

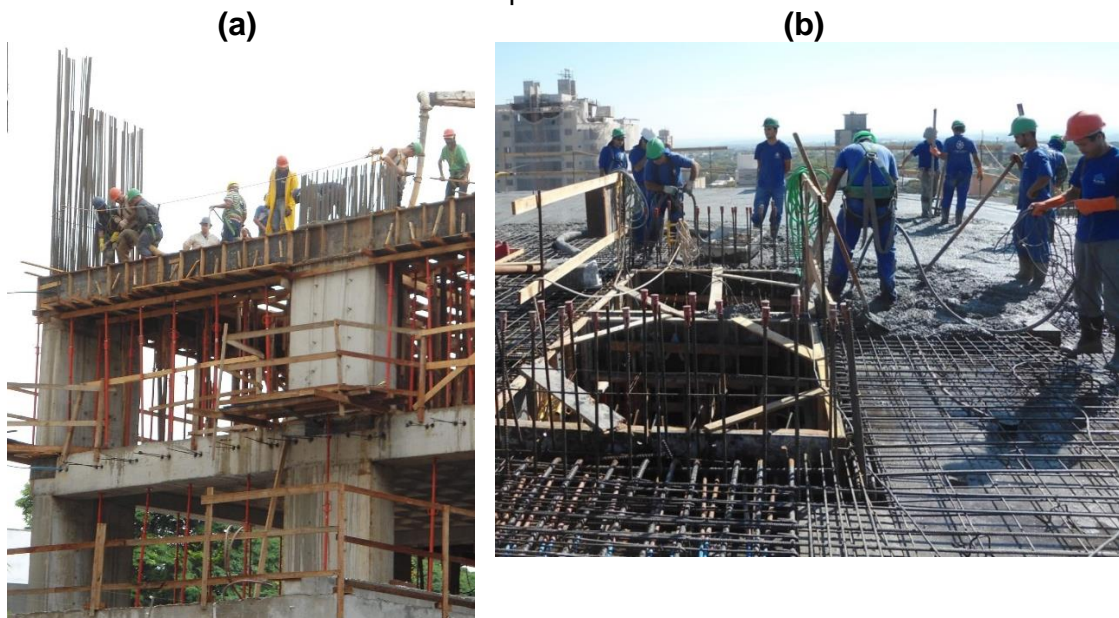
SISTEMA DE LINHA DE VIDA E GUARDA-CORPO E RODAPÉS PARA PROTEÇÃO CONTRA QUEDA EM ALTURA DE TRABALHADORES NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

CONSIDERAÇÕES GERAIS E MOTIVAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Os acidentes no trabalho afetam a produtividade econômica, são responsáveis por um impacto substancial sobre o sistema de proteção social e influenciam no nível de satisfação do trabalhador e no bem-estar geral da população. Além disso, a ausência de segurança nos ambientes de trabalho no Brasil também onera substancialmente o país em função de gastos com benefícios acidentários e aposentadorias especiais, assistência à saúde do acidentado, indenizações, treinamentos, reinserção no mercado de trabalho e horas de trabalho perdidas.

Queda em altura na produção de edifícios verticais está entre os principais causadores de acidentes com afastamento ou fatais na indústria da construção civil. Principalmente na etapa de execução da estrutura da edificação de múltiplos pavimentos, por haver muitos trabalhos na periferia dos pavimentos e no entorno das aberturas nesses pavimentos (poços de elevadores, dutos de ventilação, dentre outros) (Figuras 1 (a) e (b)), o número de acidentes do trabalho com afastamento ou morte tem sido maior que em outras etapas da produção da edificação.

Figura 1 – Execução da estrutura em concreto armado de edifícios verticais sem sistema de linha de vida e guarda-corpo e rodapés para proteção dos trabalhadores contra queda em altura



No intuito de prevenir esses acidentes, dois sistemas trazidos pelas Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho (NR 18 e N 35) devem ser implementados obrigatoriamente nas construções, são esses: Linha de vida, para fixação do talabarte em Y do cinto de segurança do funcionário e; Guarda-corpo e Rodapés, sistema de barreira com 1,2m de altura, com rodapé, travessa

intermediária e superior, sendo que as duas últimas deverão suportar carga equivalente a 150 kgf/m, conforme definição da Recomendação Técnica de Procedimentos n° 1 (RTP-01) da Fundacentro.

Apesar das especificações técnicas trazidas pelas Normas Regulamentadoras e pela Fundacentro, verifica-se que não há sistemas/equipamentos disponíveis no mercado que atendam a essa demanda para todas as etapas de produção da edificação. Uma das etapas para a qual não existem sistemas viáveis tecnicamente e economicamente é a da produção da estrutura em concreto armado. Assim, o que se observa de uma forma geral são obras empregando sistemas improvisados que não atendem às especificações técnicas e de suporte de carga necessárias e que provocam falsa impressão de segurança (Figuras 1(a) e (b), Figura 2).

Figura 2 – Falsa impressão de segurança pelo uso de sistemas de linha de vida e GcR improvisados



Observando este contexto e entendendo que as medidas de segurança do trabalho são de suma importância para a redução de acidentes no trabalho e a proteção da integridade e da capacidade do trabalhador, o presente projeto teve como objetivo desenvolver um sistema de linha de vida e de guarda-corpo e rodapés para proteção contra queda em altura de trabalhadores a ser utilizado na fase de execução de estrutura de concreto armado desde o início da montagem de fôrmas e armaduras, que fosse viável tecnicamente e financeiramente, e que não prejudicasse a estabilidade dimensional das fôrmas e nem a durabilidade da estrutura pós-concretagem.

ESCOPO E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

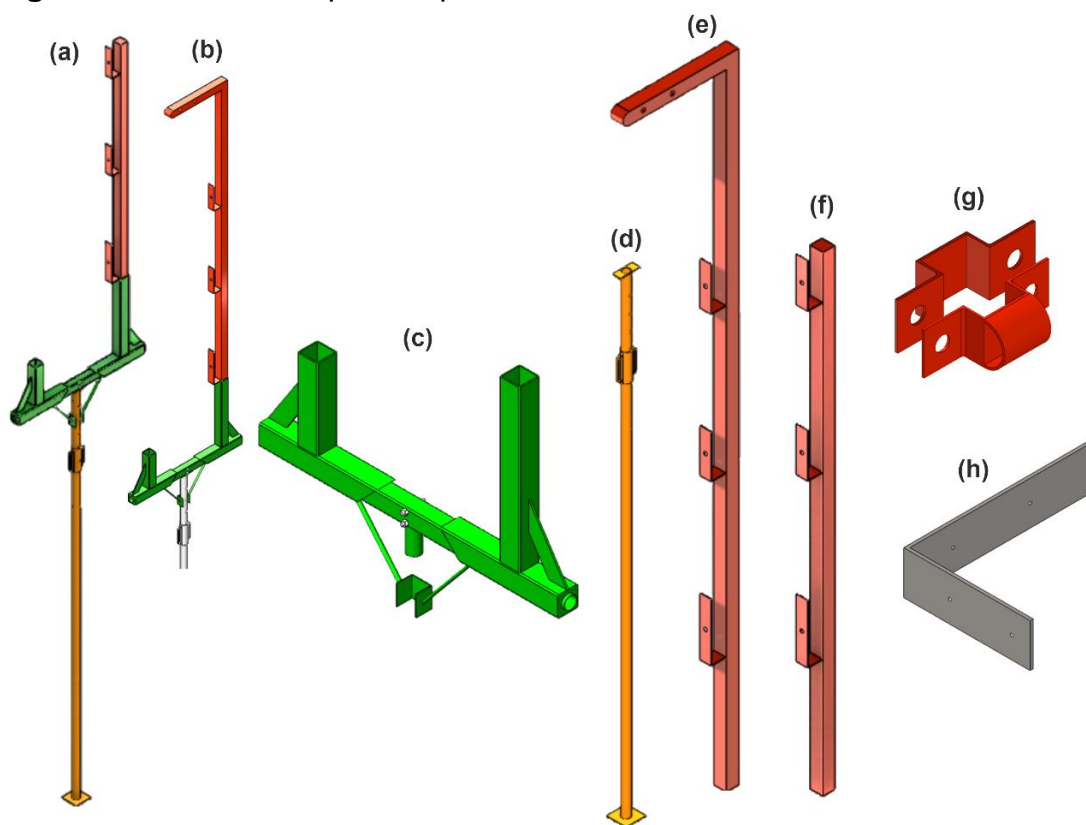
Para o desenvolvimento do trabalho proposto, fez-se inicialmente ampla pesquisa com fornecedores nacionais e estrangeiros quanto à existência de equipamentos e sistemas que permitem a execução de linhas de vida e guarda-corpo e rodapé durante a etapa de produção da estrutura em concreto armado. Identificada a inexistência de um sistema compatível à necessidade apresentada, deu-se início à elaboração de um sistema que atendesse aos condicionantes de segurança e de produção desse projeto. Para tanto,

empregou-se os conhecimentos de engenharia mecânica e de engenharia civil, com o apoio de uma empresa de metalurgia para a produção e testes das peças projetadas.

Foram produzidos e testados em canteiro de obras diversas propostas de sistemas, até que se conseguisse obter o desenvolvimento de um sistema de proteção contra quedas em altura que permitisse o travamento das fôrmas da periferia, a execução do guarda-corpo e rodapés e da linha de vida, antes de finalizada a montagem de fôrmas e armaduras.

Como resultado atingido, desenvolveu-se um sistema de Linha de Vida e de Guarda-corpo e rodapés para fixação em fôrmas das vigas de periferia de pavimentos que estão em fase de montagem das fôrmas e armaduras, mesmo que essas ainda não estejam travadas ou finalizadas. As peças que compõem o sistema são (Figura 3): escora metálica ou andaime metálico de escoramento, garfo metálico regulável, montante para sistema de GcR, montante em L para Linha de vida e GcR, cantoneira, abraçadeiras, corda ou cabo de aço para execução da linha de vida e vigas de madeira ou metálicas como travessas para o sistema de GcR.

Figura 3 – Elementos que compõem o sistema de Linha de Vida e GcR criado



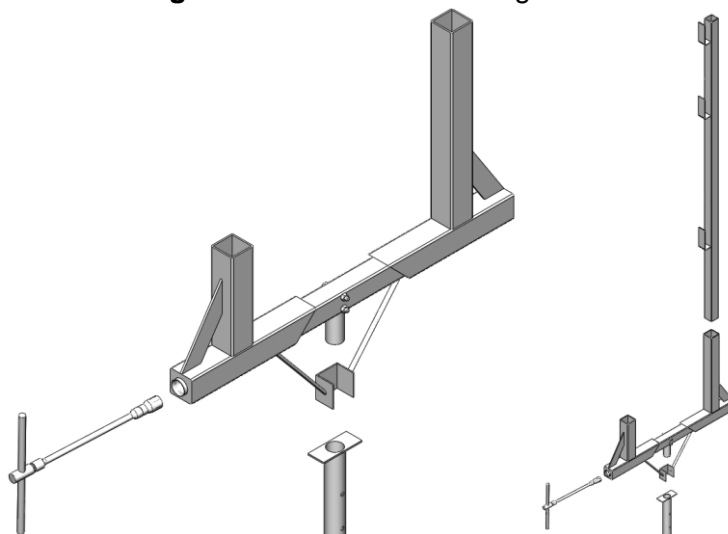
Nota: (a) Composição para execução do sistema de Guarda-corpo e rodapés; (b) Composição para execução da Linha de vida e do sistema de GcR; (c) Garfo metálico regulável; (d) Escora metálica; (e) Montante em L para Linha de vida e GcR; (f) Montante para sistema de GcR; (g) Abraçadeira; (h) Cantoneira.

Para entendimento do sistema, seguem explicações das peças que o compõe:

→ **Escoramento metálico:** É usada a escora metálica ou o sistema de escoramento em andaime que a obra já possui, não sendo necessário adquirir novo equipamento para escoramento;

- **Garfo metálico regulável:** O garfo, a ser encaixado na abertura superior da escora metálica, tem duas hastes laterais com sistema de travamento, para garantir a estabilidade dimensional da fôrma, mesmo quando solicitada a cargas previstas pelas normas de segurança do trabalho. A haste menor ficará voltada para a face interna da viga (abaixo da forma da laje) e a haste maior ficará voltada para a face externa da viga (Figuras 5 e 6). Essas hastes são em perfil caixão, abertas na extremidade superior para o encaixe dos montantes propostos. O garfo tem abertura regulável (para encaixe da forma da viga) por meio de porca borboleta ou manivela e barra roscada de modo que um mesmo garfo possa ser aplicado em diferentes obras com diversas larguras de viga, sem que seja necessário fabricar outro equipamento com as especificações do novo projeto (Figura 4);

Figura 4 – Garfo metálico regulável



- **Montante para sistema de GcR:** Esse montante metálico, também em perfil caixão, a ser encaixado na haste maior do garfo metálico, apresenta altura compatível para a criação de um guarda-corpo e rodapés com altura de 1,20m, conforme estabelece a NR 18. Na peça existem os dispositivos para colocação de travessas conforme estabelece a NR 18, sendo: Peça para fixação de rodapé de 20cm, travessa intermediária na altura de 70cm e travessa superior na altura de 1,20m (Figura 5).
- **Montante em L para Linha de vida e GcR:** Apresenta a mesma conformação do montante para sistema de GcR, de modo que seja possível utilizá-lo para execução do sistema de guarda-corpo e rodapés. No entanto, a peça é prolongada até a altura de 1,80m e faz uma curva (40cm), fazendo com que a peça fique em L (Figuras 3 e 6). Na extremidade da haste, na parte horizontal, há aberturas para passagem da linha de vida (corda ou cabo de aço, dependendo do projeto a ser implementado);
- **Abraçadeiras:** Peças fixadas nos montantes em alturas variáveis de modo que seja possível fazer linhas de vida em diferentes alturas (Figuras 5 e 6);
- **Cantoneiras:** São reforços metálicos colocados nas travessas intermediárias e superiores e nos rodapés do sistema de GcR quando há cantos (curvas) na estrutura do pavimento em execução (Figura 7).

Figura 5 – Composição do sistema com montante para sistema de GcR

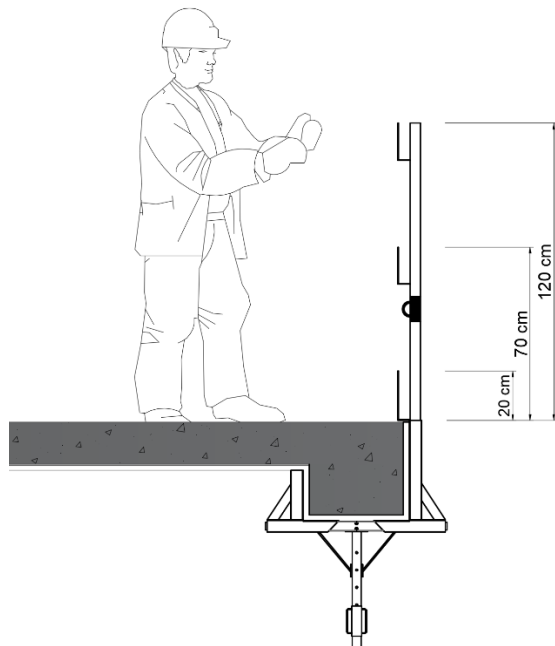
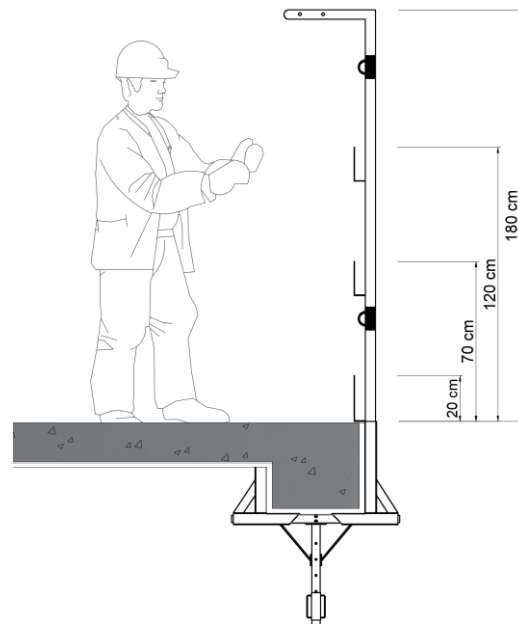
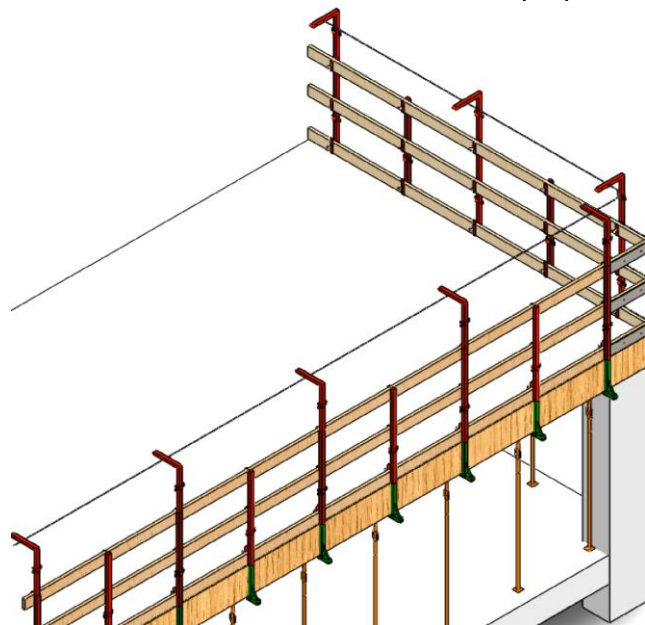


Figura 6 – Composição do sistema com montante em L para sistema de Linha de Vida e GcR



O emprego do sistema completo pode ser observado na Figura 7, que possibilita a execução do GcR com o suporte de carga exigido pela Fundacentro e linha de vida em torno de toda a periferia do pavimento.

Figura 7 – Sistema de Linha de Vida e GcR propostos



Dado o emprego de abraçadeiras nos montantes propostos, pode-se fixar linhas de vida em diferentes alturas para as diversas etapas de produção da estrutura do pavimento. Assim, como se vê na Figura 8, ao colocar o eixo da abraçadeira na altura de 45cm em relação à superfície de trabalho, é possível fazer uma linha de vida que seja colocada nessa posição, que é uma altura essencial para fixação do cinto de segurança do funcionário na etapa de início

da montagem das lajes, quando ele se encontra sentado para a realização do trabalho (Figura 9).

Figura 8 – Altura das abraçadeiras

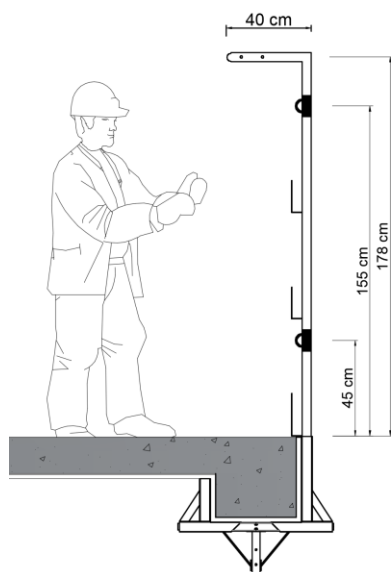
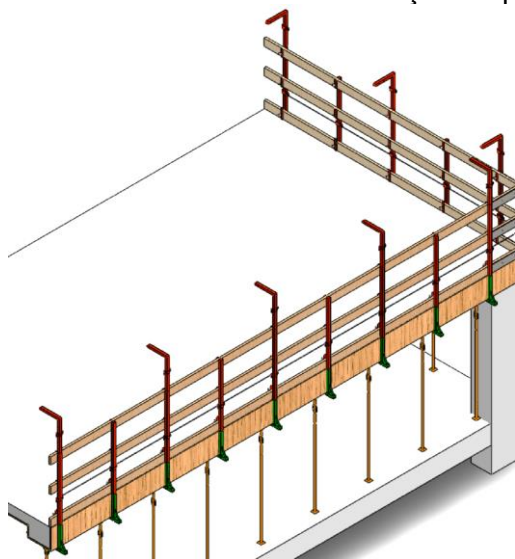


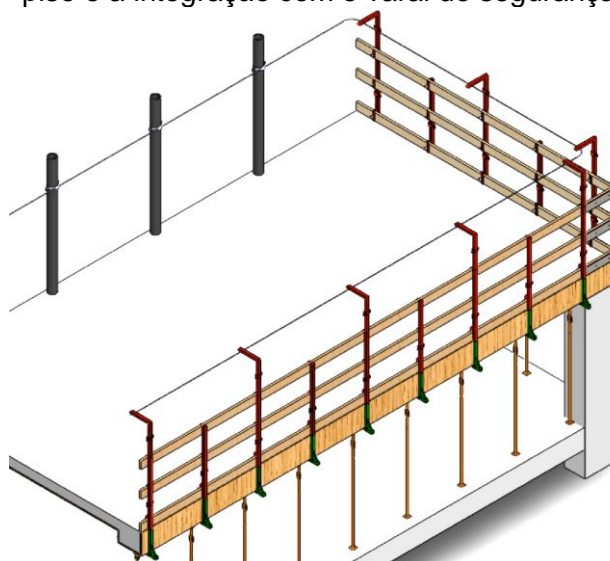
Figura 9 – Composição de GcR e Linha de vida na altura de 45 cm em relação ao piso



Outra altura colocada para a abraçadeira é de 155cm em relação à superfície de trabalho (Figura 8), também para passagem da linha de vida durante a montagem da estrutura. Vale ressaltar que as abraçadeiras são compostas por duas peças parafusadas entre si (Figura 3), podendo ser removidas e colocadas em qualquer altura nos montantes para passagem de linha de vida na posição desejada pelos responsáveis pela execução.

Por fim, no montante em L, há aberturas na haste horizontal para passagem de cordas ou cabos de aço para a linha de vida (Figura 8). Esse sistema permitirá uma altura adequada para a linha de vida em toda a periferia da edificação e também uma integração da linha de vida da periferia com a linha de vida da parte interna da edificação (apoiada no varal de segurança).

Figura 9 – Composição de GcR e Linha de vida na altura de 178cm em relação ao piso e a integração com o varal de segurança



RESULTADOS

O sistema proposto traz uma diversidade de contribuições relativas à segurança do trabalhador, à qualidade da peça em concreto executada e também ao meio ambiente, conforme é tratado no decorrer deste tópico.

O primeiro grande ganho observado está relacionado à segurança do trabalhador. As etapas de execução da estrutura das fôrmas, das armaduras e da concretagem do pavimento de uma edificação de múltiplos pavimentos apresenta elevado risco de queda em altura e não há sistemas de linha de vida e GcR que atendam a essa demanda, o que faz com que eles sejam executados sempre de forma improvisada (Figuras 1(a) e (b), 2 e 10). Nesse contexto, o sistema proposto permite a execução de guarda-corpo e rodapés desde o início da montagem das fôrmas, atendendo às cargas estabelecidas pela Fundacentro. Além disso, desde o início da montagem das fôrmas, é também possível colocar a linha de vida em diferentes alturas (com as abraçadeiras) ou na altura final (topo da haste em L) para que o trabalhador sempre tenha linhas que suportem a carga necessária para ancorar o cinto de segurança na realização dos trabalhos.

O sistema de Linha de vida e GcR desenvolvido também proporciona vantagens em relação aos garfos de madeira comumente utilizados nas obras de construção civil para o travamento das formas (Figura 11), uma vez que os garfos do sistema proposto são reutilizáveis para outras obras, pois se adaptam a diversos tamanhos de vigas de periferia, ao contrário dos garfos de madeira que são descartáveis após sua utilização em uma obra. Há também o ganho ambiental em função da diminuição da quantidade de madeira utilizada na etapa da produção da estrutura (material descartável) em função da substituição por peças metálicas.

Figura 10 – Linha de vida executada de forma inadequada, causando falsa impressão de segurança ao funcionário



Figura 11 – Garfos de madeira frequentemente utilizados na produção de estruturas em concreto armado



O sistema contribui ainda com o travamento de vigas durante o processo de montagem e concretagem, impedindo a variação de dimensão das peças durante a concretagem e não causando danos à durabilidade da estrutura, já que sua aplicação não resulta em furos na estrutura após concretada.

Em relação ao sistema de GcR, grande parte dos sistemas existentes no mercado prevê a fixação do guarda-corpo metálico na fôrma da viga de uma laje a ser concretada, por meio de uma barra de ancoragem que atravessa a fôrma da viga, resultando em um furo no elemento acabado que é uma viga da fachada. Isso poderá resultar em problemas de infiltração, mofo, dentre outras manifestações patológicas, comprometendo a durabilidade da estrutura da edificação.

Para a instalação dos sistemas de GcR presentes no mercado atualmente é necessário que as laterais da fôrma da viga já estejam travadas e a armadura totalmente montada, ou seja, quando o pavimento já está praticamente pronto para ser concretado. Assim, em grande parte do tempo os trabalhadores ficam expostos ao risco de queda em altura naquele pavimento, pois não há proteção adequada nas periferias e nas aberturas de piso (abertura no pavimento para poço do elevador, por exemplo).

Desse modo, em síntese, destacam-se as vantagens obtidas pelo sistema de Linha de Vida e GcR proposto:

- A colocação de linhas de vida em diferentes alturas na periferia do pavimento em execução desde o início da montagem das fôrmas garante segurança ao funcionário contra queda em altura (aspecto social e produtividade do processo de produção);
- A utilização das abraçadeiras permite que as linhas de vida sejam usadas nas alturas requeridas pelo executor da obra, conforme for observada a necessidade (funcionalidade);
- A linha de vida que passa na haste horizontal do montante em L (na periferia da edificação) tem perfeita compatibilidade com a linha de vida a ser passada em varais de segurança (no interior da edificação) (Funcionalidade e viabilidade);
- O sistema é bastante adequado para colocação de GcR desde o início da montagem das formas, conferindo segurança ao funcionário já no início das atividades de produção da estrutura de pavimentos, pois é fixado ao sistema de escoramento metálico ou de andaimes de escoramento durante a colocação das camas (fundos) das vigas. Isso colabora para mitigar o risco de queda em altura dos trabalhadores que atuam na montagem de fôrmas, armadura e concretagem das peças estruturais, que é a etapa da edificação em que ocorre o maior número de quedas em altura na construção de edifícios verticais (aspecto social e funcionalidade);
- Para fixação do sistema não é necessário utilizar elementos que perfurem as vigas de fachada ou sistemas que prejudiquem a execução de fôrmas e ferragem (em função da fixação em sargento ou com barras de ancoragem), não comprometendo a durabilidade da estrutura e do revestimento de fachadas da edificação (aspecto ambiental);
- O sistema contém a base de apoio que sustenta o fundo da fôrma da viga e as travas do garfo que promovem o seu travamento lateral, eliminando a utilização de métodos tradicionais de fixação, como cunhas, tirantes ou barras de ancoragem, o que aumenta a produtividade na execução das formas da estrutura (funcionalidade e impacto sobre a produtividade do processo de produção);

- As hastes laterais para travamento das vigas e encaixe dos montantes para Linha de Vida e GcR possuem uma mão francesa posicionada externamente para impedir a variação dimensional da peça, ou seja, a mão francesa atua como suporte extra para que ao se solicitar os suportes durante a concretagem, na ocorrência de apoio do colaborador no GcR ou deste ficar suspenso na linha de vida, a lateral do garfo não se movimenta. Esse recurso evita o sobreconsumo de material por variação dimensional das peças (aspecto econômico, ambiental e funcionalidade);
- Por conter uma chapa metálica soldada ao final da barra roscada, não existe a possibilidade de as hastes laterais serem removidas do garfo metálico, pois a saída é limitada em ambos os lados. Isso impede que os suportes laterais sejam removidos, evitando a perda destes elementos;
- A regulagem das laterais do garfo metálico se dá simultaneamente ao girar a rosca borboleta ou manivela (Figura 4). As duas laterais deslizam sobre a barra roscada ao mesmo tempo e no mesmo comprimento, mantendo o centro geométrico da fôrma da viga sobre o centro da escora metálica, eliminando gastos com escoramento complementar, por garantir que não haverá excentricidade no encaminhamento das cargas (funcionalidade, viabilidade e produtividade do processo de produção);
- O sistema pode ser utilizado com qualquer tipo de escora metálica disponível no mercado, de qualquer altura, não exigindo a compra de outros equipamentos de apoio específicos (Figura 12). Pode ser utilizado ainda em sistemas de escoramento do tipo andaime, comumente utilizados para a execução de edificações com pés-direitos mais altos (superiores a 4 metros de altura);

Figura 12 – Utilização e transporte do sistema de garfo metálico sobre escora



- Na produção do sistema, por não haver excentricidade a ser considerada no cálculo para a espessura das chapas, resulta em consumo de material e custos de produção relativamente baixos;

- O material é leve e de fácil deslocamento em canteiro de obras, não exigindo transporte por equipamento mecanizado para fixação da peça (Figura 13). Para transporte vertical, como várias peças são deslocadas ao mesmo tempo, recomenda-se que o transporte seja feito por meio de elevadores do tipo cremalheira;

Figura 13 – Utilização do GcR em garfo metálico em edificação vertical



- Em termos de viabilidade econômica, na produção do sistema, verificou-se, por meio da aplicação em 4 edificações verticais, que sistema é viável em termos financeiros, uma vez que, além de prevenir gastos com multas do Ministério do Trabalho (em caso de fiscalização), apresenta baixo custo de produção e pode ser reutilizado para diversas obras, sem a necessidade de descarte do material.