança contra quedas existentes na obra.

1.2 JUSTIFICATIVA

Com a análise pretende-se apresentar a importância do planejamento para trabalho em altura, com estudo para fixação dos pontos de ancoragem, capacidade das ancoragens, assim como o dimensionamento adequado da linha de vida para cada projeto e do acompanhamento adequado na etapa do trabalho em altura nas obras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INFRAESTRUTURA

O setor da construção civil e obras de infraestruturas sempre foram de grande importância para economia e desenvolvimento do país, porém é uma parcela da economia brasileira que está entre as primeiras nos registros de estatísticas, no quesito, quantidade em acidentes do trabalho e dentro destes acidentes, uma das causas, muitas vezes são graves ou fatais e relacionadas a queda por diferença de nível. Surgimento de normas regulamentadoras específica como é o caso da norma regulamentadora 35, no qual regulamenta as diretrizes para o trabalho em altura ainda é recente no país, primeira publicação em 2012 (BRASIL, 2016).

Também a norma regulamentadora 18 que está relacionada a área de construção civil, cita no item 18.13 orientações para trabalho em altura, porém não aborda tantos detalhes quanto a NR 35 (BRASIL, 2016).

2.1.1 Obras de Arte Especiais

Com as concessões de rodovias houve grande crescimento nos investimentos da malha rodoviária como recuperação e ampliação, somado aos investimentos dos governos estaduais e federal, o setor da construção pesada também cresceu criando grande oferta de trabalho e conseqüentemente aumento na quantidade de acidentes do trabalho (BRASIL, 2018).

Construção de pontes e viadutos no qual se enquadra no grau de risco 4 da NR 4, CNAE 21.1, conforme quadro II (dimensionamento do SESMT), existe uma grande preocupação e atenção na área de segurança do trabalho, devido aos trabalhos serem de grandes interferências, equipamentos pesados e constante trabalho em altura assunto deste estudo (BRASIL, 2016).

Definição básica para este tipo de obra é a transposição de obstáculo para continuidade de uma via, sendo o obstáculo composto por água, exemplo um rio. A concepção do projeto se inicia com alguns dados básicos a serem analisados como: topografia do local, sondagens, levantamentos hidrológicos e hidráulicos, traçado do greide da via e outros dados complementares. Com isso se estuda a melhor solução economicamente e facilidade de execução (DER-SP, 1999).

Basicamente a composição da obra é dividida em infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura. Infraestrutura é composta pela fundação, mesoestrutura composta pelos apoios (blocos), superestrutura é composta pelas vigas longarinas, lajes e guarda rodas. As vigas longarinas são produzidas em local de fácil acesso para posterior transporte e lançamento até o local de implantação da ponte, posteriormente execução das lajes no local, exemplo na figura 1 (Osvaldemar Marchetti, 2008).



Figura 1 – Ponte
Fonte: O Autor, 2013.

2.1.2 Estatísticas de acidentes

Segundo Leme, o acidente por queda de altura está entre os principais acidentes fatais na indústria da construção e o posto de trabalho que mais entra para as estatísticas é a função de servente.

“As quedas com diferença de nível têm sido uma das principais causas de acidentes de trabalho graves e fatais do mundo, sendo que no Brasil é a principal causa de mortes na indústria. De acordo com Leme, os acidentes de trabalho provocados por quedas em altura na Indústria da Construção estão relacionados principalmente à ausência de proteções coletivas e procedimentos que visem a eliminação do perigo e até a capacitação e treinamento dos trabalhadores envolvidos na atividade.” Robinson complementa que “é comum observarmos trabalhadores com capacitações inadequadas para o desenvolvimento de atividades com o risco de queda em altura ou mesmo trabalhadores bem treinados, porém com recursos insuficientes para a realização desses serviços”. (VII CMATIC –

Congresso Nacional sobre Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção, Robinson Lema, 2016).

Conforme tabela 1 extraída do sistema federal de inspeção do trabalho, o setor econômico com maior quantidade de embargos/interdições é da construção, com elevada quantidade de acidentes (BRASIL, 2016).

Tabela 1 - Total Inspeções Realizadas Em Segurança e Saúde no Trabalho, 2016.

Setor Econômico	Ações Fiscais	Trabalhadores Alcançados	Notificações *	Autuações **	Embargos / Interdições	Acidentes Analisados
Agricultura	3.478	281.958	6.395	4.585	75	51
Comércio	13.941	921.922	9.083	9.636	289	149
Construção	12.584	985.133	4.290	24.340	1.570	298
Educação	1.118	149.127	410	432	5	7
Hotéis/Restaurantes	2.945	198.921	1.737	1.967	75	23
Ind. Alimentos	2.084	638.376	3.116	4.356	143	111
Ind. Madeira e Papel	470	56.506	364	892	45	33
Ind. Metal	2.727	729.094	1.815	4.187	179	115
Indústria Mineral	1.135	206.781	2.545	2.571	90	54
Ind. Químicos	1.038	260.478	703	1.559	56	53
Ind. Tecido e Couro	932	145.601	308	982	22	16
Indústrias - Outras	763	67.262	701	893	53	20
Instituições Financeiras	633	1.044.109	252	607	5	3
Saúde	1.788	548.562	818	2.080	46	11
Serviços	3.594	1.231.796	1.766	3.156	85	97
Transporte	3.528	808.304	2.146	3.745	82	90
Outros	1.738	415.037	619	1.612	57	25
TOTAL	54.496	8.688.967	37.068	67.600	2.877	1.156

Fonte: Sistema Federal de Inspeção do Trabalho (Ministério do Trabalho - 2016)

Na tabela 2 (divisões “Construção de edifícios e “Obras de infra-estrutura”) também do site do ministério do trabalho, mostra a área da construção de edifícios mais obras de infraestrutura como uma das maiores em notificações com total de 3.482 (10%), autuações 21.385 (34%), embargos/interdições 1.426 (54%) e

acidentes analisados 171 (20%), a tabela está dividida por CNAE por ações com mínimo de cinco ementas de NR-SST (BRASIL, 2016).

Tabela 2 - Total Inspeções Realizadas Em Segurança e Saúde no Trabalho, 2016.

Setor Econômico	Ações Fiscais	Trabalhadores Alcançados	Notificações *	Autuações **	Embargos / Interdições	Acidentes Analisados
Agricultura, pecuária e serviços relacionados	2.880	241.534	5.861	3.789	59	38
Produção florestal	152	7.285	202	476	8	2
Pesca agricultura	170	4.041	318	162	1	
Extração de carvão mineral	5	1.438	2	50	1	
Extração de petróleo e gás natural	15	63.727		98	4	
Extração de minerais metálicos	10	4.116		85		
Extração de minerais não-metálicos	128	10.235	114	612	15	11
Atividades de apoio à extração de minerais	44	11.059		49		
Fabricação de produtos alimentícios	1.440	480.020	3.017	3.971	124	87
Construção de edifícios	7.847	468.406	3.087	18.777	1.362	120
Obras de infraestrutura	1.015	252.966	395	2.608	64	51
Serviços especializados para construção	2.122	92.860	732	2.226	85	44
Atividades artísticas, criativas e de espetáculos	18	3.155	2	60	1	
Serviços domésticos	10	185		3		
TOTAL	38.302	5.690.667	35.717	62.576	2.636	850

Fonte: Sistema Federal de Inspeção do Trabalho (Ministério do Trabalho - 2016)

Com destaque para os embargos e interdições que representam mais da metade analisado, conclui-se a gravidade das condições de trabalho encontrado pelo ministério do trabalho, pois o mesmo indica a falta de segurança ou condições mínimas exigidas pelas normas e legislação, prevista na NR 3 embargo e

interdições, refere-se à adoção de medidas de carácter imediato assim que detectado problemas graves e risco iminente ao trabalhador (BRASIL, 2011).

2.1.3 Acidentes com Queda de Desnível em Obras de Infraestrutura

Conforme Leme apresenta no seu artigo, os trabalhadores na função de servente são os que mais sofrem acidentes, causado devido a diferença de nível, possivelmente despreparados por falta de treinamento e procedimentos fornecidos a eles (Robinson Lema, 2016).

Notícia vinculada no site do jornal da Tribuna do Paraná no dia 25/01/2018, por Lucas Sarzi, traz uma reportagem de um acidente de trabalho por queda de desnível ocorrido na construção de um viaduto, localizado na rodovia João Jacomel, cidade de Pinhais-PR. O homem estava trabalhando na parte superior da estrutura do viaduto em obras, quando desequilibrou e caiu.

Os trabalhadores estavam utilizando cinto de segurança e foi devido ao equipamento de proteção individual que o salvou de uma possível fratura mais grave ou até mesmo a óbito. Devido ao impacto da queda o trabalhador sofreu lesões na área da costela, o corpo de bombeiro foi acionado para realizar o resgate e primeiros socorros, posteriormente encaminhado ao hospital.

Segundo ainda a reportagem, o capitão dos bombeiros disse na entrevista que constatou no local que todos os funcionários utilizavam os equipamentos de proteção individual assim como as proteções coletivas estavam adequadas, o que foi decisivo na proteção do trabalhador que sofreu o acidente, na figura 2 mostra o atendimento sendo realizado no local do acidente (Jornal Tribuna do Paraná, 2018).



**Figura 2 – Acidente por queda de desnível, trabalhador salvo pelo EPI.
Fonte: Tribuna do Paraná, 2018.**

2.1.4 Principais Tópicos da NR 35

A norma regulamentadora NR 35 deve ser trabalhada em seis tópicos principais, de forma resumida são elas:

- a) Objetivo e aplicação;
Define os parâmetros mínimos no qual se enquadra trabalho em altura.
- b) Responsabilidades;
Estabelece os deveres dos empregadores e dos empregados quanto ao atendimento para trabalho em altura.
- c) Capacitação e Treinamento;
Condiciona o mínimo de treinamento e orientação para tornar o trabalhador apto ao trabalho em altura.
- d) Planejamento, organização e execução;
Neste item, é feita a orientação quanto as obrigações do empregador em aplicar os procedimentos para trabalho em altura, como por exemplo, verificar a aptidão do trabalho em altura dos trabalhadores, supervisão do trabalho em altura por profissional habilitado, elaboração de análise de risco e permissão de trabalho.
- e) Sistema de Proteção Contra quedas;

O princípio básico do sistema de proteção citado pela norma é de sempre que não for possível evitar o trabalho em altura, deve ser adotado o sistema de proteção coletivo e ou individual. Tipo de equipamento (EPI) no qual deve ser utilizado, dados necessários no equipamento de proteção e esforços máximos. A norma também apresenta procedimento para acesso com corda anexo I, e sistema de ancoragem no anexo II.

f) Emergência e salvamento.

Determina as condições de socorro e resgate, elaboração de plano de emergência, quem está capacitado para efetuar salvamento em situações de acidentes. No caso do acidente relatado acima foto 2, os funcionários acionaram corpo de bombeiro para resgate do trabalhador que sofreu a queda (BRASIL, 2016).

Figura 3 e 4 extraídos da Occupational Safety and Health Administration, no qual apresenta vários vídeos de prevenção contra acidentes de trabalho, este específico contra queda de altura.



Figura 3 – OSHA Prevention vídeo, Falls in Construction/Brigide Decking
Fonte: Occupational Safety and Health Administration, 2017.

Na falta de planejamento, profissionais capacitados e responsável pela inspeção, supervisão, muitas vezes eleva o risco de acidente, o operador ou trabalhador está concentrado na produção, na frente de serviço, e a falta de

treinamento e capacitação pode ocasionar grande exposição de risco de vida (OSHA, 2017).



Figura 4 – OSHA Prevention vídeo, Falls in Construction/Brigde Decking
Fonte: Occupational Safety and Health Administration, 2017.

2.2 DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA QUEDA

O sistema de proteção contra quedas pode ser coletivo ou individual, sempre com prioridade para a proteção coletiva como por exemplo a possibilidade de instalação de guarda corpo, conforme estabelece a NR 35 (BRASIL, 2016).

2.2.1 Dispositivos de Proteção Coletivas

Dispositivo contra queda em desnível muito utilizado nas obras em geral é o guarda corpo de madeira, também previsto na NR 18, faz algumas recomendações quanto a montagem do guarda corpo, no item 18.13.5 da NR 18 o guarda-corpo deve ter 1,20m de altura na travessa superior, já na travessa intermediária 0,70m e rodapé com 0,20m e tela tipo cerquite para fechamento, representado na figura 5. Também no manual de procedimentos da Fundacentro recomenda várias formas de montagem e boas técnicas com relação a proteção coletiva (FUNDACENTRO, 2003).

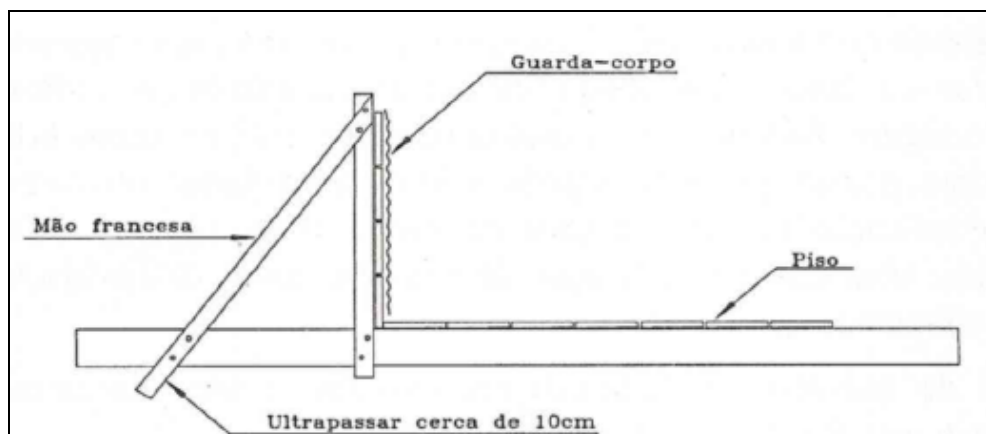


Figura 5 – Exemplo guarda corpo.

Fonte: Medidas de Proteção Contra Quedas de Altura (Fundacentro, 2003, p. 16).

No caso da obra em estudo foi projetado um guarda corpo utilizando próprio escoramento disponível representado na figura 6, nesta etapa já era possível a utilização desta solução devido as lajes superiores já estarem concretadas e inicia nova etapa de execução das barreiras de concreto laterais. Conforme recomendado pela NR 18 foi executado com as três proteções, travessa superior, travessa intermediária e rodapé (BRASIL, 2015).

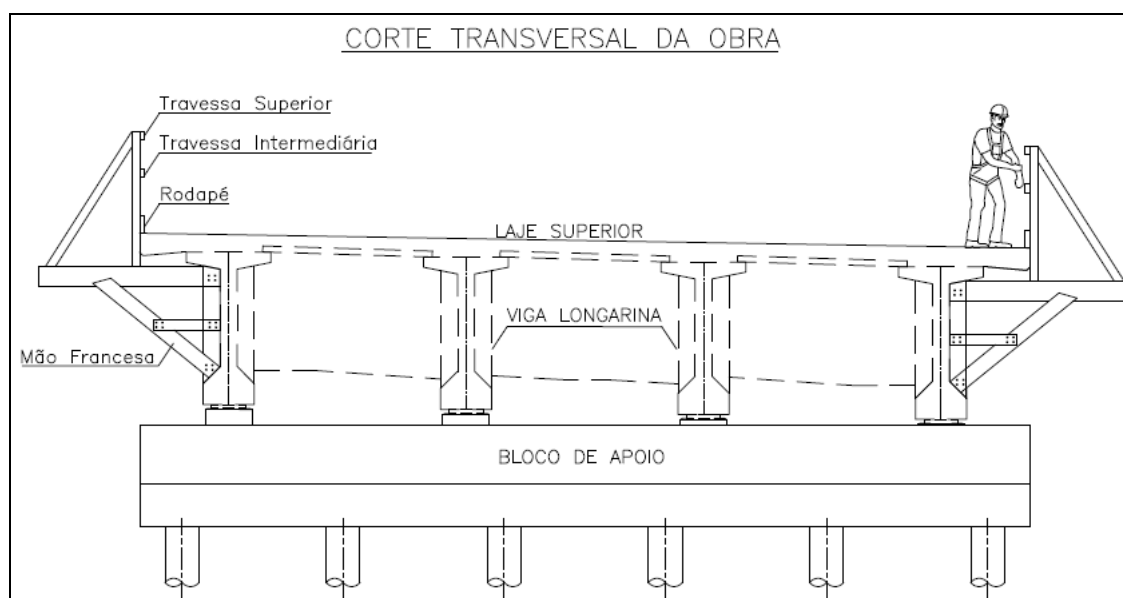


Figura 6 – Exemplo de Guardo Corpo

Fonte: O autor, 2018.

2.2.2 Equipamentos de Proteção Individuais

O sistema de proteção individual deve ser utilizado na impossibilidade de o sistema de proteção contra queda coletivo não for completamente eficiente ou em

situações de emergência conforme determina a NR35. O SPQI é definido em quatro classificações principais: restrição de movimentação; retenção de queda; posicionamento no trabalho e acesso por cordas. Também faz parte da composição de todos SPQI o sistema de ancoragem e elemento de ligação (BRASIL, 2016).

Conforme norma NR 35 especifica no item 35.5.6. Os equipamentos de proteção individual devem ser inspecionados na aquisição e periodicamente. Ainda no item 35.5.9, o cinto de segurança deve ser do tipo paraquedista, exemplo na figura 7 (BRASIL, 2016). Pela norma NBR 15834, divide os tipos de talabarte (ABNT, 2010).



Figura 7 – Cinto de Segurança tipo Paraquedista
Fonte: Catálogo Honeywell, 2015.

Talabarte tipo simples: composto de apenas um ponto de engate o que limita a movimentação do trabalhador em apenas um ponto fixo, conforme figura 8.



Figura 8 – Talabarte tipo simples
Fonte: Catálogo Honeywel, 2015.

Talabarte duplo: composto com dois engates, indicado para necessidade de movimentação do trabalhador, podendo ser tipo “Y” ou “V”, conforme figura 9.



Figura 9 – Talabarte tipo “Y” com Absorvedor
Fonte: Catálogo Honeywell, 2015.

Existe no mercado vários tamanhos e modelos para talabarte, sendo necessário a escolha adequada compatível com a necessidade do local e utilização. O princípio do talabarte duplo conforme figura 9 é que o usuário esteja a todo momento conectado no dispositivo de segurança seja linha de ancoragem horizontal ou pontos fixos de ancoragens (Honeywell, 2015).

O item 35.5.7 da norma regulamentadora NR 35, estabelece a condição de que o trabalhador pode sofrer no máximo um impacto de 6kN de força sobre seu corpo no momento da queda de desnível, devendo assim ser utilizado absorvedor de energia conforma figura 10, abs (absorvedor) integrado ao talabarte, no qual minimiza o impacto de força exercida sobre o trabalhador (BRASIL, 2016).



Figura 10 – Detalhe Absorvedor de Energia

Fonte: Catálogo Altiseg, 2009.

No próprio absorvedor (etiqueta), está especificado ao usuário a zona livre de queda necessário para o uso do equipamento, pois cada fabricante pode variar o comprimento do dispositivo, devendo sempre o responsável (SESMET) realizar esta verificação, assim como checagem rotineira, pois o mesmo pode sofrer com exposição as intempéries e produtos corrosivos. A NBR 14629 regulamenta as especificações mínimas do absorvedor de energia, podendo o absorvedor ser integrado ao talabarte ou separado (ABNT, 2010).

Trava queda retrátil conforme figura 11 é normatizado pela NBR 14628, no qual especifica ensaios, marcação e instrução de uso do EPI (BRASIL, 2010). Objetivo de trava queda retrátil é travar automaticamente quando o usuário sofre uma queda, segundo a NR 18 o ponto de ancoragem deve suportar no mínimo uma carga de 1.500kgf (BRASIL, 2015). No equipamento deve haver o CA (certificado de aprovação), orientações sobre o uso, manutenção, limpeza e armazenagem conforme determina NR 6 (BRASIL, 2017).



Figura 11 – Trava-Queda Retrátíl
Fonte: Catálogo Altiseg, 2009.

Além dos equipamentos de proteção individual obrigatórios para trabalho em altura como capacete, óculos, luva, existem também alguns acessórios complementares como as bolsas para guarda dos EPI's e ferramentas, importante na conservação dos equipamentos, pois mesmo com os armários disponíveis nos canteiros de obras, em muitos casos inexistentes, os equipamentos ficam expostos a produtos que podem acelerar o desgaste dos equipamentos, devendo ser descartados ou substituídos antes do previsto. Na figura 12 tem exemplo de alguns itens para trabalho em altura, além dos obrigatórios (Altiseg, 2009).



Figura 12 – Acessório e EPI's
Fonte: Catálogo Altiseg, 2009.

2.3 LINHA DE ANCORAGEM HORIZONTAL

Para análise do estudo deste trabalho, utilizou-se fórmulas de resistência dos materiais de acordo com monografia “Técnica para Projetar uma Linha de Vida Horizontal para Ponte Rolante” (Mauricio Pires, 2014). Também consultado e utilizado para cálculo de resistência para carga máxima e coeficiente de segurança aplicados a linha de vida, o manual do fabricante de cabos de aço da Cimaf (Cimaf, 2009).

2.3.1 Força devido a queda

Para cálculo da força exercida no cabo de aço no momento da queda:

$$F = m \times a \times h \quad (1)$$

F = força devido a queda do trabalhador;

m = massa do trabalhador;

a = aceleração da gravidade;

h = altura de queda.

2.3.2 Zona Livre de Queda

De acordo com a NR 35, zona livre de queda é a distância entre o ponto de ancoragem e o obstáculo mais próximo de um possível impacto, ou seja, seria a somatória do comprimento do talabarte, absorvedor, distância do ponto de conexão no cinto do trabalhador e seus pés (aproximadamente 1,50 metros) e mais altura de 1,00 metro de segurança (BRASIL, 2016).

Fórmula para zona livre de queda:

$$\text{ZLQ} = \text{comprimento talabarte} + \text{absorvedor} + \text{ponto de conexão do cinturão e o pé do usuário} + \text{altura de segurança } 1,00\text{m} \quad (2)$$

Na figura 13 está representado uma possível queda exemplificando as distâncias percorridas pelo usuário conforme fórmula (2).

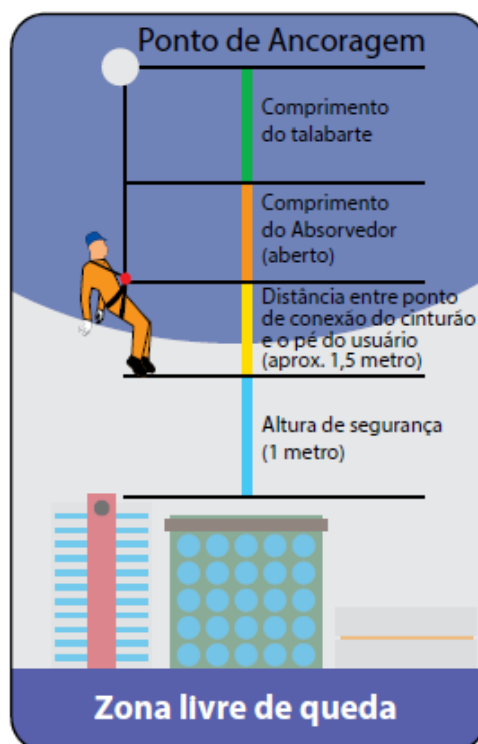


Figura 13 – Zona Livre de Queda
Fonte: Hércules by Ansell, 2017.

2.3.3 Fator de Queda

Deve ser feita uma avaliação do local e a relação entre a possível altura de queda e o comprimento do talabarte, no qual define-se como fator de queda, conforme figura 14. Fator de queda maior que 1 é recomendável utilização do absorvedor de energia conforme determina a norma NR 35, para que não exceda a força de impacto ao trabalhador de 6kN (BRASIL, 2016).

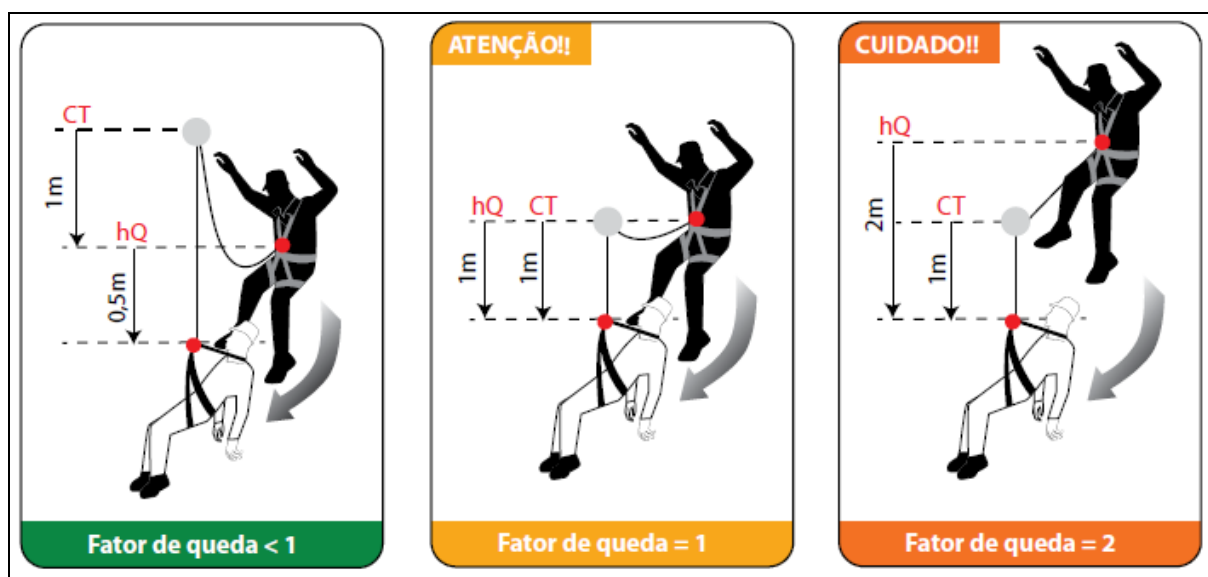


Figura 14 – Fator de Queda
Fonte: Hércules by Ansell, 2017.

Para cálculo do fator de queda utiliza-se a seguinte fórmula conforme norma NR 35 (BRASIL, 2016):

$$\text{Fator de Queda} = (\text{altura da queda}) / (\text{tamanho talabarte}) \quad (3)$$

2.3.4 Resistência em Cabos de Aço

A composição básica dos cabos é constituído por número de pernas e número de arames em cada perna, conforme figura 15. No caso do estudo em questão foi utilizado cabo do tipo 6 x 19, no qual possui 6 pernas com 19 arames cada manual técnicos de cabos de aço (Cimaf, 2009).

2.3.5 Fator de Segurança

Fator de Segurança.

O fator de segurança (FS) é definido pela seguinte fórmula, conforme manual Cimaf:

$$FS = CRM / CT \quad (4)$$

CRM = carga de ruptura mínima do cabo;

CT = carga de trabalho.

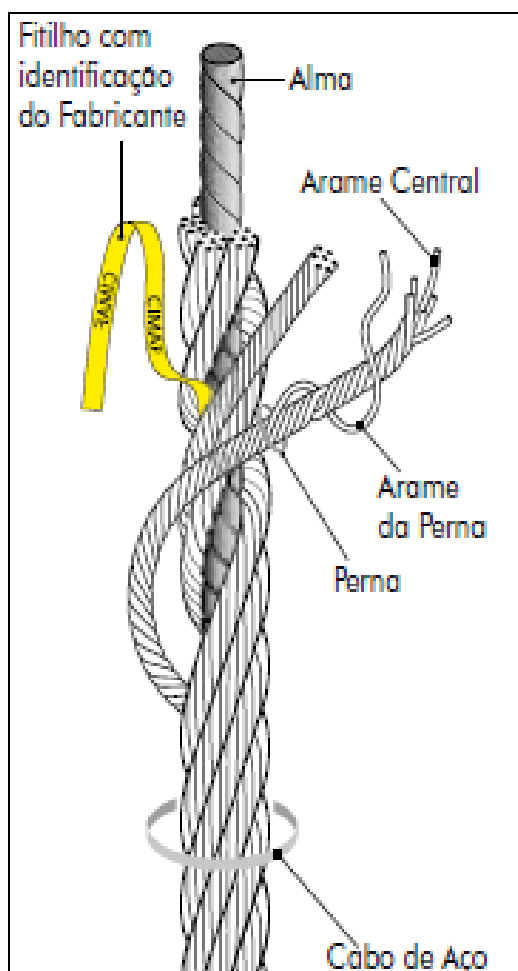


Figura 15 – Composição de Cabo
Fonte: Cimaf, 2009.

A NR 18 cita no item 18.16.21 que os cabos de aço devem suportar no mínimo, 5 (cinco) vezes a carga máxima de trabalho a que estiverem submetidas a resistência a tração ou 160kgf/mm² (BRASIL, 2010).

Pelo manual técnico de cabos Cimaf, existem dois tipos de deformação que devem ser considerados, seria a deformação estrutural e a elástica. Deformação estrutural: é a deformação permanente ocorrida no cabo devido a carga de trabalho exercido sobre o cabo, este tipo de deformação acontece logo na primeira etapa de carga no cabo. Já a deformação elástica está relacionada as variáveis físicas do

cabo como: comprimento do cabo, carga aplicada, módulo de elasticidade e área metálica, conforme fórmulas abaixo, conforme manual técnico de cabos aço (Cimaf, 2009):

Deformação estrutural:

$$\Delta L_{\text{estr.}} = \text{Carga aplicada} \times (0,50\% \text{ a } 0,75\%) \quad (5)$$

Carga aplicada para deformação estrutural = peso cabo (kg/m) x comprimento (m)

Deformação Elástica:

$$\Delta L_{\text{elast.}} = (P \times L) / (E \times A_m) \quad (6)$$

ΔL = deformação elástica;

P = carga aplicada;

L = comprimento do cabo;

E = módulo de elasticidade;

A_m = área metálica.

Para área metálica é considerado o diâmetro nominal do cabo de aço pelo fator de multiplicação.

$$A_m = d \times F \quad (7)$$

F = fator de multiplicação dado pela tabela 01;

D = diâmetro nominal do cabo aço.

Na sequência com os valores calculados da deformação elástica e a deformação estrutural, somam os dois para deformação total:

$$\Delta L_{\text{total}} = \Delta L_{\text{estrutural}} + \Delta L_{\text{elástica}} \quad (8)$$

Em seguida com a deformação total determinada calcula-se a flecha no cabo devido a deformação conforme figura 16.

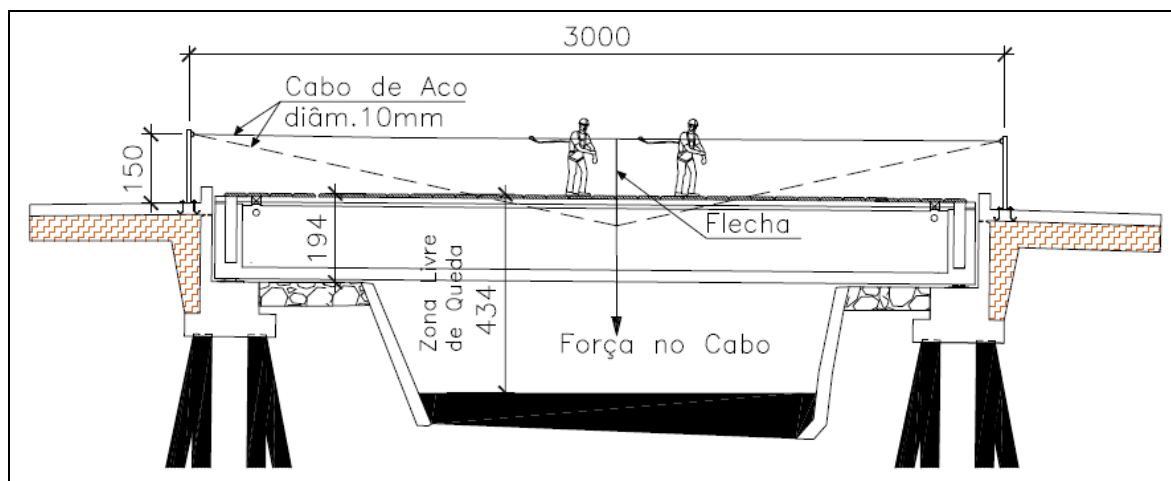


Figura 16 – Perfil Longitudinal detalhe da flecha
Fonte: O autor, 2017.

Para cálculo da flecha no cabo de aço aplica-se teorema de Pitágoras:

$$\Delta L_{\text{considerado}} = \Delta L_{\text{total}} / 2$$

$$\text{Flecha} = \sqrt{(\Delta L_{\text{considerado}})^2 - (\Delta L)^2} \quad (9)$$

O fator de segurança utilizado para cálculo da linha de ancoragem será 5 conforme tabela 3 e norma NR 18, cabo para tração no sentido horizontal conforme manual técnico de cabos de aço (Cimaf, 2009).

Tabela 3 - Fator de Segurança Utilizado para Cabo de Aço

Aplicações	Fatores de Segurança
Cabos e cordoalhas estáticas	3 a 4
Cabo para tração no sentido horizontal	4 a 5
Guinchos, guindastes, escavadeiras	5
Pontes rolantes	6 a 8
Talhas elétricas	7
Guindaste estacionário	6 a 8
Laços	5 a 6
Elevadores de obra	8 a 10
Elevadores de passageiros	12

Fonte: Cimaf, 2009.

2.4 PONTO DE ANCORAGEM

A montagem e escolha do sistema deve ser feita por profissional habilitado, devendo ser feita análise de risco.

Já a NR 18 apresenta a resistência mínima para pontos de ancoragem que devem ser utilizados. No item 18.15.56.2, estabelece o valor de 1.500kgf como força mínima de suporte para um ponto de ancoragem (BRASIL, 2015). Nas figuras 17 e 18 apresenta algumas soluções para o sistema de ancoragem em obras de pré-moldados de concreto.

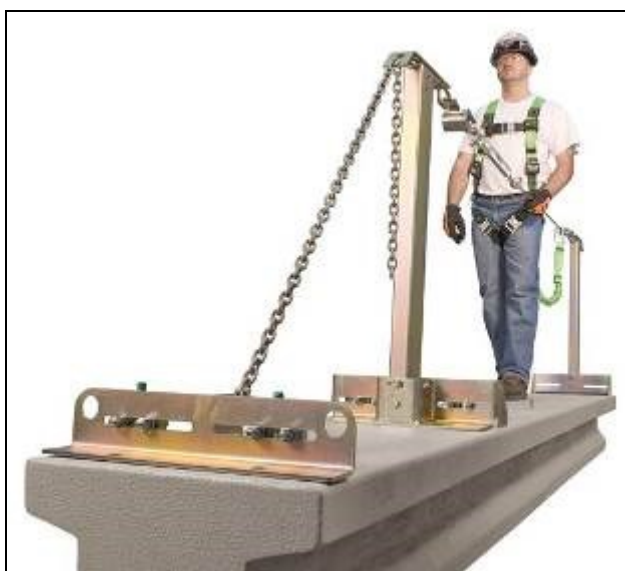


Figura 17 – Linha de Vida Temporária
Fonte: Height Dynamics, 2017.

De acordo com o anexo II da NR 35 o sistema de ancoragem deve ter identificação do fabricante, meio de rastreabilidade (número de lote ou série), número máximo de trabalhadores conectados simultaneamente ou força máxima aplicável. Ainda segundo a NR 35 no anexo II (Sistema de Ancoragem), caso o sistema de ancoragem não contenha as informações necessárias, deve-se submeter o sistema de ancoragem a ensaios sob responsabilidade de profissional habilitado (BRASIL, 2016).



Figura 18 – Linha de Vida Temporária
Fonte: Peak Supply Company, 2017.

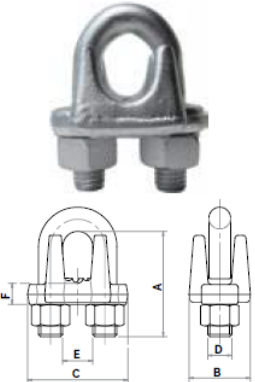
Conforme a NBR 11900-1, NBR 11900-4 e NBR 8029 determina a utilização dos terminais para cabo de aço, também os ensaios e condições mínimas de resistência e fadiga para os olhais e grampos. Na figura 19 apresenta exemplo de posicionamento correta da clipagem para terminais de cabo de aço para uma linha de vida (ABNT, 2017).



Figura 19 - Posicionamento correto da clipagem
Fonte: Cabopec, 2017.

Para utilização de grampos se aplica a NBR 11900-4, necessário a verificação do diâmetro do cabo para seleção da melhor opção assim como também a quantidade de grampos (recomendável sempre mínimo de três) e o torque

suficiente para travamento do cabo. Conforme figura 20, apresenta o torque mínimo necessário, quantidade de grampos compatível com as dimensões do cabo utilizado (ABNT, 2016).

Grampo Pesado	Ø Cabo Aço Pol.	Dimensões aproximadas (mm)						Torque (Nm)	N° de Grampos	
		A (min.)	B (min.)	C (min.)	E (min.)	F (min.)	D			
							(pol.)	(mm.)		
	1/8"	18	16	20	5,3	5,0	1/4"	M6	6,1	2
	3/16"	24	21	27	8,0	7,0	1/4"	M6	10,2	2
	1/4"	26	26	33	8,6	9,0	5/16"	M8	20,3	2
	5/16"	33	33	41	11,3	10,0	3/8"	M10	40,7	3
	3/8"	38	35	43	11,9	11,0	3/8"	M10	61,0	3
	7/16" - 1/2"	48	41	51	15,5	13,0	1/2"	M12	88	3
	5/8"	60	48	60	18,6	14,0	9/16"	M14	129	3
	3/4"	70	54	68	21,8	16,0	5/8"	M16	176	4
	7/8"	79	61	82	24,9	18,0	3/4"	M20	305	4
	1"	89	64	86	29,0	21,0	3/4"	M20	305	5
	1 1/8"	98	67	90	30,5	22,0	3/4"	M20	305	6
	1 1/4"	108	72	97	35,0	22,0	7/8"	M22	488	7
	1 3/8"	117	75	100	38,4	23,0	7/8"	M22	488	7
	1 1/2"	125	78	104	41,0	24,0	7/8"	M22	488	8
	1 5/8"	135	86	115	42,0	25,0	1"	M24	583	8
	1 3/4"	146	96	128	47,5	26,0	1 1/8"	M27	800	8
	2"	164	100	144	56,0	29,0	1 1/4"	M30	1017	8

2 1/4" e acima Consulte opções disponíveis

Para cotas precisas e outros tamanhos consulte nosso departamento técnico.
Segundo ABNT NBR 11900-4: 2016, A utilização do Grampo pesado deve ser limitada a movimentações horizontais, cabos estáticos e para fixação da extremidade do cabo em equipamentos de elevação o de carga.

Figura 20 - Grampo para Travamento
Fonte: Cabopec, 2017.

Para diminuição da catenária do cabo de aço, é utilizado esticadores representados na figura 21. A NBR 8029 determina as especificações para a carga de trabalho para cada tamanho e de acordo com o diâmetro do cabo utilizado (ABNT, 2013).



Figura 21 – Esticadores
Fonte: Cabopec, 2017.

Os sapatilhos são obrigatórios na montagem do cabo para que possa evitar esforço excessivo do cabo com a ligação no ponto de ancoragem ou esticador, caso não seja utilizado a sapatilha nas ligações o raio formado na ligação do cabo com o ponto de ancoragem pode ocasionar uma tensão excessiva e ocorrer desgaste ou

até rompimento, conforme determina a norma NBR 11900-1 (ABNT, 2013). Na figura 22 representado sapatilha de diversos tamanhos disponíveis (Cabopec, 2017).

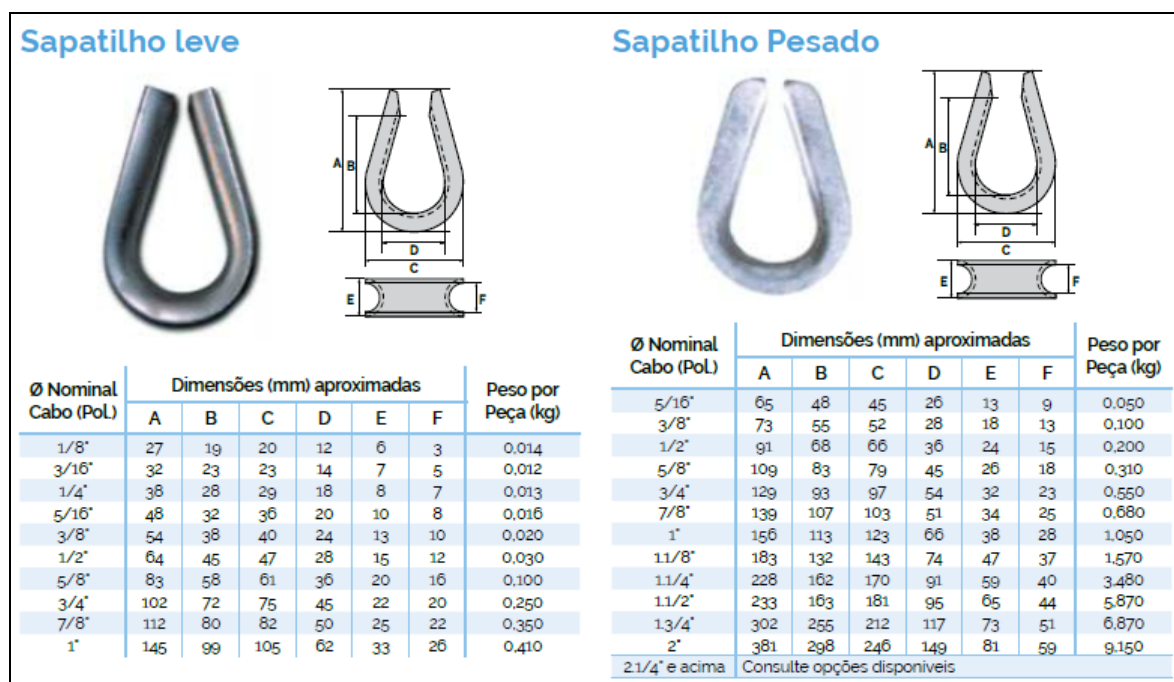


Figura 22 – Sapatilho
Fonte: Cabopec, 2017.

2.4.1 Resistência dos Materiais

Para dimensionamento do ponto de ancoragem, utilizado as fórmulas de resistência dos materiais da monografia “Técnicas Para Projetar uma Linha de Vida Horizontal para Ponte Rolante” (Pires, 2014). Também com base nas fórmulas e conceitos de estrutura metálicas para resistência de tubos e módulo de resistência da peça e tensões admissíveis “Estrutura Metálica – Construção com Tubos” (Meyer, 2002) e “Estrutura de Aço” (Pfeil, 2009).

2.4.2 Módulo de resistência para tubos metálicos

Fórmula aplicado para resistência de tubos metálicos:

$$W = (\pi \times (D^4 - d^4)) / (32 \times D) \quad (10)$$

W = Módulo de resistência;

D = diâmetro externo do tudo;

d = diâmetro interno do tubo.

2.4.3 Tensões Admissíveis

Fórmula para cálculo da tensão no tubo de ancoragem. Para cálculo dos esforços e verificação está sendo considerado o aço de média resistência MR250 $f_y=250\text{MPa}$ ou $f_y = 2.500\text{kgf/cm}^2$, logo a $\sigma_{\text{max}} = 2.500\text{kgf/cm}^2$.

Para verificação será calculado a tensão solicitante e comparada ao da tensão máxima de escoamento do aço.

$$\text{Tensão solicitante: } \sigma = M/W \quad (11)$$

σ = tensão do tubo;

M = momento na peça;

W = módulo de resistência.

2.4.4 Cálculo da tensão de tração nos chumbadores

Para cálculo das forças transmitidas para chumbadores será a carga aplicada na ancoragem dividido pela quantidade de parafuso.

$$F = C / 2 \quad (12)$$

Aço considerado como CA50, tem tensão tração admissível sem coeficiente de segurança igual a 5.000kgf/cm^2 . Para cálculo da tensão de qualquer diâmetro será seguido a seguinte fórmula:

$$C_{\text{adm}} = A \times \sigma \quad (13)$$

C = Carga máxima para barra de aço;

A = área da seção da barra;

σ = tensão do aço (5.000kgf/cm^2).

3 METODOLOGIA

O objetivo deste estudo é analisar as condições de dimensionamento e adequação de linha de vida e do ponto de ancoragem conforme NR 35. Em algumas situações que não seja possível a implantação de guarda corpo é utilizado linha de ancoragem em algum ponto para acesso dos trabalhadores que é o caso deste estudo.

A elaboração do estudo foi feita com base em diversas consultas de livros, normas e monografia conforme bibliografia e citações.

Em primeira análise será feita a verificação do dimensionamento da linha de vida e ponto de ancoragem. Conforme determina a NR35 item 35.5.2: “O sistema de proteção contra queda deve: d) ter resistência para suportar a força máxima aplicável prevista quando de uma queda” (BRASIL, 2016).

Para melhor compreensão do dimensionamento é necessário conhecer os projetos da obra assim como o local, na figura 23 ilustra o projeto de implantação da obra sendo dois apoios “E-1” e “E-2”, cinco vigas longarinas com altura 1,80 e comprimento 30,00 metros.

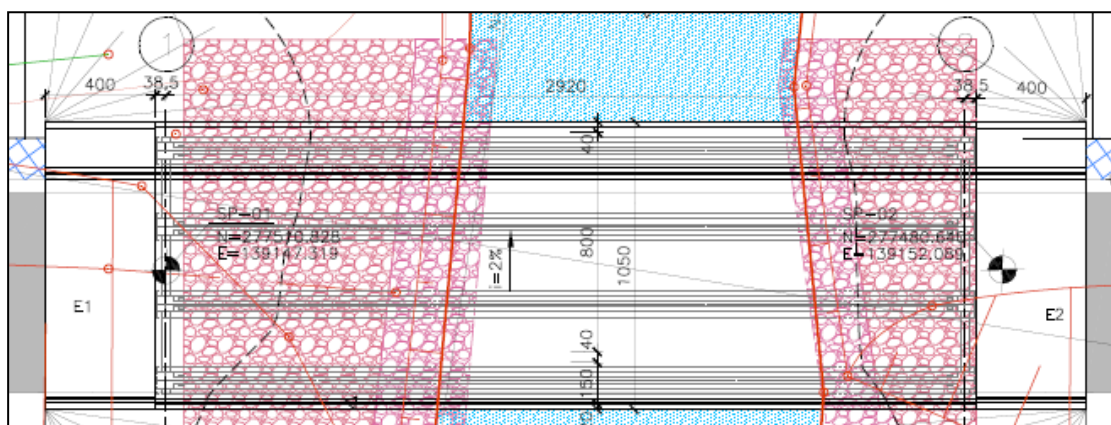


Figura 23 – Projeto de Implantação da Ponte
Fonte: ANTT, 2015.

A altura de queda é variável conforme figura 24, sendo a altura maior aproximadamente 4,60m e altura menor de 2,00m. As linhas de vidas foram instaladas devido a fase de execução da superestrutura, barreiras e gradis, sendo o rio com largura aproximadamente de 19,00metros, profundidade não mensurada.

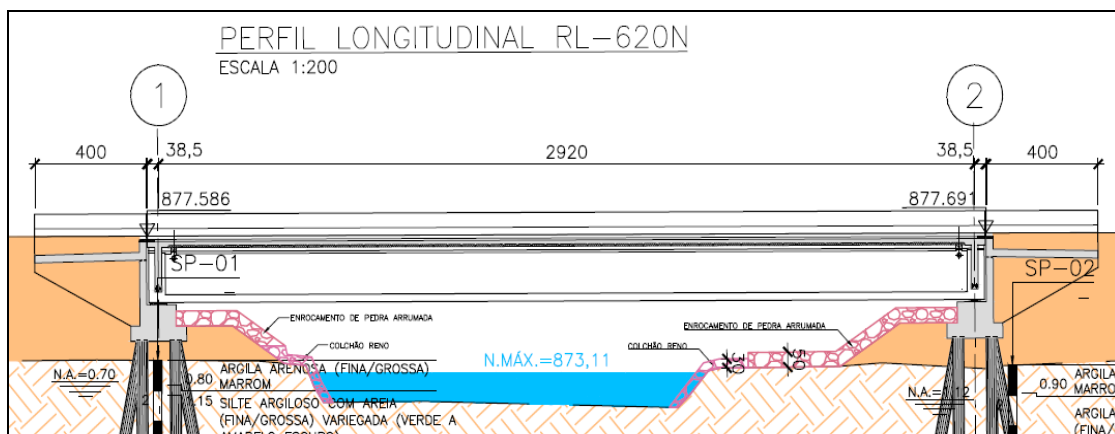


Figura 24 – Vista longitudinal do Projeto da Ponte
Fonte: ANTT, 2015.

Na figura 25, mostra seção transversal do projeto, com largura total de 10,50 metros, composição final duas barreiras de concreto entre pista de rolamento e guarda corpo para passagem de pedestres.

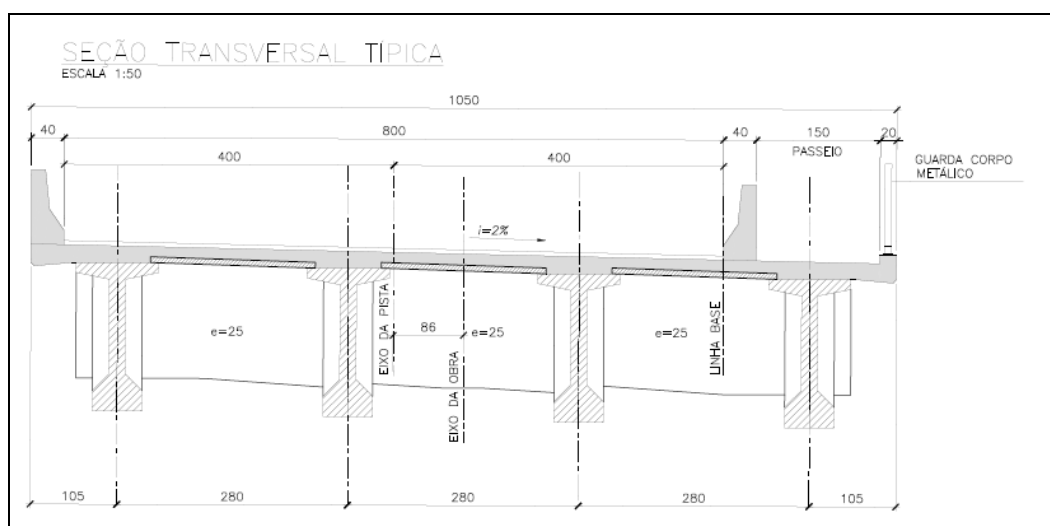


Figura 25 – Vista Transversal do projeto
Fonte: ANTT, 2015.

Os pontos de ancoragem foram instalados nas lajes de aproximação conforme figura 26.



Figura 26 – Detalhe ponto de ancoragem e linha de vida horizontal
Fonte: O autor, 2017

Para o estudo de caso, trabalho em altura, foi levantado todos os dados necessários para verificação dos cálculos para linha de vida e ponto de ancoragem em campo, considerando como principal guia a norma regulamentadora NR 35 que trata especificamente de trabalho em altura. Com os dados, foi feito um memorial de cálculo para linha de ancoragem e outra para ponto de ancoragem com base nas normas brasileiras regulamentadoras e resistência dos materiais e análise dos resultados para verificação das condições de trabalho no que se refere a conformidade ou não conformidade da obra.

Na figura 27 os trabalhadores estão executando forma e ferragem para armação da laje superior, com isso existe a necessidade de ficar engatado na linha de vida conforme imagem.



Figura 27 – Detalhe ponto de ancoragem e linha de vida horizontal
Fonte: O autor, 2017

Na figura 28 a laje já está armada e com a ferragem das barreiras posicionadas, também foi feito um guarda corpo de madeira provisório nas laterais da laje, aumentando a segurança dos trabalhadores na concretagem da laje.



Figura 28 – Detalhe ponto de ancoragem e linha de vida horizontal
Fonte: O autor, 2017

Representado na figura 29 os pontos de ancoragem fixado em quatro posições, sendo duas em cada extremidade da obra. Neste caso já havia sido concluído o aterro e posterior execução das lajes de aproximação.

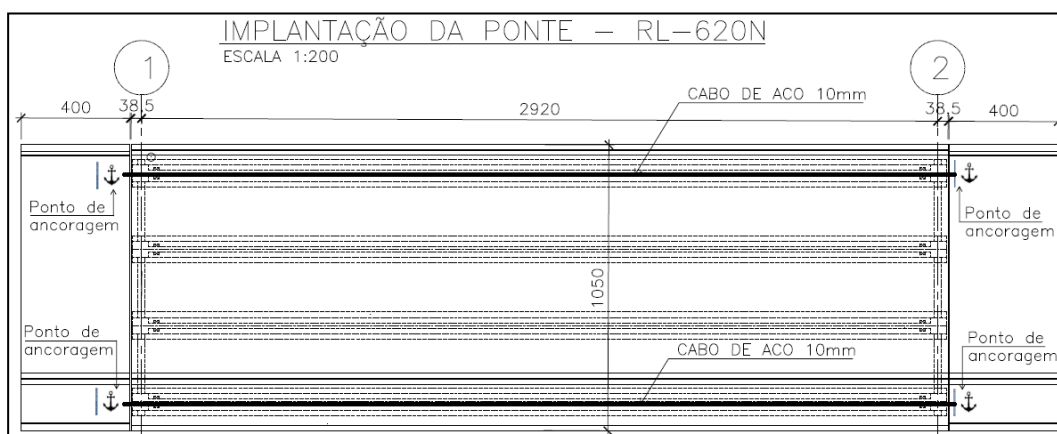


Figura 29 – Implantação dos pontos de ancoragem
Fonte: O autor, 2017

Dados coletados no local para análise da linha de vida e ponto de ancoragem:

- Altura de queda;
- Fator de queda;
- Diâmetro do cabo de aço;
- Comprimento do vão entre pontos de ancoragem;
- Talabarte utilizado pelos funcionários;
- Quantidade de funcionários trabalhando simultaneamente na linha de vida;
- Dimensões do tubo metálico;
- Dimensões da base de fixação do tubo metálico;
- Diâmetro dos chumbadores.

4 RESULTADOS

4.1 CÁLCULO DA LINHA DE ANCORAGEM HORIZONTAL

Na figura 30 o pedestal tem altura de 1,50m e vão de 30,00metros, com cabo de aço diâmetro 3/8", com dois trabalhadores ao mesmo tempo utilizando a linha de vida. Nesta fase da obra é necessário a montagem de escoramento, formas e ferragem nas laterais das vigas (balanço) e posterior concretagem da laje superior e por última execução das barreias new jersey (guardas rodas).

4.1.1 Dados considerados para análise:

- Comprimento do cabo entre os pontos de ancoragem: 30,00m
- Tipo e diâmetro do cabo: Aço 6 x19, diâmetro 3/8";
- Quantidade de funcionários utilizando linha de vida ao mesmo tempo: 2 (2 x 100kg);
- Altura de queda: variável;
- Fator de queda: 1;
- Comprimento talabarte mais absorvedor: 2,50metros;
- Zona livre de queda disponível;
- Zona livre de queda necessário;
- Esforço no cabo (tração);
- Resistência do cabo;
- Fator de Segurança.

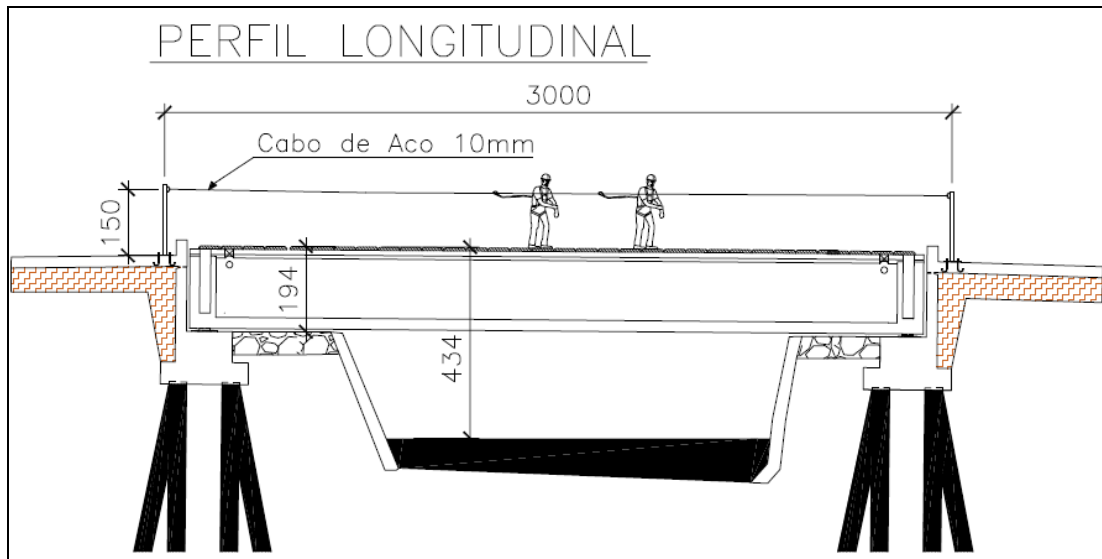


Figura 30 – Corte Longitudinal da obra com detalhe da linha de vida e o ponto de ancoragem

Fonte: O autor, 2017.

4.1.2 Cálculo para Zona Livre de Queda

Zona livre de queda disponível conforme projeto e medição em campo, equação (2):

$$ZLQ_{\text{disponível}} = 1,50 + 4,34 = 5,84\text{m}$$

4.1.3 Cálculo dos Esforços Solicitantes na Linha de Ancoragem

Pela equação (1) determinação da força devido a queda dos trabalhadores.

$$F = m \times a \times H$$

$$F = 2 \times 100 \times 9,8 \times 1,50 = 2.940\text{N ou } 300\text{kgf}$$

Com a carga devido a queda em 300kgf, será determinado as deformações ocorridas no cabo de aço pela equação (5) e (6):

Conforme equação (5) deformação Estrutural:

Carga aplicada para deformação estrutural = peso cabo (kg/m) x comprimento (m)

Peso para cabo diâmetro 3/8" = 0,352kg/m

$$\Delta E = 0,75\% \times 30,0\text{m} \times 0,352\text{kg/m} = 0,079\text{m ou } 79\text{mm}$$

Cálculo da área metálica conforme equação (7):

$$A = F \times d^2$$

A = área metálica em mm²;

F = fator de multiplicação 0,396 conforme catálogo Cimaf;

d = diâmetro nominal do cabo de aço.

$$A = 0,396 \times 9,5^2 \Rightarrow A = 35,74\text{mm}^2$$

Cálculo da deformação elástica conforme equação (6):

$$\Delta L_{\text{elast.}} = (P \times L) / (E \times A_m)$$

$$P = 300\text{kgf}$$

$$L = 30,00\text{m ou } 30.000\text{mm}$$

$$E = 10.000 \text{ kgf/mm}^2 \text{ (Manual Cimaf)}$$

$$A_m = 35,74\text{mm}^2$$

$$\Delta L_{\text{elast.}} = (300 \times 30,00 \times 1.000) / (10.000 \times 35,74)$$

$$\Delta L_{\text{elast.}} = 25,18\text{mm}$$

Deformação Total:

$$\Delta L_{\text{total}} = \Delta L_{\text{estrutural}} + \Delta L_{\text{elástica}}$$

$$\Delta L_{\text{total}} = 79\text{mm} + 25,18\text{mm} = 104,18\text{mm}$$

Cálculo da flecha:

$$\text{Comprimento do cabo} = (0,104 + 30,00) / 2$$

$$\text{Comprimento do cabo} = 15,05\text{m}$$

$$\text{Flecha} = \sqrt{(15,05^2 - 15,00^2)}$$

$$\text{Flecha} = 1,22\text{m}$$

Na figura 31, apresenta os tamanhos de talabartes comercializados e utilizados pelos usuários, será adotado para este estudo do tipo duplo.

Código	Talabarte	Comprimento	Material dos Ganchos	Abertura Gancho Pequeno	Abertura Gancho Grande
231M-BR	Duplo	1,8 m	Aço Galvanizado	21 mm	65 mm
216MAL-BR	Simplex	1,8 m	Alumínio	20 mm	63 mm




Figura 31 – Talabarte de Retenção de queda com Absorvedor de energia
Fonte: Catálogo Honeywell, 2015.

Resultado da zona livre de queda:

$ZLQ_{\text{calculado}} = \text{talabarte} + \text{absorvedor} + \text{altura ponto ancorado e os pés} + 1,00 + \text{flecha do cabo};$

Conforme figura 31, foi adotado 1,80m para (talabarte+ absorvedor):

$ZLQ_{\text{calculado}} = 1,80 + 1,50 + 1,00 + 1,22 = 5,52\text{m}$

$(ZLQ_{\text{calculado}} = 5,52\text{m}) < (ZLQ_{\text{necessário}} = 5,84\text{m});$

Resultado da zona livre de queda suficiente, porém é aconselhável o sistema gerar flecha menor na linha de ancoragem, devido a possíveis diferenças de nível.

Carga de trabalho (CT) gerado na linha de ancoragem

Carga = Força de queda + peso próprio do cabo:

$CT = 300\text{kgf} + (0,352 \times 30) = 310\text{kgf};$

Na tabela 4, apresenta valores de carga de ruptura de acordo com o diâmetro do cabo de aço.

Tabela 4 – Valores para carga de ruptura para cabo de aço 6x19.

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: Cimaf, 2009.

Logo, fator de segurança na linha de vida conforme tabela 4.

Carga de ruptura do cabo diâmetro 3/8" = 6,86tf

Pela equação (4):

Fator de segurança = $(6,86 / 0,310);$

Fator de segurança = 22 > fator de segurança 5 (tabela 3);

Resultado, o cabo de aço em estudo atende as cargas solicitantes, porém devido ao vão ser muito grande a flecha também é grande, representado na figura 32. Com isso é recomendável diminuir o vão entre ancoragens.

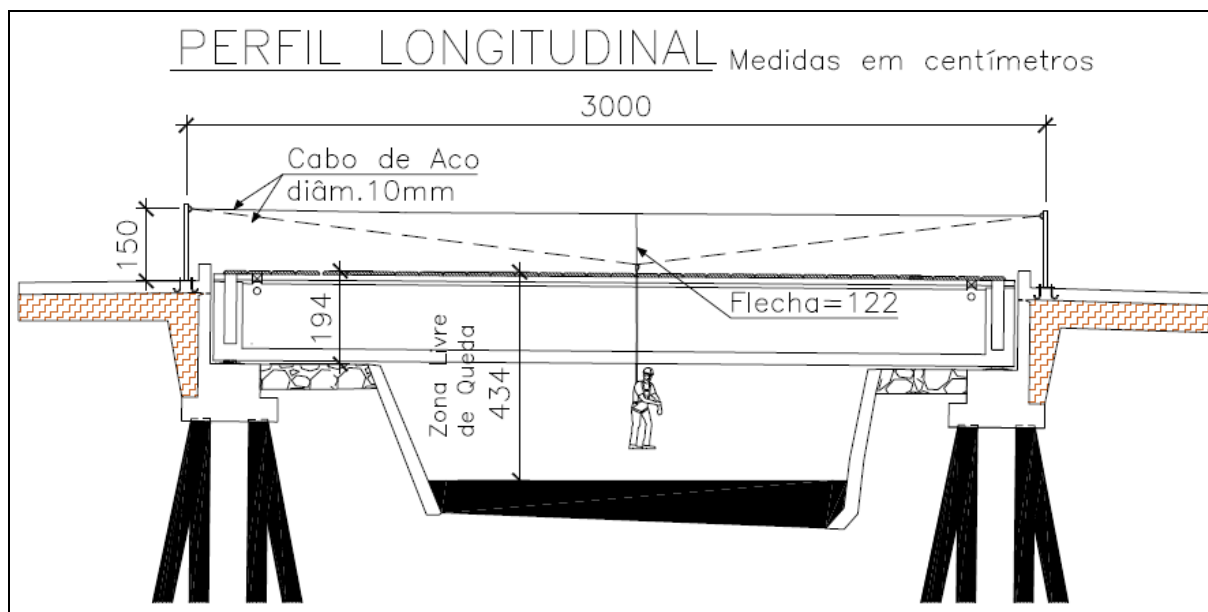


Figura 32 – Detalha Flecha da linha de vida
Fonte: O autor, 2017.

Reconsiderando novo cálculo para vão com 10,00m.

Deformação estrutural do cabo:

$$\Delta E = 0,75\% \times 10,0\text{m} \times 0,343\text{kg/m} = 25,72\text{mm}$$

Deformação Elástica:

$$\Delta L = (300 \times 10,00 \times 1.000) / (10.000 \times 35,74) = 8,40\text{mm}$$

Deformação Total:

$$\Delta L_{\text{total}} = \Delta L_{\text{estrutural}} + \Delta L_{\text{elástica}}$$

$$\Delta L_{\text{total}} = 25,72\text{mm} + 8,40\text{mm} = 34,12\text{mm}$$

Cálculo da flecha:

$$\text{Comprimento do Cabo} = (0,034 + 10,00 \times 1.000) / 2 = 10,03\text{m}$$

$$\text{Flecha} = \sqrt{(5,03^2 - 5,00^2)}$$

$$\text{Flecha} = 0,55\text{m}$$

Resultado da zona livre de queda, seria:

$$\text{ZLQ} = \text{Talabarte} + \text{absorvedor} + 1,00 + \text{flecha do cabo}$$

$$\text{ZLQ} = 1,70 + 1,50 + 1,00 + 0,55 = 4,75\text{m} < 5,84\text{m}, \text{ zona livre de queda menor.}$$

Nesta nova configuração, o vão entre ancoragens está com 10,00metros, a zona livre de queda com mais segurança.

4.2 CÁLCULO DO PONTO DE ANCORAGEM

A ancoragem utilizada na obra está conectada diretamente na estrutura conforme detalhamento na figura 33, sendo uma chapa de aço de 25cm x 25cm x 25mm, ligado por solda em tubo metálico, diâmetro nominal do tubo 10cm e espessura da parede de 4mm, comprimento 1,50m. Na base da estrutura apresenta reforço com chapas de aço (enrijecedores externos), a peça de ancoragem está chumbada na estrutura de concreto armado por quatro chumbadores (barra rosqueada) de diâmetro 16mm.

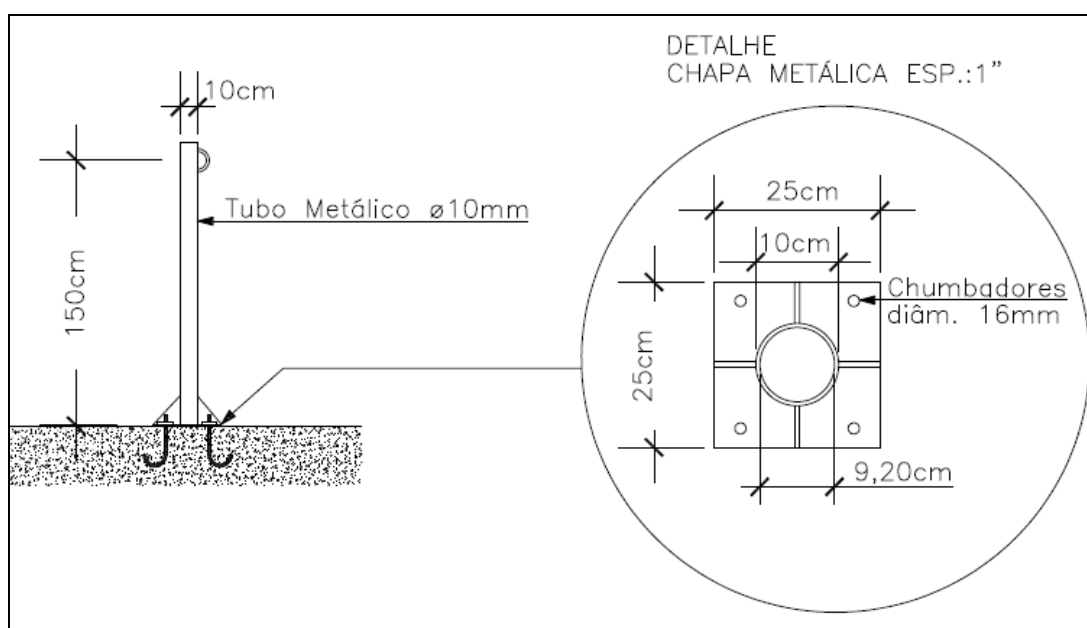


Figura 33 – Detalhe do ponto de Ancoragem
Fonte: Autor, 2017

4.2.1 Cálculo do momento gerado no tubo metálico

Para o momento solicitante no caso deste estudo a carga de trabalho considerada é de 1.500kgf conforme NR18 no item 18.15.56.2 (BRASIL, 2015).

A carga solicitante é 1.500,00 kgf ou 15kN, força do momento gerado:

$$M = F \times d$$

F = carga aplicada (15kN);

d = comprimento (1,50m);

$$M = 15 \times 1,50 = 22,5\text{kNm ou } 2.250\text{kNcm}$$

4.2.2 Cálculo do módulo de resistência do tubo metálico.

Conforme equação (10) para cálculo da tensão:

$$W = (\pi \times (D^4 - d^4)) / (32 \times D)$$

D = diâmetro externo do tubo (D = 10cm);

d = diâmetro interno do tubo (d = 9,20cm).

$$W = (\pi \times (10^4 - 9,2^4)) / (32 \times 10) = 27,84\text{cm}^3$$

4.2.3 Cálculo da tensão no tubo metálico

Conforme equação (11) para cálculo da tensão:

$$\sigma = M/W$$

$$\sigma = (2.250\text{kNcm}) / 27,84\text{cm}^3 = 80,82\text{kN/cm}^2 \text{ ou } 8.081,90\text{kgf/cm}^2$$

Verificação: tensão máxima de escoamento do aço 2.500kgf/cm² (sem coeficiente de segurança) < tensão solicitante 8.081,90kgf/cm².

Utilizando coeficiente 2 para tensão máxima do aço ficará 2.500kgf/cm² / 2 = 1.250,00kgf/cm². Agrava ainda mais a condição de utilização do tubo.

Sugestão para o sistema deve ser instalado tubo com módulo de resistência maior, sendo diâmetro externo maior que 17cm e espessura do tubo maior que 1cm. Ou perfil tipo I, para perfil tipo I recomenda-se maior que W 360 x 64.

4.2.4 Cálculo da força nos chumbadores

A carga exercida nas barras de ancoragem ou chumbadores, conforme equação foram:

De acordo com a equação (12):

$$F = 15\text{kN} / 2 = 7,5\text{kN ou } 750\text{kgf}$$

Carga máxima para barra de diâmetro 16mm, de acordo com a equação (13):

$$C_{adm} = A \times \sigma$$

$$C = 2,01\text{cm}^2 \times 5.000\text{kgf/cm}^2 = 10.050\text{kgf}.$$

Resultado da carga aplicada em cada chumbador = 750kgf) < (carga máximo limite 10.050kgf, portanto, as barras suportam o carregamento.

Verificação pelo fator de segurança:

$$\text{Fator de Segurança} = 10.050\text{kgf} / 750\text{kgf}$$

Fator de Segurança = 13 > fator de segurança (5). Também atende.

4.3 RECOMENDAÇÕES

Na linha de ancoragem, é aconselhável a diminuição do vão entre os pontos de ancoragens, foi elaborado uma nova configuração para vão de 10,00metros conforme a figura 34, no qual a flecha diminui para 55cm, na montagem original o vão era de 30,00metros e a flecha de 122cm.

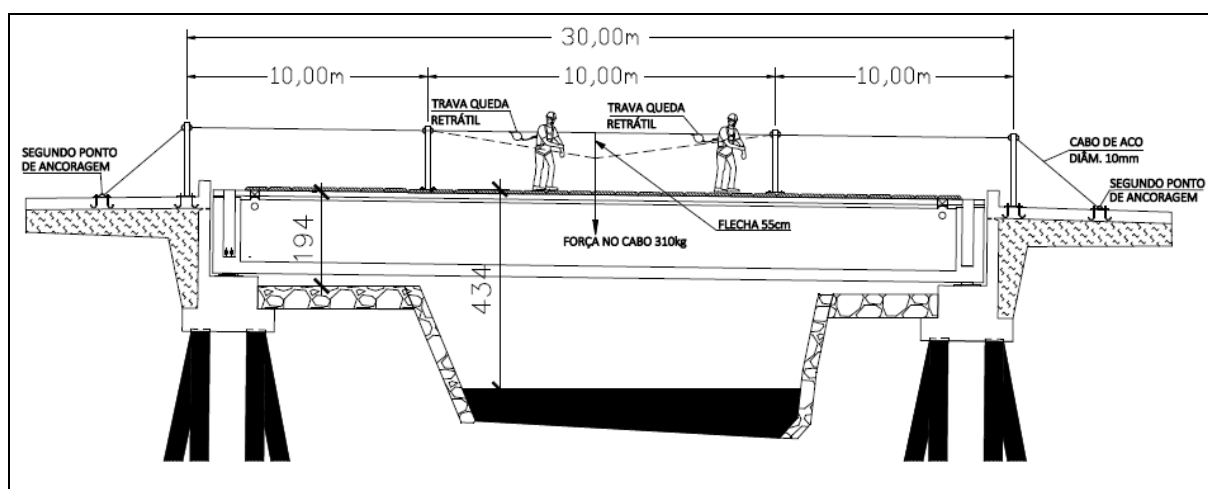


Figura 34 – Detalha Flecha da linha de vida

Fonte: O autor, 2017.

Outra alternativa para este caso é a utilização de trava queda retrátil. Conforme figura 35 demonstrando a utilização do equipamento, possibilita a movimentação do trabalhador na transversal em relação a linha de ancoragem e em caso de queda o equipamento é acionado, travando imediatamente a movimentação, diminuindo também a zona livre de queda, uma vez que o talabarte

mais o absorvedor podem chegar a um comprimento maior, já trava queda retrátil é acionado imediatamente.



Figura 35 – OSHA Prevention vídeo, Falls in Construction/Brigde Decking
Fonte: Occupational Safety and Health Administration, 2017.

Na questão do ponto de ancoragem, além de implantação de mais ancoragens para diminuição do vão, também a possibilidade de montagem de cabo de reforço atirantado conforme figura 36, restringindo ainda mais o deslocamento lateral do tubo de aço em caso de queda do trabalhador.

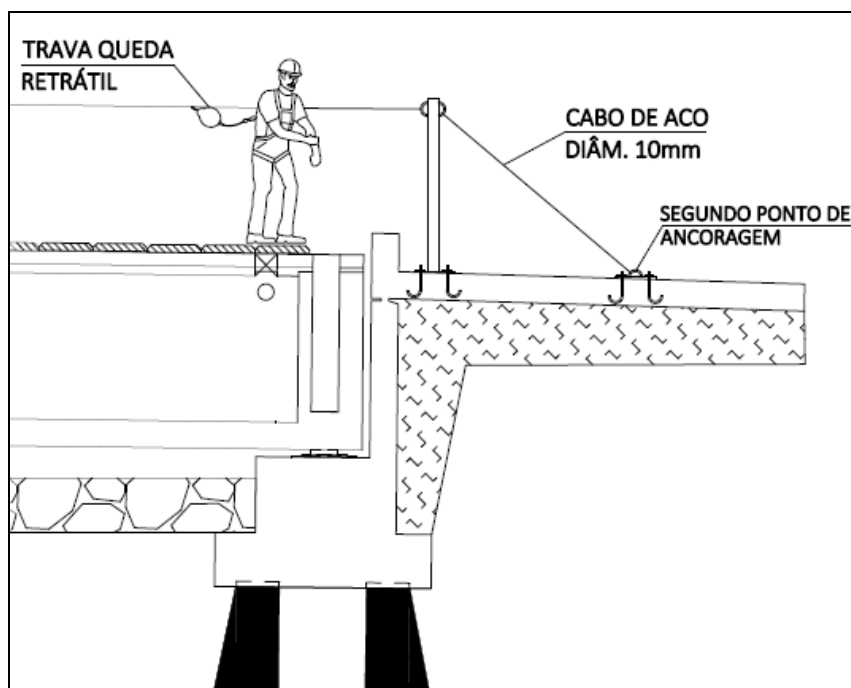


Figura 36 – Detalhe reforço do ponto de Ancoragem
Fonte: Autor, 2017

Para o ponto de ancoragem, também é recomendada utilização de ancoragens disponíveis no mercado especializado, pois o mesmo já possui os dados conforme determina a norma (capacidade, tipo do material e ensaios com aprovação). Na figura 37, exemplo de ancoragem em aço inox com capacidade de 4.000 kgf.

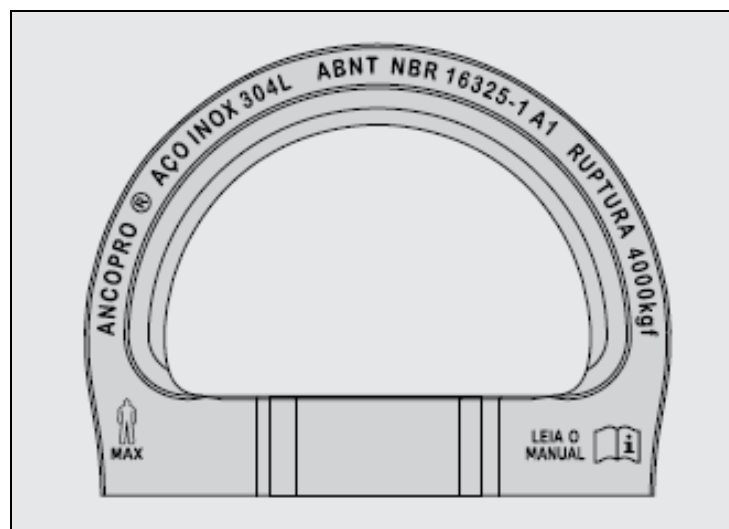


Figura 37 – Detalhe Ancoragem
Fonte: Bonier, 2017

Implantação de treinamento e projeto detalhado, para montagem dos terminais de ancoragem conforme figura 38. Posicionamento da clipagem de forma adequada, sapatilho e esticador.

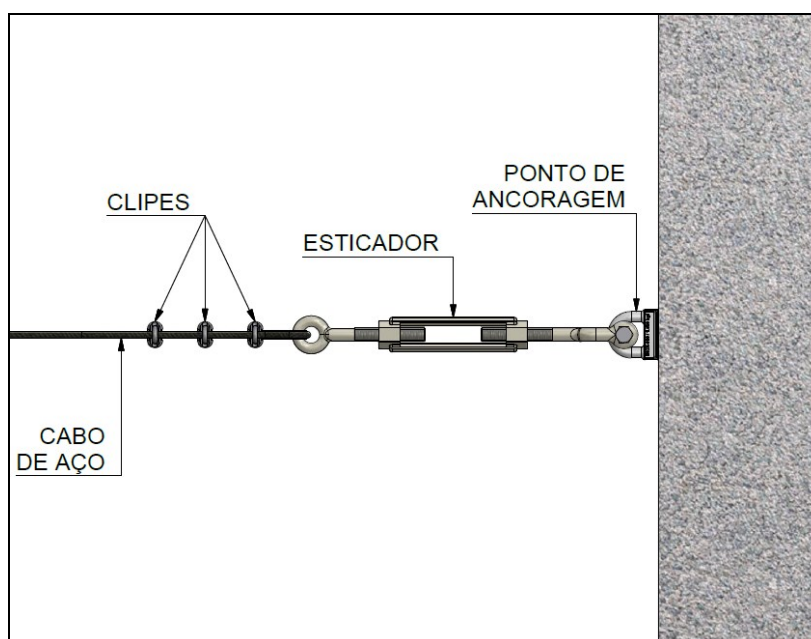


Figura 38 – Detalhe Montagem Terminal do Cabo de Aço
Fonte: Acesse, 2017.

5 CONCLUSÃO

Com o cálculo do dimensionamento da linha de vida horizontal, a carga aplicada ao sistema atende as normas, já a zona livre de queda na área do vão central atende, contudo no vão das extremidades não atende devido a altura ser insuficiente.

Para o ponto de ancoragem, realizado os cálculos de dimensionamento e análises, os sistemas não atendem as cargas solicitantes, é recomendado alguns reforços. Para o ponto de ancoragem utilizando tubo metálico, existe a possibilidade de reforço com cabo atirantado ou utilização de tubo de aço com diâmetro e espessura da parede maiores (17cm e 1cm respectivamente). Outra possibilidade seria configuração com perfil tipo I W360 x 64. No caso deste estudo a ancoragem é uma adaptação feita pela própria empresa, sem a realização de ensaios ou dados de registro conforme determina a norma. Existe no mercado ancoragens prontas para montagem e que atendem a norma, devido as exigências de identificação, fabricação, responsável técnico, resistência e ensaios, uma alternativa seria a aquisição dos pontos de ancoragem no mercado especializado.

Também existe a necessidade de procedimentos e projetos com implantação nas fases de trabalho em altura na obra. No caso deste estudo os funcionários apresentavam treinamento para trabalho em altura, assim como EPIs adequado ao trabalho, análise de risco, porém não havia procedimentos de trabalho em altura, projeto de implantação dos dispositivos contra quedas e sinalização adequada de acesso restrito.

As empresas devem contabilizar em seus custos toda a implantação da segurança na obra e segui-las assim como a produtividade e qualidade. O acompanhamento de um técnico ou engenheiro da área de segurança do trabalho mesmo que a norma não se aplique a obrigatoriedade, são essenciais para inspecionar as diversas fases da obra. Infelizmente ainda existe inadequada abordagem, pelos gestores das empresas, na área de segurança do trabalho sobre as cobranças e custos gerados pela gestão de segurança nas obras, ao contrário, além de garantir maior segurança dos trabalhadores, contribui para evolução da produtividade e qualidade.

Os projetos que são pensados em segurança na sua concepção é um grande aliado e a melhor forma de prevenir acidentes eficientemente.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15834**: Equipamento de proteção individual contra queda de altura – Talabarte de segurança. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14628**: Equipamento de proteção individual contra queda de altura – Especificação e método de ensaio. Rio de Janeiro 2001.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14629**: Equipamento de proteção individual contra queda de altura – Absorvedor de energia. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11900-1**: Terminal para cabo de aço – Parte 1: Sapatilho. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11900-4**: Terminal para cabo de aço – Parte 4: Grampo Leve e Pesado. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8029**: Esticador para Cabo de Aço. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16325-1**: Proteção contra quedas de altura – Parte 1: Dispositivos de ancoragem tipos A, B e D. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16325-2**: Proteção contra quedas de altura – Parte 2: Dispositivos de ancoragem tipo C. Rio de Janeiro, 2015.

Acesse Equipamentos. Produtos. Disponível em:
< <http://acesseequipamentos.com/produtos/>>. Acesso em: 28 de novembro de 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em:
<<http://www.antt.gov.br/rodovias/index.html>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2018.

Bonier. **Manual de Instruções AncoPro**. São Paulo, 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-03 – EMBARGO OU INTERDIÇÃO**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acessado em: 20 jun. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-04 – SESMT**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acessado em: 20 jun. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-06 – EPI**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acessado em: 20 jun. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acessado em: 20 jun. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-35 – Trabalho em Altura**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acessado em: 20 jun. 2017.

Cimaf BRASIL. **Manual Técnico de Cabos**. Disponível em: <<http://www.internacionalcabos.com.br/CatalogoCimaf.pdf>>. Acessado em: 15 jun. 2017.

Carnevali. **Sistemas de Proteção Contra Quedas**. Disponível em: <<https://www.carnevali.eng.br/copia-analise-estrutural>>. Acessado em: 15 jun. 2017.

DER-SP – Departamento de Estrada e Rodagem de São Paulo. **DE 99/OAE-001. Projeto de obra de arte**. São Paulo, 1999.

Engineer Fall Protection. **Linha de Vida Horizontal Temporária**. Disponível em: <<https://www.engineeredfallprotection.com/lifeline-systems-horizontal-and->

vertical/pre-engineered-temporary-horizontal-lifeline-systems/temporary-horizontal-lifeline-concrete-applications>. Acessado em: 22.jun.2017.

Fundacentro. **RTP 01-Medidas de Proteção Contra Quedas de Altura**. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/recomendacao-tecnica-de-procedimento/publicacao/detalhe/2012/9/rtp-01-medidas-de-protecao-contra-que-das-de-altura>>. Acessado em: 12 agosto 2017.

HEIGHT DYNAMICS. **Linha de Vida Temporária**. Disponível em: <<http://www.heightdynamics.com.au/products/anchors/miller-sky-grip-concrete-120ft>>. Acessado em: 22 jun.2017.

Jornal de notícias Tribuna do Paraná, 25 de janeiro de 2018. Disponível em: <<http://www.tribunapr.com.br/noticias/curitiba-regiao/trabalhador-despenca-de-obra-em-pinhais-mas-e-salvo-por-equipamento-de-seguranca/>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2018.

Lema, Robinson. Notícias – Queda em altura. **Fundacentro**, Distrito Federal, abr.2016. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/noticias/detalhe-da-noticia/2016/4/queda-em-altura-esta-entre-os-principais-acidentes-fatais-na-industria-da-construcao/>>. Acessado em: 12 agosto 2017.

Meyer, Karl Fritz. **Estrutura Metálica – Construção com Tubos**. 2. ed. Belo Horizonte, 2002.

Observatório **Digital de Saúde e Segurança do Trabalho**. Disponível em:<<https://observatoriosst.mpt.mp.br/>>. Acessado em: 12 agosto 2017.

Osvaldemar, Marchetti. **Pontes de concreto armado**. São Paulo, 2008.

OSHA – Occupational Safety and Health Administration. **Prevention Video (v-tool) – Falls in Construction/Bridge Decking**. Disponível em:<https://www.osha.gov/dts/vtools/construction/falls_from_bridge_fnl_eng_web.html>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2017.

Peak Supply Company. **Linha de Vida Horizontal**. Disponível em: <<https://www.peaksupplycompany.com/product-p/1626.htm>>. Acessado em: 22.jun.2017.

Proteção. **Acidente de Trabalho**. Disponível em: <http://www.protecao.com.br/noticias/acidentes_do_trabalho/atividade_em_altura_representa_40_dos_acidentes_de_trabalho_/AJyJajb>. Acessado em: 12 agosto 2017.

Pfeil, Walter; Pfeil, Michèle. **Estrutura de Aço**. 8ª ed. Rio de Janeiro, 2009.

Pires, Mauricio. **Técnicas Para Projetar uma Linha de Vida Horizontal para Ponte Rolante**. 2014. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

Serta, Roberto; Catai, Rodrigo; Augusto, Cezar. **Segurança em altura na construção civil: equipamentos, procedimentos e normas**. São Paulo, 2013.

Sistema Federal de Inspeção do Trabalho – Ministério do Trabalho. **Inspeção do Trabalho**. Disponível em: <http://acesso.mte.gov.br/seg_sau/resultados-por-divisao-cnae-acoes-com-minimo-de-05-ementa-de-nr-sst.htm>. Acessado em: 12 agosto 2017.