AVALIAÇÃO DE PROTEÇÕES PROVISÓRIAS DE PERIFERIA METÁLICA – REQUISITOS DE NORMA BS EN 13374.

QUININO, Uziel C. M.[1]; CHRIST, Roberto[2]; TUTIKIAN, Bernardo[3]; OLIVEIRA, Milton. I. S.[4]
[1]UNISINOS, ITT Performance, Prof. MSc, *uquinino@unisinos.br*
[2]UNISINOS, ITT Performance, Prof. MSc, *rchrist@unisinos.br*
[3]UNISINOS, ITT Performance, Prof. DSc, *bftutikian@unisinos.br*
[4]Engefack Serviços & Participações Lt, Eng. Civil e Seg. do Trabalho, *milton@engefack.com.br*

RESUMO

Sabe-se que a busca por melhorias das condições de segurança e saúde nos locais de trabalho será sempre considerada uma atividade rotineira que se destina a adoção e emprego de modelos eficazes de prevenção integral à saúde do trabalhador e redução de acidentes de trabalho. Apesar das inúmeras medidas de segurança já consagradas pelo conhecimento técnico e previstas pelas normas vigentes, faz-se necessária a verificação de sistemas que são desenvolvidos para oferecer condições seguras aos operários que transitam em regiões de risco nas limitações do canteiro. Merece, neste trabalho, ser salientado o emprego de sistemas provisórios de proteção de periferia, dispositivos de segurança utilizados na construção civil com o objetivo principal de evitar queda de pessoas e/ou objetos a um nível inferior. De modo geral, são classificados conforme especificações previstas em norma regulamentadora, a exemplo da BS EN 13374 - *Temporary Edge Protection Systems – Product specification – Test Methods*, a qual estabelece requisitos relacionados ao seu emprego e padroniza os elementos de proteções de periferia em três classes - A, B e C. Neste sentido, o presente trabalho tem como contribuição principal avaliar o comportamento estrutural de um sistema de proteção provisória de periferia em aço estrutural, para as condições exigidas para classe A da norma BS EN 13374, submetido à ação de esforços estáticos. Com base nos dados obtidos do procedimento experimental adotado, os quais apontam atender aos critérios mínimos normativos - deformações totais abaixo do Estado Limite de Serviço – ELS e tensões resistentes aquém do Estado Limite Último – ELU - os protótipos dispensaram quaisquer tipos de alterações, quer sejam elas na constituição ou na geometria.
Palavras chave: Sistemas Provisórios de Proteção de Periferia; proteção contra queda; segurança e saúde do trabalho; verificação de estados limites.

ABSTRACT

It's known that the search for improvements in the safety and health conditions in the workplace will always be considered a routine activity that is intended to adoption and use of effective models of prevention of the worker's health and reduction of occupational accidents. Despite numerous security actions already established by technical expertise and required by applicable standards, it's necessary to check the systems that are designed to provide safe conditions for workers transiting in risk areas in the limitations of the construction site. It should, in this paper, be noted the use of temporary edge protection systems, safety devices used in construction with the main objective to prevent fall of persons and/or objects at a lower level. Generally, they're classified according to the standardized specifications as in the BS EN BS EN 13374 - *Temporary Edge Protection Systems – Product specification – Test Methods*, in which it's established the standards related to the its use, standardization of the periphery protection systems in three classes – A, B and C. Therefore, the main contribution of this paper is to evaluate the structural behavior of a temporary protection system of periphery made of structural steel, to the requirements for Class A of BS EN 13374, submitted to the action of static stress. Based on the data obtained from the experimental procedure adopted , which indicates that the system meets regulatory minimum criteria - total deformation below the Serviceability Limit State - SLS - and resistant strains below the Ultimate Limit State - ULS -, prototypes dismissed any kind of change, whether in the constitution or in the geometry.
Keywords: Interim Protection Systems Periphery, fall protection, safety and health at work; bounds checking states.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil vem passando pelo seu melhor momento economicamente, isso significa que há grandes obras sendo executada, grande procura por mão de obra e um grande volume de operários nos canteiros. Porém, em contra ponto, segundo o Ministério do Trabalho e emprego, o setor da construção civil é um dos que mais causa acidentes de trabalho no Brasil, ultrapassando os 35 mil acidentes no ano de 2010 (Alves e Savi, 2012).

A prevenção é sem dúvida a medida mais recomendada para acidentes de trabalho na construção civil. A redução ou eliminação dos riscos na sua origem é reconhecidamente, a medida preventiva primordial para combate dos acidentes de trabalho (González, 2013). A queda de pessoas de altura é o acidente de trabalho que representa a maior parte dos acidentes fatais na indústria da construção civil (Wong et al. 2009).

No Brasil, os acidentes relacionados a trabalho em altura também são os que mais geram óbitos ou afastamento do trabalho (Alves e Savi, 2012). Com base nestes dados foi criado no ano de 2012 a NR 35 – Trabalhos em altura, a fim de reforçar as outras normas já existentes e diminuir a ocorrência de mais acidentes.

As proteções provisórias de periferias são elementos que devem ser dispostos na superfície de trabalho para proteger de uma eventual queda do operário e ou de algum objeto. A norma BS EN 13374 classifica as proteções em três classes dependentes da altura de queda do operário ou objeto e da inclinação da superfície de trabalho, como pode ser percebido na Figura 1.

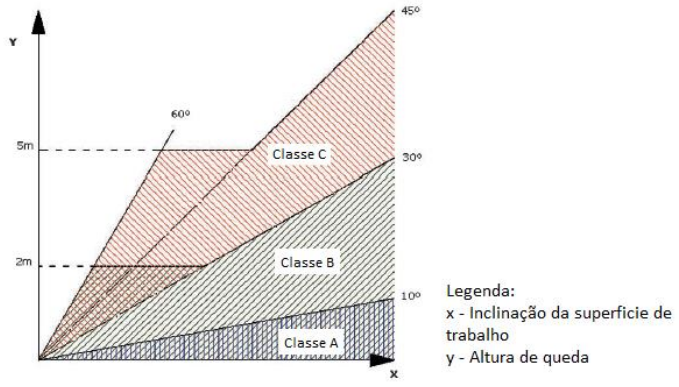

Figura 1 – Classe para diferentes inclinações e alturas de queda
Fonte: BS EN 13374

As causas dos acidentes de trabalho em altura são por muitas vezes o uso inadequado dos equipamentos de segurança e equipamentos de segurança inoperantes (Wong et al. 2009).

As proteções de periferia devem atender certos requisitos, tanto geométricos como dos materiais que compõem o sistema. Os materiais utilizados na execução das proteções podem ser de diferentes espécies, desde que atendam as prescrições da BS EN 13374.

A inexistência de projetos específicos de proteções de periferia é comum em obras de construção civil, isso pode ser comprovado sem que seja necessária uma visita à obra. As proteções ficam expostas nas fachadas das edificações, e estas mostram a negligência por parte dos responsáveis técnicos com relação às proteções provisórias de periferia.

A utilização das proteções contra quedas possui uma elevada interferência sobre o comportamento humano. A existência deste dispositivo passa a sensação de segurança e de respeito à integridade do trabalhador, porém é comum encontrarmos empresas que não aplicam medidas de prevenção eficaz, por desconhecimento dos benefícios e pela falta de integração dos projetos (Martins, 2004).

Dentro deste contesto este trabalho tem por objetivo analisar, experimentalmente, o comportamento de estruturas de sistemas provisórios de proteção de periferia nos quesitos da classe A da norma BS EM 13374, constituídas com todos seus componentes em aço, destinadas a funcionar como elementos que impeçam a queda de pessoas e/ou objetos em contornos de lajes, telhados, escadas e quaisquer áreas/superfícies horizontais, caso seja necessária a proteção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A proteção de periferia analisada é fabricada pela empresa Capivari, o sistema é composto por montantes definidos por tubos retangulares metálicos vinculados em ambas as extremidades. Os travessões superior, intermediário e do rodapé são substituídos por um quadro metálico com peças de seção retangular vazada, soldados entre si. O protótipo foi montado, obedecendo às dimensões e distribuição dos componentes estabelecidos no projeto fornecido pelo fornecedor do sistema, como pode ser observado na Figura 2.

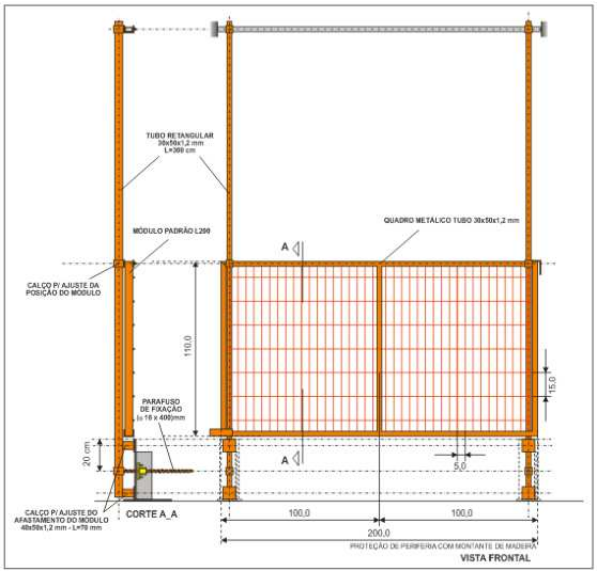

Figura 2 - Dimensões e montagem do sistema metálico de proteção

O material constituinte dos tubos e chapas metálicas é aço estrutural SAE 1020. A tela de proteção é do tipo tela de alambrado com malha 5x15 cm e arame com diâmetro ϕ = 2,5 mm;

Para a fixação dos quadros junto aos montantes, foram empregados calços e braçadeiras metálicas, bem como parafusos que garantem a posição. As telas de segurança são fixadas aos quadros metálicos com o auxílio de soldas.

Referente aos apoios, estes foram confeccionados com chapas metálicas de alta resistência, soldadas entre si, de modo a formar elementos rígidos que reproduzissem a face da viga da estrutura em obra, não influenciando nas leituras dos deslocamentos e garantindo a fixação ideal dos montantes através de parafusos com diâmetro de 12,7mm e comprimento de 40 cm.

Para atingir os objetivos, foi adotado o método dividido em duas etapas distintas:

a) Etapa I – Estado Limite de Serviço: aplicação de cargas horizontais e verticais, conforme os requisitos estabelecidos pela norma e medição dos deslocamentos nas direções das cargas aplicadas. Com base nas exigências de deflexão, é realizada uma verificação entre as deformações elásticas obtidas e os valores limites para as flechas máximas;

b) Etapa II – Estado Limite Último: neste procedimento, a verificação está relacionada com a capacidade de carga para valores majorados e combinados com o vento e da perda de estabilidade.

Para cada tipo de ensaio realizado, quatro amostras representativas foram testadas.

2.2. Sistema de aplicação de cargas

Segundo a norma BS EN 13374, item 6, a proteção Classe A é projetada para resistir somente a cargas estáticas e deve atender aos requisitos de carga previstos.

Tanto para a verificação do ELS, bem como para a verificação do ELU, os protetores são submetidos a um conjunto de cargas, aplicados de acordo com a orientação do projeto de norma. Nestas especificações, são preditas cargas concentradas horizontais e verticais em cada um dos componentes do sistema de proteção de periferia montantes, travessão superior, rodapé e tela de proteção contra queda de materiais não necessitando serem consideradas como simultâneas.

Como pode ser observado na Figura , para travessão superior, rodapé e tela de proteção a carga horizontal F_H, no sentido de dentro para fora (da área protegida), é aplicada no centro do vão, entre os montantes.

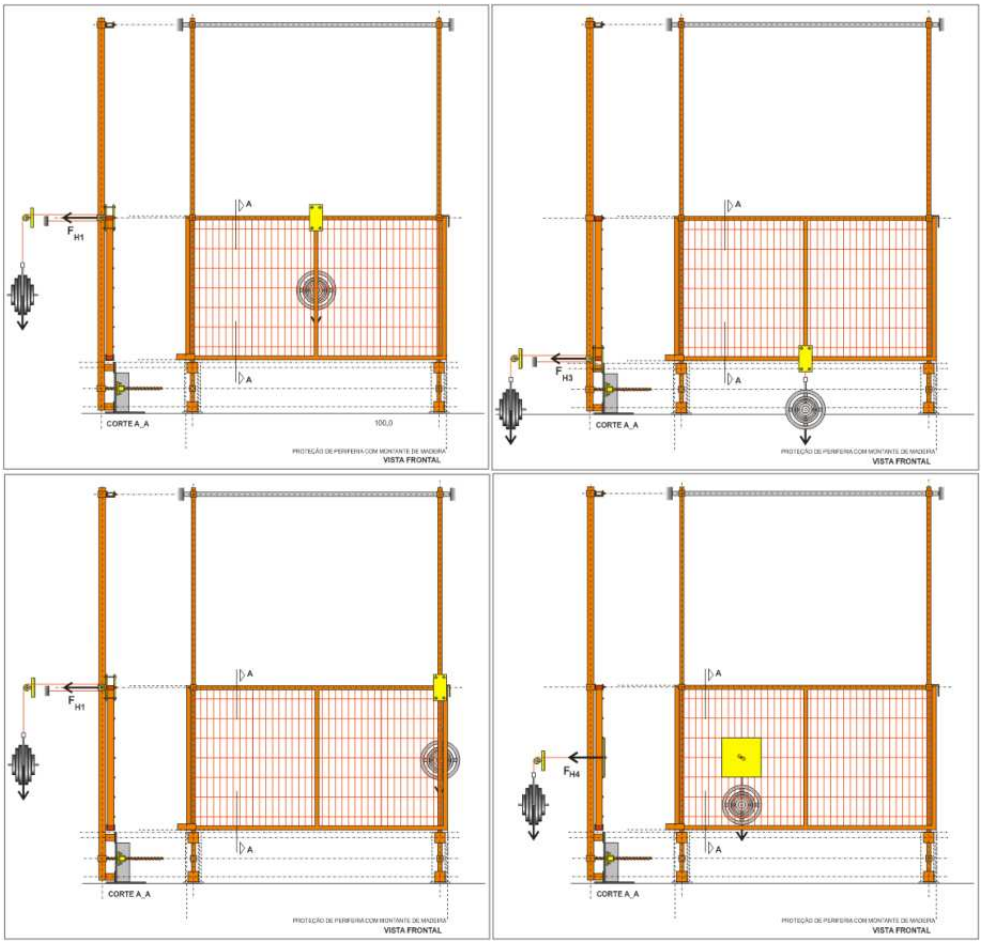

Figura 3 - Esquema de aplicação das cargas horizontais.

O sistema é testado, ainda, sob a ação de uma carga vertical F_V, de cima para baixo, aplicada no centro dos vãos de cada um dos componentes – travessão superior e rodapé –, sendo verificado o ELS e ELU. A Figura ilustra o esquema adotado para aplicação da carga vertical especificada pela norma.

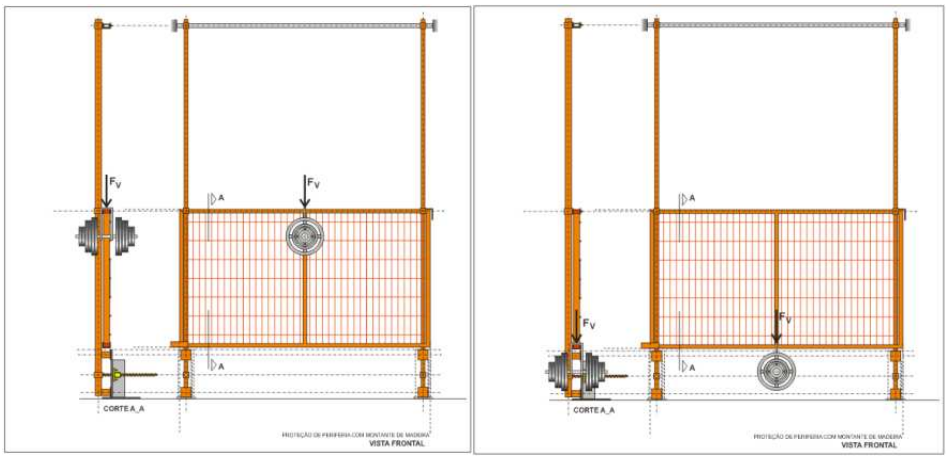

Figura 4 - Cargas verticais aplicadas em cada um dos componentes.

Por fim, de acordo com a configuração de carregamento representada pela Figura , o sistema de proteção é submetido a uma carga horizontal F_{HP}, aplicada na direção do travessão superior, paralela ao plano formado pelos montantes e travessões.

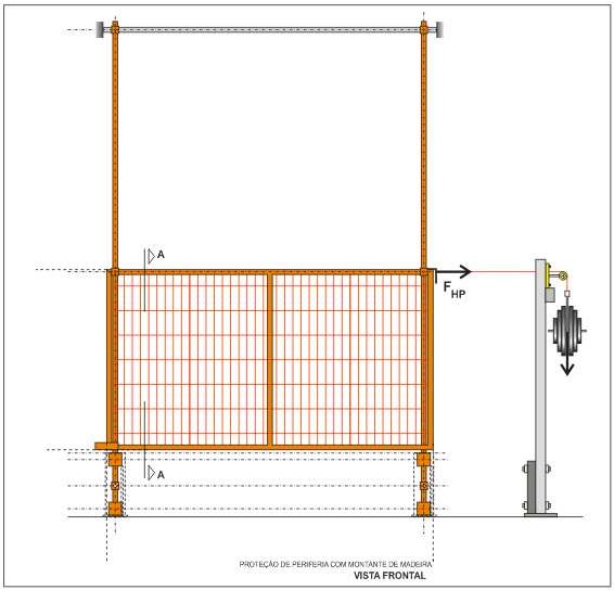

Figura 5 - Carga paralela ao sistema de proteção de periferia.

3. RESULTADOS

A seguir, são apresentados os resultados obtidos durante os ensaios mencionados.

3.1 Estado Limite de Serviço – ELS

As cargas são aplicadas até o limite máximo previsto para verificação do ELS, ao mesmo tempo em que são feitas as medições dos deslocamentos em suas direções. Com o intuito de determinar a curva *carga aplicada vs deslocamento na direção da carga*, as leituras das flechas foram realizadas a cada 100N. Por fim, depois de atingida a carga máxima, foi realizado o descarregamento do corpo de prova, em etapas iguais ao carregamento, registrando, para cada uma delas, os valores de deslocamentos lineares.

Nos gráficos, a linha pontilhada indica o comportamento dos protetores ao longo da retirada da carga e as nomenclaturas P0, P1, P2 e P3 são as denominações adotadas para os quatro protótipos testados.

3.1.1 Carga excepcional horizontal no travessão superior – F_{H1} – e rodapé – F_{H3}

A

Tabela 1 apresenta os valores dos deslocamentos medidos no centro do vão no travessão superior, bem como o deslocamento medido no centro do vão do rodapé, na direção da carga F_{H1} e F_{H3}, respectivamente.

Tabela 1 - Valores de deslocamentos para carga horizontal no travessão superior e rodapé.

	FORÇA [N]	PROTÓTIPO P0		PROTÓTIPO P1		PROTÓTIPO P2		PROTÓTIPO P3	
		TRAVESSÃO SUPERIOR	RODAPÉ	TRAVESSÃO SUPERIOR	RODAPÉ	TRAVESSÃO SUPERIOR	RODAPÉ	TRAVESSÃO SUPERIOR	RODAPÉ
		fh1 [mm]	fh3 [mm]	fh1 [mm]	fh3 [mm]	fh1 [mm]	fh3 [mm]	fh1 [mm]	fh3 [mm]
CARREGAMENTO	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	100	2,63	1,92	1,15	0,69	1,50	0,35	1,17	0,72
	200	3,63	2,83	3,01	1,84	3,11	1,22	3,00	1,12
	300	5,91	3,53	4,72	2,54	4,70	2,29	4,86	2,04
	400	7,48	4,08	6,05	3,07	6,48	3,19	6,48	3,06
	500	9,22	5,12	7,60	3,79	8,14	3,69	8,05	4,03
	600	11,17	5,54	9,56	4,90	10,04	4,15	8,62	4,71
	700	12,11	6,32	11,24	5,64	11,94	5,24	11,41	6,09
	800	13,63	7,16	12,93	6,54	13,72	6,18	13,00	6,92
	900	15,37	8,06	14,56	7,42	15,71	6,98	15,07	8,19
	1000	17,23	8,63	16,63	8,35	17,71	7,67	16,58	9,16
	1100	18,64	9,21	18,09	9,27	19,88	9,02	18,27	10,53
	1200	20,55	10,37	19,82	9,82	21,86	9,96	20,06	11,67
	1300	22,03	11,63	21,57	10,92	24,03	11,01	21,83	12,82
	1400	24,49	12,37	23,99	11,66	25,95	12,36	23,06	13,91
	1500	26,26	13,06	25,62	12,61	28,35	13,58	25,99	15,52
	1600	27,45	14,21	27,73	13,35	30,56	14,58	28,10	16,49
	1700	29,56	15,46	29,96	13,73	32,97	15,48	30,07	17,66
	1800	31,71	16,86	32,44	14,52	35,57	16,88	32,23	18,88
	1900	34,28	18,45	34,84	15,45	38,47	17,94	34,61	20,21
	2000	36,77	19,17	37,56	16,14	41,15	19,37	37,16	21,60
DESCARREGAMENTO	*1900*	*36,21*	*18,74*	*36,16*	*15,74*	*40,21*	*18,91*	*36,48*	*21,30*
	1800	*34,80*	*18,14*	*35,29*	*14,93*	*38,95*	*18,12*	*34,93*	*20,42*
	1700	*33,17*	*17,22*	*33,90*	*14,03*	*37,15*	*17,33*	*33,56*	*19,07*
	1600	*32,39*	*16,56*	*31,49*	*13,45*	*35,99*	*16,64*	*31,05*	*18,47*
	1500	*29,71*	*16,35*	*30,21*	*12,96*	*33,99*	*16,19*	*29,62*	*17,68*
	1400	*28,21*	*15,09*	*29,00*	*12,36*	*32,00*	*15,30*	*28,54*	*17,03*
	1300	*26,27*	*14,65*	*26,60*	*11,17*	*29,89*	*14,04*	*25,79*	*15,66*
	1200	*25,20*	*14,11*	*25,52*	*11,05*	*28,30*	*13,58*	*24,62*	*14,57*
	1100	*24,14*	*13,05*	*24,03*	*9,97*	*26,69*	*12,04*	*23,34*	*13,92*
	1000	*22,17*	*12,61*	*21,71*	*8,97*	*24,75*	*10,79*	*21,25*	*13,08*
	900	*20,95*	*11,59*	*20,51*	*7,84*	*22,95*	*10,22*	*20,06*	*12,00*
	800	*18,86*	*10,65*	*19,26*	*7,22*	*20,83*	*9,37*	*18,27*	*11,23*
	700	*17,07*	*9,65*	*17,08*	*6,45*	*18,50*	*8,53*	*16,43*	*10,19*
	600	*15,86*	*9,00*	*15,63*	*5,61*	*16,99*	*7,74*	*15,00*	*9,24*
	500	*13,76*	*7,96*	*13,55*	*4,73*	*14,79*	*6,59*	*12,91*	*8,23*
	400	*12,83*	*6,52*	*11,67*	*3,13*	*13,03*	*5,50*	*11,35*	*7,18*
	300	*10,84*	*5,92*	*10,03*	*2,49*	*10,37*	*4,94*	*9,20*	*6,44*
	200	*9,06*	*5,26*	*8,53*	*2,03*	*9,00*	*4,12*	*7,81*	*5,31*
	100	*7,21*	*4,68*	*6,47*	*1,42*	*6,54*	*3,50*	*5,77*	*4,19*
	0	*5,41*	*2,11*	*4,94*	*0,35*	*4,91*	*2,65*	*3,82*	*3,04*

Graficamente, a Figura 6 ilustra o comportamento dos protetores de periferia para a carga F_{H1} e F_{H3}, para cada amostra. Nestes testes, é pertinente destacar que os limites de deslocamentos na direção das cargas F_{H1} e F_{H3} são, respectivamente, de $f_{H1máx}$=150 mm e $f_{H3máx}$=120 mm, conforme requisito da norma.

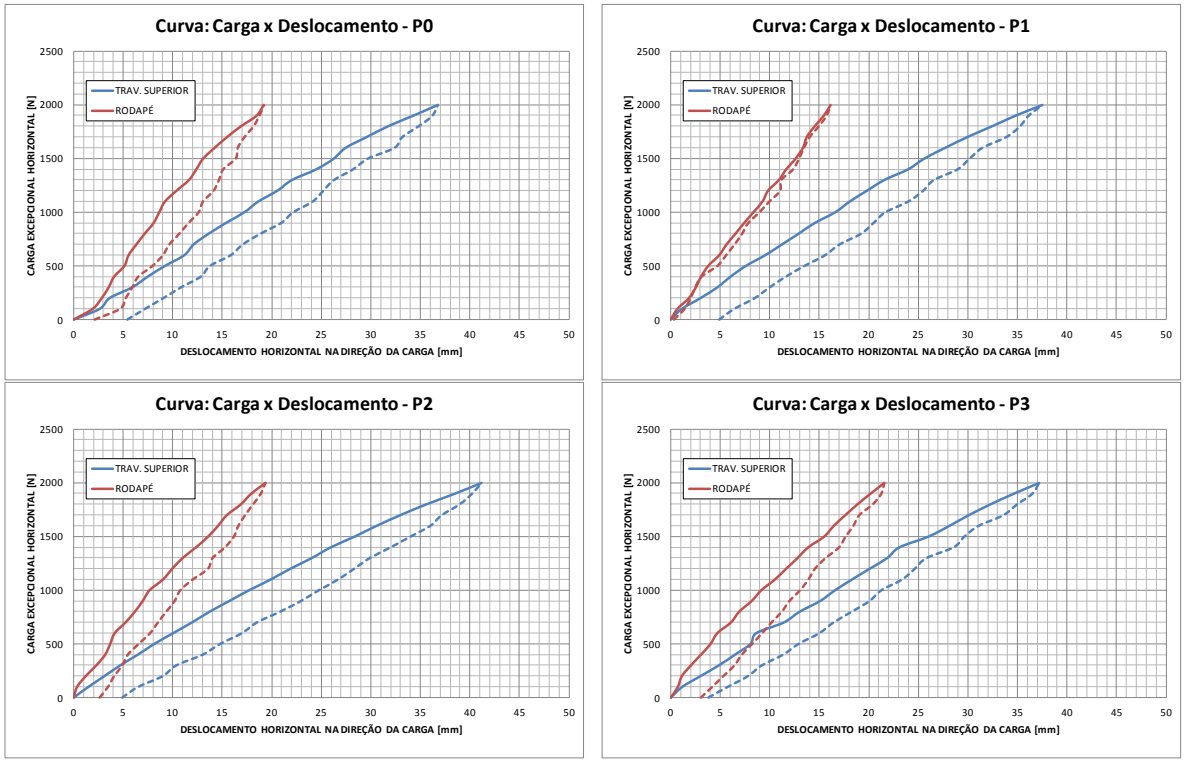

Figura 6 - Curvas F_{Hi}xf_{Hi} - travessão superior e rodapé

3.1.2 Carga excepcional no montante – F_{H1}.

Foi aplicada a carga F_{H1} no montante da proteção de periferia avaliada e a Tabela 2 apresenta os valores dos deslocamentos medidos na altura da braçadeira de fixação do quadro metálico no montante, na direção da carga F_{H1}.

Tabela 2 – Valores médios de deslocamentos para carga horizontal no montante/protetor.

FORÇA [N]	PROTETORES - MONTANTES			
	P0	P1	P2	P3
	fh1 [mm]			
0	0	0	0	0
50	0,885	0,616	0,651	0,474
100	1,788	1,266	1,326	1,256
150	2,624	2,049	2,071	1,857
200	3,487	2,838	2,795	2,553
250	4,176	3,617	3,545	3,234
300	4,974	4,362	4,589	3,949
350	5,715	5,063	5,135	4,732
400	6,454	5,947	5,904	5,496
450	7,254	6,617	6,674	6,341
500	7,946	7,272	7,41	7,003
550	8,725	8,193	8,149	7,796
600	9,495	9,288	8,941	8,522
650	10,238	9,837	9,716	9,275
700	10,951	10,499	10,578	10,007
750	11,888	11,273	11,298	10,919
800	12,621	12,228	12,874	11,637
850	13,365	12,582	13,373	12,329
900	14,346	13,216	14,173	13,112
950	15,136	13,926	14,939	14,1
1000	16,114	14,829	15,95	15,078
1050	17,029	15,888	16,701	15,993
1100	17,971	17,039	17,752	16,935
1150	19,036	18,167	18,92	18
1200	20,354	19,263	20,049	19,318
1250	21,7	20,47	21,76	20,664
1300	23,903	21,676	23,108	22,867

Como cada protetor possui um par de montantes, adotou-se registrar a média aritmética dos valores encontrados para os componentes do protetor. A Figura 7 apresenta o comportamento dos montantes dos protetores de periferia para a carga F_{H1}.

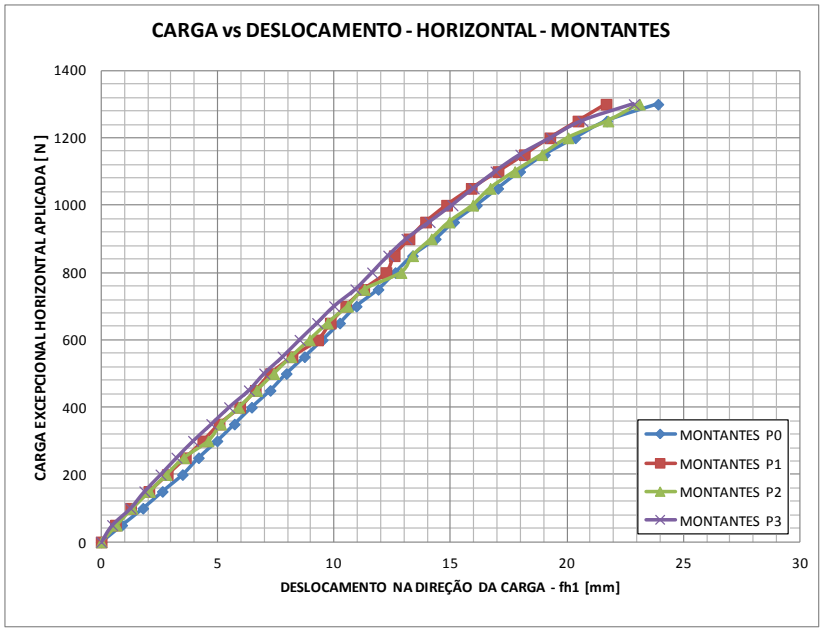

Figura 7 – Curva F_{H1} *x* f_{H1} – montantes.

Assim como no caso da carga excepcional horizontal no travessão superior, a flecha máxima permitida pela norma para essa configuração é de fH1máx=150 mm, muito além do observado no ensaio.

3.1.3 Carga excepcional vertical no travessão superior e rodapé – F_V

Para aplicar a carga vertical no montante superior decidiu-se adotar o emprego de uma alça (cabo de aço), reduzindo a altura das massas utilizadas com relação ao solo, garantindo a segurança dos equipamentos e operários.

Sob a ação da carga F_V = 1250 N vertical aplicada na metade do vão do travessão superior, assim como do rodapé (travessão inferior), a flecha obtida na direção da carga não deve exceder 200 mm. Os resultados obtidos neste ensaio são apresentados na Tabela 3.

A Figura 8 ilustra a configuração de aplicação da carga F_V no sistema de proteção de periferia.



Figura 8 – Aplicação de carga vertical F_V no sistema de proteção a) travessão superior e b) rodapé.

A Tabela 3 apresenta os valores dos deslocamentos medidos no centro do travessão superior, na direção da carga F_V.

Tabela 3 – Valores de deslocamentos para carga vertical no travessão superior e rodapé.

FORÇA	P0		P1		P2		P3	
[N]	TRAV. SUP.	RODAPÉ	TRAV. SUP.	RODAPÉ	TRAV. SUP.	RODAPÉ	TRAV. SUP.	RODAPÉ
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
300	1,275	1,396	1,367	1,311	1,328	1,296	1,250	1,283
600	2,603	2,688	2,655	2,620	2,748	2,626	2,684	2,609
800	3,504	3,592	3,818	3,541	3,743	3,523	3,814	3,501
1000	4,413	4,480	4,728	4,433	4,772	4,433	5,003	4,405
1100	4,852	4,920	5,206	4,874	5,229	4,876	5,649	4,844
1200	5,281	5,361	5,630	5,319	5,729	5,344	6,288	5,305
1240	5,475	5,537	5,931	5,494	5,945	5,533	6,537	5,488
1280	5,628	5,714	6,158	5,677	6,156	5,706	6,779	5,676
1300	5,729	5,815	6,294	5,766	6,287	5,812	6,945	5,789
1320	5,829	5,916	6,423	5,876	6,485	5,921	7,297	5,930
1300	*5,739*	*5,825*	*6,337*	*5,782*	*6,412*	*5,881*	*7,207*	*5,843*
1280	*5,647*	*5,738*	*6,258*	*5,692*	*6,321*	*5,789*	*7,117*	*5,751*
1240	*5,485*	*5,573*	*6,135*	*5,528*	*6,154*	*5,624*	*6,947*	*5,583*
1200	*5,315*	*5,409*	*5,964*	*5,342*	*5,990*	*5,458*	*6,780*	*5,415*
1100	*4,893*	*4,986*	*5,531*	*4,912*	*5,560*	*5,036*	*6,348*	*4,988*
1000	*4,465*	*4,565*	*5,099*	*4,473*	*5,129*	*4,610*	*5,914*	*4,561*
800	*3,594*	*3,702*	*4,222*	*3,579*	*4,271*	*3,744*	*5,044*	*3,700*
600	*2,716*	*2,824*	*3,319*	*2,660*	*3,371*	*2,850*	*4,150*	*2,821*
300	*1,405*	*1,522*	*1,978*	*1,294*	*2,020*	*1,504*	*2,809*	*1,482*
0	*0,078*	*0,176*	*0,556*	*0,070*	*0,623*	*0,134*	*1,431*	*0,125*

A Figura 9 ilustra o comportamento dos protetores de periferia para a carga F_V, para as quatro amostras.

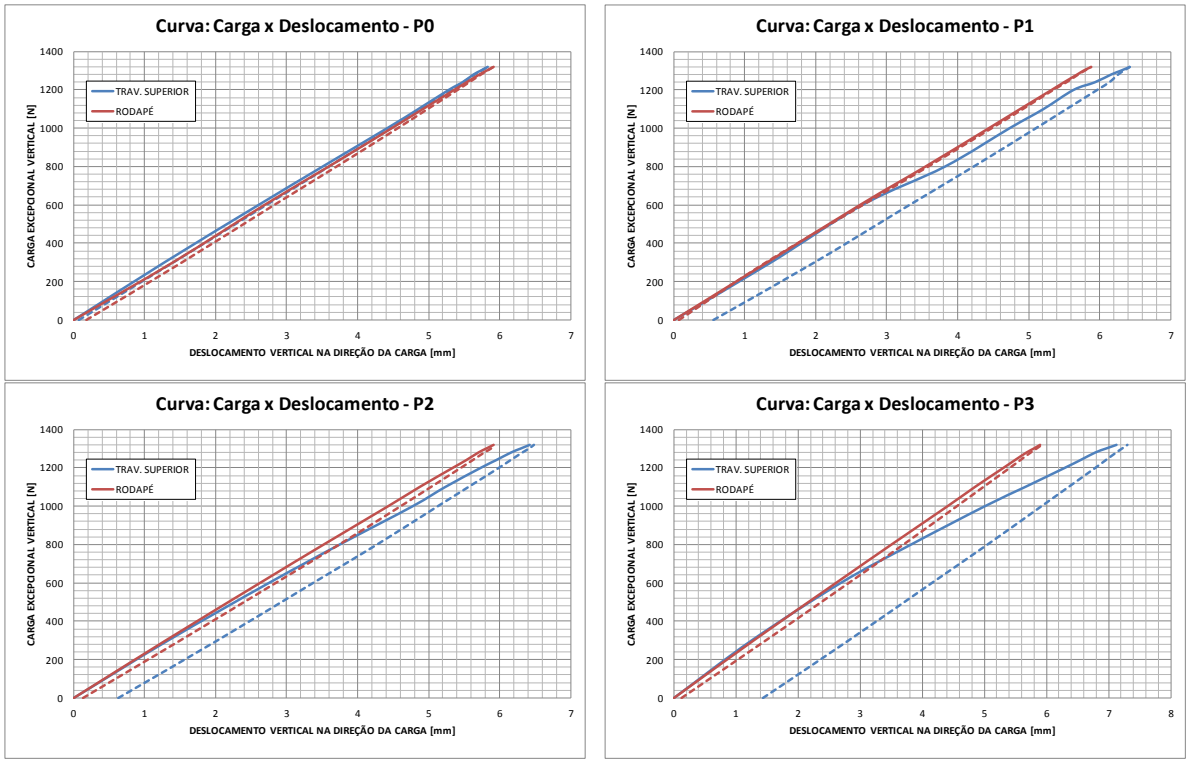

Figura 9 – Curva $F_V x f_V$ – travessão superior e rodapé

3.2 Estado Limite Último – ELU

Para que o sistema de proteção de periferia esteja de acordo com os requisitos estabelecidos pelo projeto de norma, é imprescindível a ausência de ruptura ou desprendimento dos componentes, bem como de deformação permanente, quando submetido à ação das cargas e combinações mencionadas.

Após a aplicação das cargas máximas previstas, respeitando o tempo de um minuto, é feita uma análise visual dos travessões, montantes, tela de proteção, ligação entre eles, assim como vinculação com o sistema de apoio. Vale salientar que para realizar os testes nos montantes, decidiu-se fazê-los separadamente.

Com o intuito de identificar a configuração de carregamento mais desfavorável (verificação do ELU) e, a parir desta, analisar seus efeitos no que se refere à magnitude dos momentos fletores atuantes ao longo das seções transversais do protetor e, por conseguinte, tensões solicitantes, decidiu-se simular numericamente o problema. Os esquemas estruturais simplificados podem ser vistos na Figura 10.

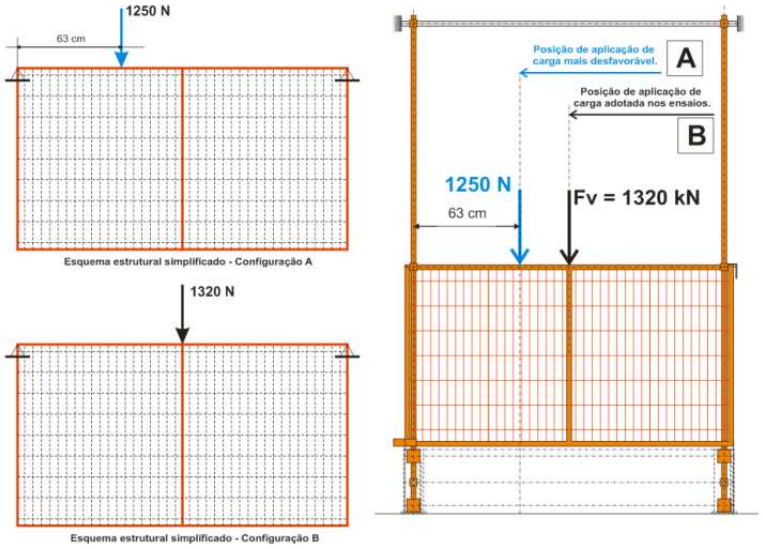

Figura 10 – Esquemas estruturais simplificados: configuração mais desfavorável (A) e configuração adotada nos ensaios (B).

A análise numérica apontou que ao aplicar a carga vertical Fv = 1250N em um ponto distante 63cm do apoio, em direção ao centro do travessão superior, as solicitações de flexão são maiores quando comparadas aos momentos fletores provenientes da aplicação da carga no centro do protetor, mesmo quando essa é de 1320N (valor adotado no procedimento experimental). Obviamente, é importante salientar que a rigidez dos elementos constituintes do protetor é suficiente para que o sistema suporte as tensões geradas pela solicitação máxima obtida. Entretanto, a carga de 1320N aplicada no centro do dispositivo favorece o surgimento

de deslocamentos verticais mais elevados, colocando-os em comparação aos valores de flechas obtidos na outra configuração em que a ação dos 1250N está afastada da extremidade. Desta forma, a configuração adotada nos procedimentos seria a mais desfavorável, quando se trata da verificação do ELS, como se observa na Figura 11.

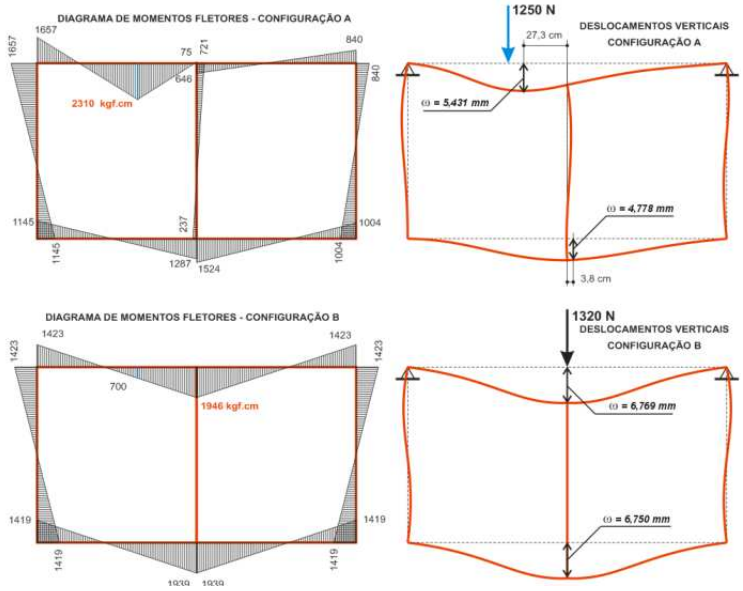

Figura 11 – diagramas de momentos fletores e deslocamentos verticais

Vale salientar que o referido projeto de norma, quanto à verificação do Estado Limite Último, recomenda a obtenção da carga última, Ru, sendo esta a ação necessária para provocar uma falha significativa no nível do conjunto do sistema ou em um dos elementos que o compõe.

A função principal do sistema está associada à ação da carga excepcional na direção horizontal, sendo esta aplicada na altura do travessão superior, como sendo a configuração mais desfavorável. As quatro amostras foram submetidas a uma carga de 2000 nesta direção - 2,2x maior que a carga máxima de ensaio – que não houve falhas. Assim, o requisito de ruptura está aprobado.

4. CONCLUSÕES

Com base nos ensaios e verificações realizadas neste trabalho, é viável apresentar as seguintes constatações:

- os resultados coletados indicam que o desempenho dos protetores é adequado e suficiente para resistir às eventuais ações previstas na verificação do ELS e ELU estabelecidos pelo projeto de norma, no que se refere às cargas excepcionais horizontais atuantes no travessão superior e no rodapé;

- no teste dos montantes, os elementos que fazem parte da fixação do protetor não apresentaram falhas na medida em que os montantes foram submetidos à carga excepcional horizontal. Isto indica que, após uma ocorrência desta carga, estes elementos atenderam aos requisitos de deformação excessiva e condições de estabilidade.

-no que diz respeito aos testes realizados na tela de proteção contra queda de materiais, considera-se que a mesma resiste, suficientemente, às condições normais de trabalho, uma vez que suportou as cargas previstas para verificação do ELU;

- frente à ação da carga vertical, os quatro protetores ensaiados não apresentaram falhas, mantendo-se íntegros e estáveis. Pode-se, ainda, concluir que o comportamento do sistema está dentro de um regime elástico e linear, pois as deformações aferidas após a retirada da carga foram praticamente nulas, o que evidencia a ausência de dano no sistema;

- suportando a ação da carga F_{HP}, os protetores se mostraram de acordo com os requisitos estabelecidos pelo projeto de norma, não evidenciando falhas em qualquer um dos componentes de constituição.

Portanto, concluiu-se que, para as especificações de ensaios consideradas, os protetores se mostraram ADEQUADOS, pois após os testes, os sistemas apresentaram condições para serem utilizados com a finalidade para a qual foram projetados, qual seja, proteção para trabalhos junto à periferia em piso plano ou no máximo com inclinação de 10º em relação à horizontal.

5. REFERÊNCIAS

ALVES C. R.; SAVI C. N. **APLICAÇÃO DA NORMA REGULAMENTADORA NR-35 REFERENTE A TRABALHOS EM ALTURA: ESTUDO DE CASO.** Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil da UNESC - Como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil, Brasil, 2012.

GONZÁLEZ, M. N. et al. **Comportamiento de Sistemas Provisionales de Protección de Borde de polietileno de alta densidad frente a cargas estáticas y de impacto.** Materiales de Construcción, Espanha, 2013.

WONG F. K. W. et al. **Findings from a research study of construction safety in Hong Kong - Accidents related to fall of person from height.** Journal of Engineering, Design and Technology, Hong Kong, 2009.

HUANG X. ASCE M. **Analysis of Construction Worker Fall Accidents**, JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, New York, 2003.