

Avaliação de Requisitos de Desempenho de Sistemas de Proteção Periférica (SPP) em Obras de Edificações

Guillermina Andrea Peñaloza
Carlos Torres Formoso
Tarcisio Abreu Saurin

1. Introdução

Uma das proteções físicas comumente utilizadas nos canteiros de obra são os sistemas de proteção periférica (SPP), os quais oferecem proteção passiva e simultânea a vários trabalhadores, impedindo a queda de altura (GARCIA, 2010). No Brasil, de acordo com o Ministério de Trabalho e Emprego (BRASIL, 2013), os SPP encontram-se entre os dez equipamentos que frequentemente causam interdições de canteiros de obras. De fato, há evidências de que os requisitos associados aos SPP costumam ser os menos atendidos entre aqueles da NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (SAURIN et al., 2000; MALLMANN, 2008; CAMBRAIA; FORMOSO, 2011; COSTELLA et al., 2014).

Apesar disso, é reconhecida a crescente expansão do número de fornecedores de equipamentos de proteção coletiva tanto no mercado brasileiro como em outros países (SCANMETAL, 2011; METRO..., 2009; ORMAN, 2012). Contudo, a quantidade de requisitos disseminados em diversos regulamentos e a falta de métodos para verificar a aderência dos SPP aos requisitos das normas e outros requisitos relevantes criam dificuldades para

todas as partes interessadas, tais como: órgãos de fiscalização, os operários encarregados pela execução dos SPP e empresas construtoras, as quais carecem de ferramentas para comparar a eficiência e eficácia dos diferentes sistemas disponíveis no mercado.

Entre as proteções contra quedas dispostas na NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (BRASIL, 2014), este trabalho enfatiza os SPP do tipo guarda-corpo e rodapé (GcR) por serem os mais comumente utilizados nos canteiros de obra de edificações verticais e objeto frequente de embargos e interdições. A maioria das normas consultadas neste trabalho, como NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (OCCUPATIONAL..., 1996), RTP 01 (FUNDACENTRO, 2003), OSHA 1926.502 (OCCUPATIONAL..., 1996), UNE-EN (ASOCIACIÓN..., 2004), S-2.1 (CANADIAN..., 1981), apresenta requisitos de resistência estrutural e configuração geométrica dos SPP, negligenciando a eficiência e a flexibilidade deles, bem como não tratam dos processos de montagem e desmontagem. Por outro lado, no Brasil os órgãos regulamentadores e de fiscalização costumam considerar os requisitos de normas estrangeiras para aperfeiçoar as normas nacionais e lidar com lacunas.

O objetivo deste trabalho é propor um conjunto de requisitos de desempenho para SPP. Foram definidos critérios qualitativos e quantitativos, utilizados para a construção de um protocolo de avaliação de desempenho desses sistemas. São apresentados exemplos de aplicação desse protocolo em três tipos de SPP, de madeira, misto e metálico. A avaliação de um conjunto de equipamentos disponíveis no mercado da Região Metropolitana de Porto Alegre, RS, ilustra como esse protocolo pode contribuir para a análise de soluções existentes no mercado, que podem ser objeto de aperfeiçoamento.

2. Método de Pesquisa

2.1 Delineamento da Pesquisa

A primeira etapa desta pesquisa foi desenvolvida por meio da identificação de requisitos provenientes de normas nacionais e internacionais. Por outro lado, a definição de novos requisitos e das fontes de evidências surgiu a partir de entrevistas e grupos de discussão com engenheiros responsáveis por obras que usavam SPP, engenheiros e técnicos em segurança no trabalho, projetistas de proteções coletivas, auditores fiscais, representantes de empresas que fornecem SPP e trabalhadores responsáveis pela execução dos SPP.

Na segunda etapa, houve a classificação dos requisitos de acordo com a natureza de cada um, em três categorias: segurança, eficiência e flexibilidade. Também foi realizado um workshop, que envolveu a participação conjunta de representantes de várias partes, com a finalidade de discutir os resultados de novas aplicações do protocolo e identificar oportunidades de melhorias nos SPP avaliados.

Na terceira etapa da pesquisa, o protocolo foi dividido em duas partes: a primeira com ênfase na avaliação dos requisitos na situação de projeto; e a segunda na situação de uso dentro do canteiro de obras. Para cada requisito, foram estabelecidos critérios de avaliação.

Na quarta e última etapa, foram realizadas aplicações do protocolo por outros pesquisadores, como forma de avaliar a facilidade de uso dele. Dessa forma, a partir da retroalimentação desses outros pesquisadores, bem como da experiência acumulada ao longo de todas as etapas, foi consolidado o protocolo de avaliação de requisitos de desempenho de SPP.

2.2 Identificação de Requisitos

Os requisitos de SPP foram identificados a partir de pesquisa bibliográfica, análise documental e entrevistas. No que diz respeito às **duas primeiras fontes**, foram consultadas normas e regulamentos nacionais como NR-18—Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (BRASIL, 2014) e RTP 01 (FUNDACENTRO, 2003), normas internacionais, tais como a EN 13374 (ASOCIACIÓN..., 2004), OSHA 1926.502 (OCCUPATIONAL, 1996), S-2.1, r.6, (CANADIAN..., 1981), artigos científicos (LAN; DAIGLE, 2009; CHEUNG, 2012; SULOWSKI, 2014), três memoriais descritivos de SPP patenteados (McLAUGHLIN; McCOY, 1976; HOLLOMAN, 1994; OSTROW, 2001) e análise de relatórios técnicos de ensaios laboratoriais, encomendados pelo Sindicato da Indústria da Construção (SINDUSCON/RS), para verificação dos requisitos de carga estática de três tipos de SPP (madeira, misto e metálico) e realizados pelo Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). A segunda fonte de identificação de requisitos foram entrevistas individuais semiestruturadas e discussões em seminários e *workshops* com um grupo de trabalho. Tal grupo era integrado por representantes de sete empresas construtoras, as quais tinham interesse numa avaliação independente dos SPP, bem como auditores fiscais do trabalho, projetistas e fornecedores de SPP. A Tabela 1 apresenta o perfil dos participantes entrevistados. As entrevistas foram gravadas e transcritas, tiveram duração média de uma hora e foram baseadas num roteiro de quinze questões que dava origem a outras no decorrer da entrevista. A partir das transcrições de entrevistas, discussões e dos documentos consultados, foram identificados 33 requisitos de SPP.

2.3 Categorização dos Requisitos

Os 33 requisitos identificados foram agrupados em três categorias: (a) 15 requisitos de segurança; (b) 12 requisitos de eficiência e (c) 6 requisitos de flexibilidade. Os requisitos da categoria segurança tem origem, em sua maioria (87%), nas normas e estão associados à resistência estrutural, durabilidade e dimensões. Já a maioria (83%) dos requisitos da categoria eficiência dos SPP teve origem em entrevistas, indicando

que as normas negligenciam esse tipo de demanda. Os requisitos ligados à eficiência contemplam questões de ergonomia, de produtividade, reaproveitamento e de custo ao longo do ciclo de vida.

No que se refere à flexibilidade, o SPP deve ser adaptável à mudança em relação a configurações geométricas, detalhes, distintas etapas de obra e diferentes técnicas construtivas. Similarmente à categoria eficiência, os requisitos associados à flexibilidade tiveram origem, em sua maioria (83%), nas entrevistas, indicando que as normas também negligenciam esse tipo de requisito.

Tabela 1 – Perfil dos participantes entrevistados.

Qtd.	Atividade profissional	Empresa/Instituição	Tempo de experiência
12	Engenheiros civis	Empresas construtoras	entre 4 e 13 anos
06	Engenheiros em SST	Empresas construtoras	entre 1 e 6 anos
10	Técnicos em SST	Empresas construtoras	entre 6 meses e 2 anos
03	Projetistas de SPP	Empresas de consultoria em SST	6, 11 e 30 anos
03	Auditores Fiscais do Trabalho	Ministério do Trabalho e Emprego	18, 20 e 25 anos
02	Fornecedores de SPP industrializados	Empresas nacionais e regionais fornecedoras de SPP	13 e 18 anos
18	Trabalhadores que executam SPP	Empresas terceirizadas em SST	entre 5 meses e 7 anos

2.4 Níveis de Atendimento

Para cada requisito (R), foram estabelecidos critérios de avaliação (C). Ao todo, foram propostos 40 critérios entre os requisitos de análise de projeto e análise em uso dos SPP. Contudo, no presente estudo, alguns critérios possuem caráter qualitativo, visto que parte dos requisitos não pode ser quantificada em razão de sua natureza. Além disso, foi proposto um sistema de avaliação em quatro níveis: atende (1 ponto); atende parcialmente (0,5 pontos); não atende (0 ponto); e não se aplica. Devido à limitação de tempo deste estudo, a caracterização da amostra estabelece que a avaliação em uso de cada requisito deve ser realizada em dois pavimentos-tipo de cada obra visitada. Em cada pavimento devem ser escolhidos quatro trechos diferentes de SPP na periferia da edificação. Em cada trecho, devem ser escolhidos três módulos adjacentes de SPP para serem avaliados (Figura 1). Por sua vez, no momento da escolha, devem ser consideradas situações na quais há claramente uma falha entre os módulos de cada trecho, como instabilidade ou deslocamento dos montantes verticais, incorreta fixação à estrutura de sustentação, frestas entre o rodapé e a superfície de trabalho

e componentes deteriorados. A nota do requisito é dada pela média de atendimento entre os dois pavimentos.

2.5 Fontes de Evidências

A fim de facilitar a aplicação do protocolo, foram definidas as fontes de evidências para avaliar cada requisito. Por exemplo, requisitos vinculados ao projeto do SPP exigem a análise de especificações, dimensões, materiais e procedimentos de execução, entre outros. De modo similar, a avaliação da resistência dos SPP aos esforços solicitantes necessariamente requer a consulta aos laudos técnicos de ensaio laboratorial. Já outros requisitos exigem a análise em uso, principalmente aqueles associados às tarefas de montagem e desmontagem do SPP. Ainda, outros requisitos exigem a realização de entrevistas com a gerência da obra, trabalhadores e projetistas, como no caso dos requisitos “o SPP tem baixo custo ao longo do ciclo de vida”.

2.6 Escolha dos SPP e Caracterização das Obras Visitadas

Foram escolhidos nove tipos de SPP para a aplicação do protocolo. A escolha deles ocorreu em função de empresas construtoras locais terem desenvolvido recentemente projetos de SPP de madeira, metálicos e mistos e terem interesse em uma avaliação independente deles. O Quadro 1 apresenta as características de cada sistema avaliado.

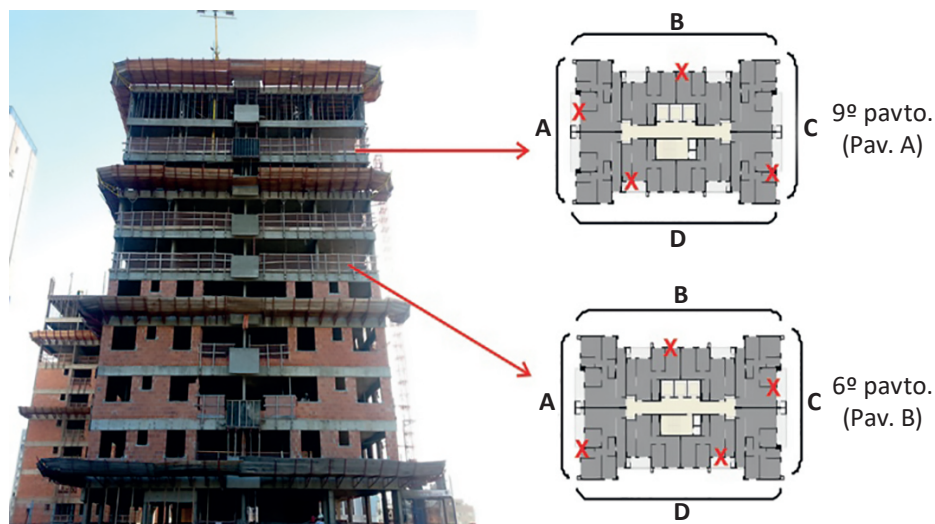
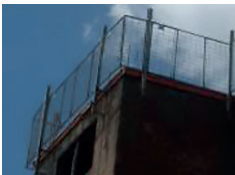


Figura 1 – Escolha dos trechos de SPP a serem avaliados. Fonte: Peñaloza, 2015.

Quadro 1 – Características dos SPP avaliados.

MADEIRA (MA-1) Constituído em madeira com tela de proteção. A união dos componentes ocorre mediante pregos. Os montantes são fixados na viga por meio de barra de ancoragem, arruela e porca do tipo borboleta. Uso: sistema construtivo tradicional com estrutura de concreto armado moldada <i>in loco</i>.	
MADEIRA (MA-2) Constituído em madeira com tela de proteção. A união dos componentes ocorre mediante pregos. Os montantes são fixados à superfície da laje utilizando-se barras de ferro de 8 mm. Uso: sistema construtivo tradicional.	
METÁLICO (ME-1) Constituído por módulos metálicos, nas dimensões 1,50x1,30 m. A união dos módulos ocorre mediante encaixe. A fixação dos montantes ocorre em área grauteada da alvenaria por meio de uma alça de ancoragem, já incorporada ao sistema. Uso: sistema construtivo em alvenaria estrutural.	
METÁLICO (ME-2) Constituído por módulos metálicos, nas dimensões 0,80 x 1,30 m e 1,10 m x 1,30 m. A união dos módulos é feita mediante encaixe, travas e pinos de correr. A fixação dos montantes ocorre na alvenaria grauteada ou viga com o uso de barra de ancoragem, já incorporada ao sistema. Uso: sistema construtivo em alvenaria estrutural e tradicional.	
MISTO (MI-1) Constituído por travessões e rodapé em madeira com tela de proteção e montantes metálicos. A união dos elementos horizontais é realizada mediante encaixe nas alças dos montantes. A fixação à fôrma da viga é do tipo sargento, a qual consiste em braçadeiras reguláveis acopladas ao montante. Uso: sistema construtivo tradicional.	
MISTO (MI-2) Constituído por travessões e rodapé em madeira com tela de proteção e montantes metálicos. A união dos elementos horizontais ocorre mediante encaixe nas alças dos montantes. Os montantes são fixados às escoras das lajes por meio de uma treliça incorporada aos mesmos. Uso: sistema construtivo tradicional.	

Quadro 1 – Continuação

MISTO (MI-3)	
Constituído por travessões e rodapé em madeira com tela de proteção e montantes metálicos. A união dos elementos horizontais é efetuada mediante encaixe nas alças dos montantes. Os montantes são fixados na viga com o emprego de barra de ancoragem, arruela e porca do tipo borboleta. Uso: sistema construtivo tradicional.	
MISTO (MI-4)	
Constituído por travessões e rodapé em madeira com tela de proteção e montantes metálicos. A união dos elementos horizontais é mediante encaixe nas alças dos montantes. Os montantes são fixados à superfície da laje por meio de parafusos. Uso: sistema construtivo tradicional.	
MISTO (MI-5)	
Constituído por travessões e rodapé em madeira com tela de proteção e montantes metálicos. A união dos elementos horizontais é feita mediante encaixe nas alças dos montantes. Os montantes são fixados na viga fazendo-se uso de barra de ancoragem, arruela e porca do tipo borboleta. Uso: sistema construtivo tradicional.	

A Tabela 2 apresenta a quantidade de obras em que cada tipo de SPP foi avaliado. Tais obras correspondem a edifícios residenciais de quatro ou mais pavimentos de sete empresas construtoras de médio e grande porte, atuantes na Região Metropolitana de Porto Alegre. Os SPP em madeira e mistos eram comumente utilizados pelas construtoras nas obras com sistema construtivo tradicional. A avaliação deles foi realizada após a retirada das fôrmas, nas fases de montagem e desmontagem, quando já havia a estrutura de concreto armado. Já no sistema de alvenaria estrutural eram utilizados SPP metálicos, e a avaliação foi realizada na única fase em que o sistema era empregado. No total, foram realizadas 39 aplicações do protocolo em 26 canteiros de obra, sendo o protocolo, em algumas obras, aplicado em fases diferentes da construção. A coleta de dados, em cada aplicação do protocolo, teve uma duração média de 4 h entre observações, medições e entrevistas, envolvendo de dois a três pesquisadores. Em todas as aplicações, inicialmente, foi realizada a avaliação do projeto de SPP conforme a lista de requisitos estabelecidos para essa etapa, seguida da análise em uso, em dois pavimentos-tipo, em cada obra visitada.

Tabela 2 – Quantidade de obras em que cada SPP foi avaliado.

Sistema Construtivo	SPP	Qtde. Obras
Tradicional	MA-1	9
	MA-2	3
	MI-1	2
	MI-2	2
	MI-3	1
	MI-4	2
	MI-5	2
Alvenaria Estrutural	ME-1	4
	ME-2	1
Total		26

2.7 Oportunidades de Melhoria

A partir dos resultados decorrentes das aplicações do protocolo, foi realizada uma reunião individual com cada uma das empresas construtoras participantes. Tais reuniões eram integradas por um engenheiro em segurança ou engenheiro responsável pela obra e por pelo menos um técnico em segurança. Como as empresas construtoras não tinham projetistas de SPP em seus quadros, foram realizadas duas reuniões individuais com dois projetistas de SPP que prestam serviços a seis das oito empresas construtoras. As entrevistas individuais foram gravadas e transcritas, tiveram duração média de 1,5 h e foram baseadas nos requisitos menos atendidos. A partir das entrevistas, buscou-se entender quais as dificuldades das empresas e projetistas em respeitar os requisitos menos atendidos conforme as avaliações. Isso possibilitou identificar oportunidades de aperfeiçoamentos necessários aos SPP.

3. Resultados

3.1 Avaliação de Requisitos de Segurança

O Quadro 2 apresenta os dez requisitos de desempenho referentes à segurança e compara o atendimento aos requisitos de projeto dos diferentes SPP, sendo apresentada uma média das várias obras em que cada sistema é usado. Pode-se observar que os SPP metálicos (SPP-ME) apresentam maior porcentagem de atendimento que os SPP em madeira (SPP-MA). Por exemplo, os projetos dos SPP-MA não apresentavam a especificação das etapas de montagem, desmontagem e manutenção, bem como os correspondentes riscos. Os projetos de SPP mistos (SPP-MI), embora também não

especifiquem etapas de montagem, desmontagem e manutenção, possuem maior grau de detalhamento em função do montante pré-fabricado, o qual tem pouca tolerância a irregularidades na execução.

Quadro 2 – Comparação do atendimento aos requisitos de segurança em projeto.

SPP	SEGURANÇA - Requisitos de Projeto										Média Total
	% de Atendimento	*1. O projeto minimiza riscos de quedas de pessoas (NR 18)	*2. O projeto minimiza riscos de quedas de materiais e ferramentas (NR 18)	3. O projeto especifica resistência às cargas estáticas previstas pela norma (NR 18)	*4. O projeto favorece que sua instalação e remoção sejam feitas com segurança (CCOHS)	*5. O projeto especifica materiais resistentes e duráveis às condições normais de trabalho (EN 13374)	*6. O projeto especifica que travessões, telas e rodapé não devem possuir emendas ou retalhos (EN 13374)	7. O projeto dificulta a remoção acidental de qualquer componente durante seu uso (EN 13374)	*8. O projeto especifica espessura dos componentes para evitar cortes e esforços excessivos (OSHA 19226.502)	9. O projeto especifica isolamento de materiais inflamáveis em áreas com risco de incêndio (Entrevista)	10. É previsto isolamento de materiais condutores de eletricidade em áreas com risco de choque elétrico (Entrevista)
MA-1	100	100	100	0	50	0	0	100	0	NA	50
MA-2	100	100	100	0	50	0	0	100	0	NA	50
MI-1	100	100	0	0	50	0	100	100	0	0	45
MI-2	100	100	100	0	50	0	100	100	0	0	55
MI-3	100	100	100	0	50	0	100	100	0	0	55
MI-4	100	100	0	0	50	0	100	100	0	0	45
MI-5	100	100	100	0	50	0	100	100	0	0	55
ME-1	100	100	100	100	100	100	100	NA	NA	0	88
ME-2	100	100	100	100	100	100	100	NA	NA	0	88

*requisitos aplicáveis tanto na etapa de análise de projeto como na análise de uso.

O Quadro 3 apresenta onze requisitos de desempenho quanto à segurança e compara as médias de atendimento de uso dos SPP-MA com os SPP-MI e SPP-ME. Contudo, ao comparar os SPP-MA e SPP-MI com os SPP-ME, pode-se observar que os

SPP-ME apresentam o maior atendimento aos requisitos de uso. Por exemplo, seis dos oito SPP-MA-1 avaliados atendiam parcialmente ao requisito 5 (a instalação e a remoção do SPP devem ser feitas com segurança). Nessa situação, o atendimento parcial devia-se à falta ou uso incorreto de EPIs, ao uso de ferramentas e equipamentos inadequados e, em muitos casos, à falta de informação sobre as ferramentas e equipamentos adequados e disponíveis para realizar a tarefa, bem como à ausência de definição de uma sequência de montagem e desmontagem. As deficiências de concepção dos SPP contribuem para atitudes inseguras dos operários, tais como segurar nas escoras para não perder o equilíbrio, utilizar escadas sem proteção, posicionar-se sobre as plataformas de proteção ou sobre o rodapé para fixá-lo, como ilustrado na Figura 2.

Quadro 3 – Comparação do atendimento aos requisitos de segurança em uso.

SPP	SEGURANÇA - Requisitos de Uso											Média Total
	% de Atendimento	*1. O SPP minimiza riscos de quedas de pessoas (NR18)	*2. O SPP minimiza riscos de quedas de materiais e ferramentas (NR 18)	3. O SPP está fixado à estrutura de acordo com as indicações do projetista ou fabricante (NR 18)	4. O SPP é constituído de anteparos rígidos (NR 18)	*5. A instalação e remoção são feitas com segurança (NR 18 - CCOHS)	*6. Os materiais resistem e duram às condições normais de trabalho (EN 13374)	*7. Os travessões, telas e rodapé não têm emendas ou retalhos (EN 13374)	8. As conexões dificultam a remoção accidental de qualquer componente durante seu uso (EN 13374)	9. A inclinação do SPP não deve desviar-se demasiadamente da vertical, para fora ou para dentro. (EN 13374)	10. O SPP é estável em situações com ventos (EN 13374)	*11. Respeita-se a espessura dos componentes para evitar lesões e esforços excessivos (OSHA 19226.502)
MA-1	62	57	63	79	42	44	38	73	100	95	75	66
MA-2	73	96	100	100	50	50	56	78	NA	97	67	77
MI-3	88	73	63	87	58	38	44	63	87	97	100	73
MI-4	100	87	100	92	75	63	69	75	100	95	100	87
MI-5	100	68	100	81	100	44	50	56	100	90	100	81
ME-1	100	0	100	100	100	100	100	100	100	100	NA	90
ME-2	100	0	50	100	100	100	100	100	100	100	NA	85

* requisitos aplicáveis tanto na etapa de análise de projeto como na análise de uso



Figura 2 – Exemplo de atendimento parcial ao requisito 5 - montagem SPP-MA-1. Fonte: Peñaloza, 2015.

3.2 Avaliação de Requisitos de Eficiência

O Quadro 4 apresenta os requisitos de eficiência dos SPP e compara o atendimento a estes requisitos na fase de projeto. Mais uma vez, os SPP-ME obtiveram maior grau de atendimento em comparação com os SPP-MI e SPP-MA. Isso se deve principalmente aos mecanismos de conexão entre componentes, como encaixes, travas e pinos, que facilitam a montagem e desmontagem. Tais mecanismos evitam esforços excessivos, ao mesmo tempo que aumentam a produtividade. Além disso, os componentes de conexão integrados ao montante, e este, por sua vez, integrado às telas modulares, diminuem a variedade e quantidade de componentes, além de reduzir a quantidade de manuseios durante o transporte, diminuindo em consequência a exposição dos trabalhadores aos riscos nessa atividade.

Quadro 4 - Comparação do atendimento aos requisitos de eficiência em projeto.

SPP	EFICIÊNCIA - Requisitos de Projeto						Média Total
	% de Atendimento	1. O projeto prevê que o SPP seja reaproveitado em obras futuras, estimando sua vida útil (<i>Entrevista</i>)	*2. O projeto prevê que os componentes possam ser reutilizados na mesma obra (<i>Entrevista</i>)	*3. Foram previstas soluções para lidar com interferências com outros equipamentos (<i>Entrevista</i>)	*4. O projeto especifica o peso máximo por módulo de SPP (<i>Entrevista</i>)	5. O projeto minimizou a variedade de componentes (<i>Entrevista</i>)	6. O projeto minimizou a quantidade de componentes (<i>Entrevista</i>)
MA-1	0	100	0	0	0	0	16
MA-2	0	100	0	0	0	0	16
MI-1	50	50	0	0	0	100	33
MI-2	50	50	100	0	0	100	50
MI-3	50	50	0	0	0	0	16
MI-4	50	50	0	0	0	100	33
MI-5	50	50	0	0	0	100	33
ME-1	100	100	100	0	100	100	83
ME-2	100	100	100	0	100	100	83

* requisitos aplicáveis tanto na etapa de análise de projeto como na análise de uso.

O Quadro 5 compara a porcentagem de atendimento aos requisitos de uso. Destaca-se que doze dos dezoito SPP-MA avaliados não atenderam ao requisito 7 (reduzir o esforço físico nas atividades de montagem do SPP). Ao analisar a carga postural dos SPP-MA, a postura de pé apoiado sobre os dois joelhos curvados ocorreu em 75% das observações, estando então na categoria de risco 4 (risco alto), conforme o método OWAS (Figura 3). Já a postura de costas curvadas, a qual encontra-se no

limite da categoria de risco 2 (risco médio), foi constatada em 75% das observações. As posturas desfavoráveis de costas e joelhos devem-se principalmente à fixação de peça por peça mediante pregos (Figura 4).

Quadro 5 – Comparação do atendimento aos requisitos de eficiência em uso.

SPP	EFICIÊNCIA - Requisitos de Uso												
	% de Atendimento	1. A manutenção é simples (NR 18)	*2. Os componentes do SPP são reutilizados na mesma obra (Entrevista)	3. Baixo custo ao longo do ciclo de vida (Entrevista)	4. As conexões entre os componentes são fáceis e rápidas (Entrevista)	5. O SPP minimizou as perdas e resíduos gerados a partir da montagem e desmontagem (Entrevista)	*6. Não há interferências com outros equipamentos (Entrevista)	7. Reduzir o esforço físico na execução de tarefas de montagem (Entrevista)	8. As desconexões entre os componentes são fáceis e rápidas (Entrevista)	9. Reduzir o esforço físico na execução de tarefas de desmontagem (Entrevista)	*10. O peso por módulo do SPP não exige esforços físicos excessivos (Entrevista)	11. O SPP possibilita boa produtividade, nas tarefas de montagem e desmontagem (Entrevista)	Média Total
MA-1	100	100	0	0	0	50	0	50	50	NA	0		35
MA-2	100	0	0	0	0	50	0	50	50	NA	0		22
MI-1	50	100	50	100	50	50	100	100	100	100	100		81
MI-2	100	100	50	100	50	100	100	100	100	100	100		91
MI-3	50	100	50	50	0	50	100	100	100	100	0		64
MI-4	50	100	50	100	50	100	100	100	100	100	100		86
MI-5	50	100	50	100	50	50	100	100	100	100	100		81
ME-1	50	100	100	50	100	100	100	100	100	50	100		86
ME-2	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		95

* requisitos aplicáveis tanto na etapa de análise de projeto como na análise de uso.

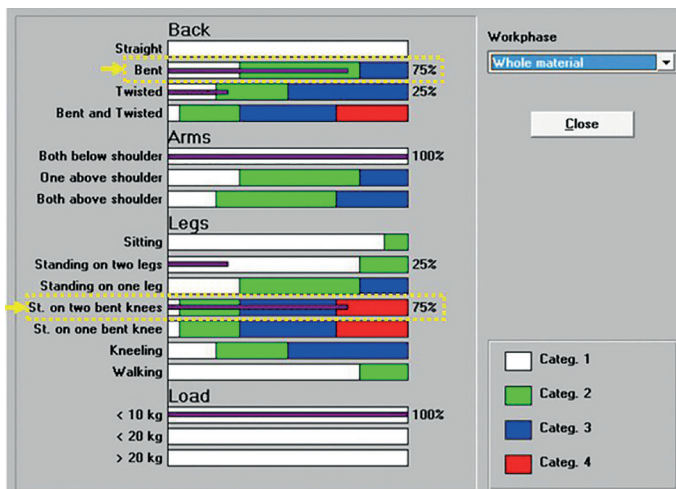


Figura 3 – Gráfico das posturas, analisadas com WinOWAS, na montagem dos SPP-MA-1.



Figura 4 – Posturas de pé, apoiado sobre os dois joelhos curvados e costas curvadas. Fonte: Peñaloza, 2015.

3.3 Avaliação de Requisitos de Flexibilidade

Os resultados indicaram que os SPP-ME têm melhor desempenho em relação à flexibilidade, ao se ajustarem a todas as etapas da obra, bem como às diferentes configurações geométricas (Quadro 6). Por exemplo, os montantes e quadros metálicos dos SPP-ME-2 são reguláveis em comprimento e articuláveis, o que permite melhor adaptação à periferia da edificação (Figura 5). Nos SPP-MA e SPP-MI, o principal aspecto

de flexibilidade a salientar é a adaptação a diferentes configurações geométricas, uma vez que os componentes em madeira podem ser recortados e acoplados entre si, de forma a ajustar o SPP a situações específicas ou inesperadas, somente detectadas no canteiro de obras. No caso dos SPP-ME, o projeto é adaptado a cada obra em particular em função dos diferentes módulos que compõem o SPP.

Quadro 6 – Comparação do atendimento aos requisitos de flexibilidade em projeto.

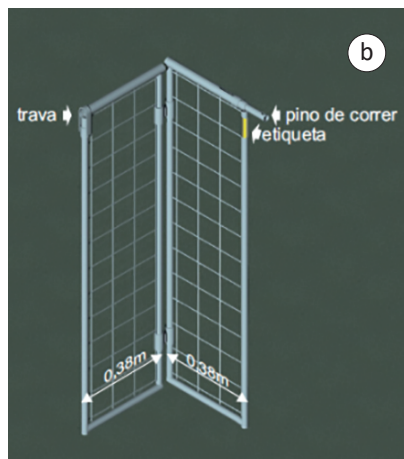
SPP	FLEXIBILIDADE - Requisitos de Projeto						Média Total
	% de Atendimento	*1. O projeto prevê meios de acesso de pessoas e materiais (NR 18)	*2. O projeto prevê o uso do mesmo SPP em todas as etapas da obra (Entrevista)	*3. O projeto especifica dimensões de componentes fáceis de manipular e transportar (Entrevista)	*4. O projeto prevê a execução de tarefas sem que o SPP precise ser retirado (Entrevista)	*5. O projeto ajusta-se às diferentes configurações geométricas, evitando soluções improvisadas (Entrevista)	*6. O projeto prevê adaptação às diferentes tecnologias construtivas (Entrevista)
MA-1	0	100	50	100	100	0	58
MA-2	0	0	100	0	0	0	16
MI-1	0	0	100	0	100	0	33
MI-2	0	0	100	100	100	0	50
MI-3	0	100	0	100	100	0	50
MI-4	0	0	100	0	100	0	33
MI-5	0	100	100	100	100	0	66
ME-1	100	100	50	100	100	0	75
ME-2	100	100	100	100	100	0	83

* requisitos aplicáveis tanto na etapa de análise de projeto como na análise de uso.

O Quadro 7 compara o atendimento aos requisitos de flexibilidade na fase de uso. Um aspecto a salientar refere-se aos SPP-MA-1, SPP-MI-3 e SPP-MI-5, os quais foram atendidos no projeto, mas não no uso, como ocorreu com o requisito 4 (o SPP permite a execução de tarefas sem precisar ser retirado, eliminando o cinto de segurança). Embora tais SPP estejam um pouco projetados para fora da periferia, o que permite a elevação da alvenaria de vedação externa, algumas empresas optam por remover o SPP antes ou durante a elevação da alvenaria, enquanto outras preferem manter o SPP instalado até finalizar as tarefas, requerendo uso de meios para removê-lo, tais como andaimes suspensos. Esta última situação gera riscos adicionais, já que muitas vezes ficam isolados em locais inacessíveis, podendo cair e atingir os trabalhadores no nível do solo (Figura 6).



Telas reguláveis em comprimento



Telas articuláveis em quina

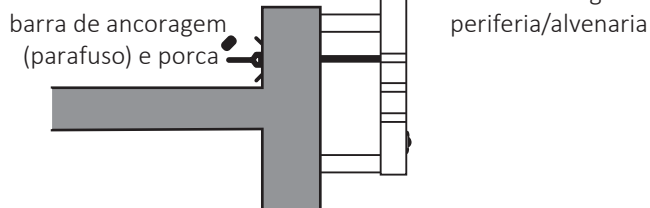
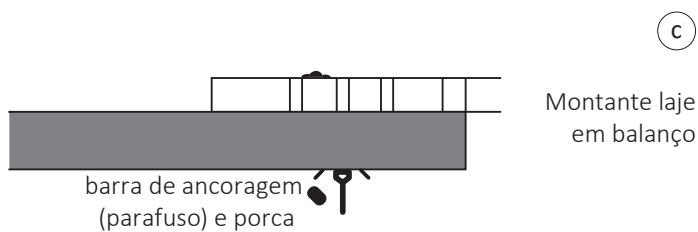


Figura 5 – Aspectos de flexibilidade do SPP-ME-2. Fonte: Scanmetal, 2011.

Quadro 7 – Comparação do atendimento aos requisitos de flexibilidade em uso.

SPP	FLEXIBILIDADE - Requisitos de Uso						Média Total
	% de Atendimento	*1. O SPP prevê meios de acesso de pessoas e materiais a partir da periferia (NR 18)	*2. O mesmo SPP pode ser usado em todas as etapas da obra (Entrevista)	*3. Os componentes são fáceis de manipular e transportar (Entrevista)	*4. O SPP permite a execução de tarefas sem precisar ser retirado (Entrevista)	*5. O SPP ajusta-se às diferentes configurações geométricas, evitando soluções improvisadas (Entrevista)	
MA-1	0	100	50	0	100	0	42
MA-2	0	0	50	0	100	0	25
MI-1	0	0	50	0	100	0	25
MI-2	0	0	50	100	100	0	42
MI-3	0	100	0	100	50	0	42
MI-4	0	0	50	0	100	0	25
MI-5	0	0	50	50	100	0	33
ME-1	50	100	50	100	100	0	66
ME-2	0	100	100	100	100	0	66

* requisitos aplicáveis tanto na etapa de análise de projeto como na análise de uso do SPP.



Figura 6 – (a) Remoção do SPP-MA-1 antes da vedação vertical; (b) SPP-MA-1 após vedação vertical; (c) remoção do SPP-MI-5 antes da vedação vertical; e (d) SPP- MI-5 após vedação vertical. Fonte: Peñaloza, 2015.

3.4 Oportunidades de Melhoria nos SPP

Em função dos requisitos menos atendidos, foram identificados exemplos de SPP disponíveis no mercado nacional e internacional, os quais apresentam soluções que contribuem para um melhor desempenho dos SPP avaliados, bem como amenizam as dificuldades das empresas em atender tais requisitos. Um dos requisitos menos atendidos refere-se ao requisito “o SPP permite a execução de tarefas sem precisar ser retirado”. Um exemplo existente no mercado serviu de inspiração para o desenvolvimento de um conjunto de soluções técnicas que podem ser incorporadas a diferentes SPP. O conjunto de soluções foi denominado de recomendação e permite a aplicação do protocolo proposto, dado que foi pensado com o objetivo atender a vários requisitos simultaneamente. O sistema Parapet Clamp (2005) possui um suporte de aço o qual se fixa à estrutura mediante um mecanismo tipo mordança, permitindo ajustar-se às dimensões da estrutura (Figura 7).



Figura 7 – Sistema de proteção de parapeitos. Fonte: Parapet Clamp, 2005.

Para o desenvolvimento da recomendação, adotou-se o formato em “U” do suporte Parapet Clamp (2005), o qual foi invertido no sentido contrário, isto é, a fixação acontece de baixo para cima na viga de borda (Figura 8). Outra solução incorporada ao suporte é o afastamento à periferia (Figura 8), similarmente a alguns montantes de SPP avaliados, os afastadores evitam que o SPP fique sobre o piso de trabalho, possibilitando, a execução da alvenaria de vedação.

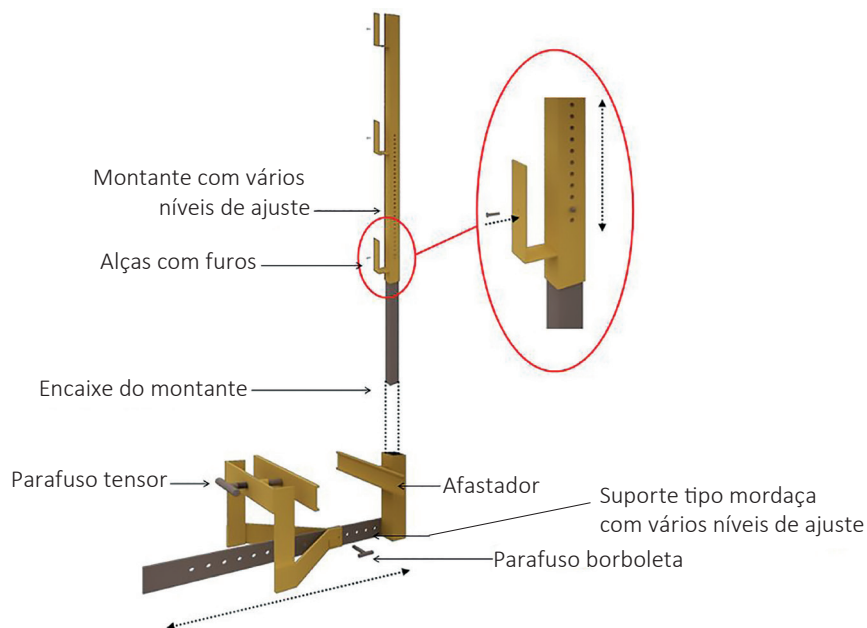


Figura 8 – Perspectiva e componentes. Fonte: Peñaloza, 2015.

Em relação à flexibilidade, o montante permite a combinação de componentes em madeira bem como telas metálicas (Figura 9). A Figura 10 ilustra uma alternativa de como o SPP pode ser instalado. Nota-se que os montantes foram posicionados um do lado do outro para facilitar a desmontagem por módulos (Figura 11).

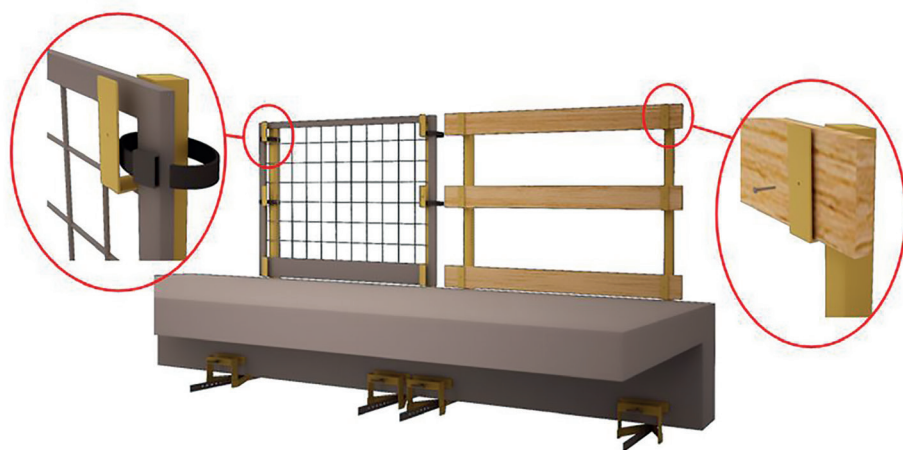


Figura 9 – Combinação de travessões e rodapé em madeira e tela metálica. Fonte: Peñaloza, 2015.

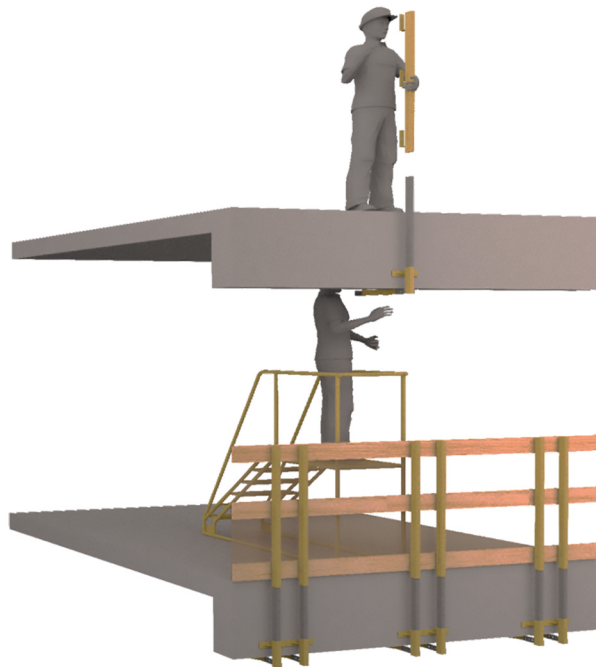


Figura 10 – Montagem do SPP. Fonte: Peñaloza, 2015.

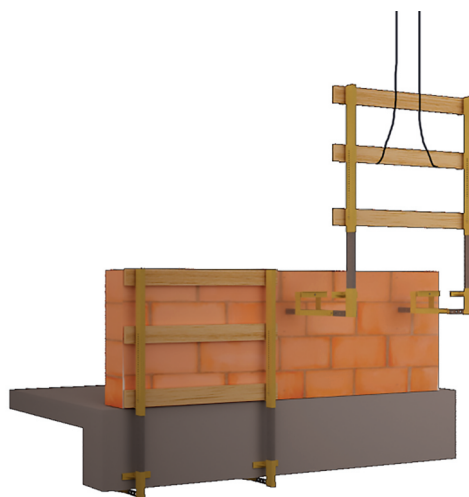


Figura 11 – Desmontagem por módulos. Fonte: Peñaloza, 2015.

4. Conclusões

As principais contribuições deste estudo foram: (a) identificação e organização de requisitos; (b) identificação de requisitos não citados em normas, a partir da compreensão das necessidades dos usuários; e (c) categorização dos requisitos segundo a natureza de cada um.

Outra contribuição deste trabalho refere-se à identificação das principais vantagens e desvantagens dos SPP em madeira, mistos e metálicos. Por um lado, as principais vantagens dos SPP em madeira e mistos são: (a) baixo custo de aquisição em comparação com os SPP metálicos e (b) adaptação a diferentes configurações geométricas do ponto de vista da maleabilidade do sistema. Uma das vantagens dos SPP mistos sobre os SPP em madeira é a reutilização dos montantes metálicos, seja dentro da obra ou em obras futuras. Por outro lado, as principais desvantagens dos SPP em madeira e mistos são: (a) maior quantidade e variedade de componentes avulsos (10 unidades) em comparação com os SPP metálicos (3 componentes); (b) a fixação dos componentes requer prega manual peça por peça, sem seguir um critério definido; (c) baixo reaproveitamento da madeira. Já as principais vantagens dos SPP metálicos são: (a) materiais mais resistentes e duráveis em comparação com os SPP e madeira e misto; (b) mecanismos de conexão rígidos e seguros mediante encaixes e travamentos integrados ao sistema; (c) alto reaproveitamento; (d) baixo custo ao longo do ciclo de vida; (e) menos perdas e resíduos; e (f) fácil de manipular por ser um sistema compacto com dispositivos incorporados.

O principal ponto fraco do SPP metálico refere-se ao projeto do rodapé. Alguns desses sistemas não possuem rodapé ou este é rejeitado pelos trabalhadores por ser um elemento solto da tela de proteção. Nesse sentido, foram identificadas algumas oportunidades para estudos futuros: (i) testar as oportunidades de melhoria identificadas em possíveis soluções tecnológicas, contribuindo para incentivar o setor da construção a desenvolver inovações; e (ii) refinar e atualizar o conjunto de requisitos e critérios propostos.

Referências

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. **UNE-EN 13374**: sistemas provisionales de protección de borde: especificaciones del producto, métodos de ensayo. Madrid, 2004.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Emprego**. Norma Regulamentadora 18 (NR-18): Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. 2015. Brasília-DF. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-18-condicoes-e-meio-ambiente-de-trabalho-na-industria-da-construcao>>. Acesso em: abr. 2014.

BRASIL. **Resultados da Fiscalização em Segurança e Saúde no Trabalho**: Brasil, 1996 a 2012. 2013. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/seg_sau/resultados-da-fiscalizacao-em-seguranca-e-saude-no-trabalho-brasil-1996-a-2009.htm>. Acesso em: jul. 2014.

CAMBRAIA, F.B.; FORMOSO, C.T. Análise de Avanços e Retrocessos no Atendimento às Especificações da NR 18 nos Últimos Dez Anos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, Belém, 2011. *Anais...* Belém: ANTAC, 2011.

CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY (CCOHS). **Safety Code for the Construction Industry S-2.1, r.6: installation of guard-rails**. 1981. Disponível em: <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1R4_A.HTM>. Acesso em: jul. 2014.

CHEUNG, E. **Rapid Demountable Platform (RDP): a device for preventing fall from height accidents**. *Journal of Accident Analysis and Prevention*, v. 48, n. 1, p. 235-245, 2012.

COSTELLA, M.F.; JUNGES, F.C.; PILZ, S.E. **Avaliação do Cumprimento da NR 18 em Função do Porte de Obra Residencial e Proposta de Lista de Verificação da NR-18**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 87-102, jul./set. 2014.

FUNDACENTRO. **Recomendações Técnicas de Procedimentos 01: medidas de proteção contra quedas de altura**. Fundacentro, 2003. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Publicação/rtp01.pdf>>. Acesso em: abr. 2013.

GARCIA, M.D.L.N.G. **Consideraciones Respecto a los Sistemas Provisionales de Protección de Borde**. Universidad politécnica de Madrid, 2010.

HOLLOMAN, J.H. **United States Patent and Trademark Office**. 1994. Disponível em: <<http://www.uspto.gov/patentsUS5314167>>. Acesso em: jul. 2014.

LAN, A.; DAIGLE, R. **Development and Validation of a Method For Evaluating Temporary Wooden Guardrails Built and Installed on Construction Sites**. *Safety Science*, v. 47, p. 215-226, 2009.

MALLMANN, B. S. **Avaliação do atendimento aos requisitos da NR 18 em canteiros de obra**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MCLAUGHLIN, J.; MCCOY, J. **United States Patent and Trademark Office**. 1976. Disponível em: <<http://www.uspto.gov/patentsUS3995833>>. Acesso em: jul. 2014.

METRO FORM SYSTEM. **Produtos: sistema de proteção Metro Form**. 2009. Disponível em: <<http://www.metroform.com.br/produto4.1.html>>. Acesso em: abr. 2014.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (OSHA). **United States Department of Labour**. 1926. 502: fall protection systems criteria and practices. 1996. Disponível em: <http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10758>. Acesso em: ago. 2013.

ORMAN. **Orman: sistemas de prevenção e proteção**. 2012. Disponível em: <<http://www.grupoorman.com.br/page.aspx>>. Acesso em: set. 2014.

OSTROW, P. **United States Patent and Trademark Office**. 2001. Disponível em: <<http://www.uspto.gov/patentsUS6220577>>. Acesso em: maio 2014.

PARAPET CLAMP. **Temporary Rooftop Guardrails**. 2005. Disponível em: <<http://wssafety.com/products/rooftop-guardrails-temporary>>. Acesso em: out. 2015.

PEÑALOZA, G.A. **Identificação de requisitos de desempenho de Sistemas de Proteção Periférica (SPP) em obras de edificações**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SAURIN, T.A.; LANTELME, E.; FORMOSO, C.T. **Contribuições para aperfeiçoamento da NR-18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. Relatório de Pesquisa.

SCANMETAL. **Trabalho e vida: proteção modulada de periferia de obras civis**. 2011. Disponível em: <<http://www.trabalhoevida.com.br/download/scanmanual.pdf>>. Acesso em: mar. 2013.

SULOWSKI, A. C. **Collective Fall Protection for Construction Workers**. Informes de la Construcción, v. 66, n. 533, 2014.

