

Utilização de tecnologias nos canteiros de obras na melhoria da produtividade e na redução de acidentes de trabalho

Use of technologies at construction sites to improve productivity and reduce work accidents

324

Carla Ferreira Silva¹
Diego Roger Borba Amaral²

Resumo: O setor da construção civil vem passando por grandes transformações, principalmente devido à inserção da industrialização nos processos construtivos. Cada vez mais se vê o fomento de inovações em obras, para suprir as demandas por moradia. A partir da norma de desempenho ABNT NBR 15575/2021 (ABNT, 2021a; ABNT, 2020b; ABNT, 2020c; ABNT, 2021d; ABNT, 2021e; ABNT, 2021f), as construtoras e as empresas da área da construção civil vêm buscando se adequar ao uso dessas tecnologias construtivas inovadoras, através de ajustes em seus processos de concepção e de produção. As empresas do setor da indústria da construção visam reduzir os custos, maximizar os seus lucros, através do aumento da produtividade e do incremento de soluções tecnológicas e gerenciais. A adoção de novas tecnologias nos canteiros de obras, como o uso de equipamentos de geoprocessamento e esquemas virtuais de realidade aumentada, ainda está em um processo embrionário, seja pela dificuldade de os recursos tecnológicos chegarem na construção ou pela baixa absorção das Tecnologias da Informação e Comunicação pelos colaboradores do setor. Sendo assim, o objetivo dessa pesquisa é mostrar as novas tecnologias utilizadas em canteiros, uma vez que a adoção delas é importante para garantir maior controle e cumprimento dos prazos das etapas construtivas, maior produtividade e redução de acidentes.

Palavras-chave: Construção. Inovação. Tecnologias.

¹ Engenheira Civil pelo Centro Universitário de Patos de Minas, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de Uberlândia, Professora na Faculdade FINOM de Patos de Minas. carlaf@live.com

² Engenheiro Civil pela Universidade de Uberaba, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de Uberlândia, Professor e Coordenador dos cursos de Engenharias na Faculdade FINOM de Patos de Minas. diegoamaral.eng@hotmail.com

Recebido em 28/02/2022

Aprovado em 20/03/2022

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



Abstract: The civil construction sector has been undergoing major transformations, mainly due to the insertion of industrialization in construction processes. Even more, we see the promotion of innovations in works, to meet the demand for housing. Based on ABNT NBR 15575/2021 performance standard (ABNT, 2021a; ABNT, 2021b; ABNT, 2021c; ABNT, 2021d; ABNT, 2021e; ABNT, 2021f), construction and civil companies have been searching to adapt to the use of these innovative construction technologies, through adjustments in their design and production processes. Companies in the construction industry sector aim to reduce costs, maximize their profits, by increasing productivity and increasing technological and managerial solutions. The adoption of new technologies at construction sites, such as the use of geoprocessing equipment and virtual augmented reality schemes, is still in an embryonic process, whether due to the difficulty of technological resources to arrive in construction or the low absorption of Information and Communication Technologies by the employees of the sector. Thus, the objective of this research is to show the new technologies used in construction sites, since their adoption is important to ensure greater control and compliance with the deadlines of the construction stages, greater productivity and reduction of accidents.

Keywords: Construction. Innovation. Technologies.

1 INTRODUÇÃO

O Setor da Construção Civil é um dos que mais emprega no Brasil. Segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2020), de janeiro a agosto do ano de 2020, a Construção Civil gerou no país 58.464 novas vagas com carteira assinada, resultado da diferença de 996.579 admissões e de 938.115 demissões. Os dados destacam que este setor e o da Agropecuária (98.320 vagas) foram os únicos que apresentaram resultados positivos no mercado de trabalho. Na soma de todas as atividades econômicas, o país contabilizou um saldo negativo de 849.387 postos de trabalho, sendo 10.030.084 demissões e 9.180.697 admissões (MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 2021).

É importante destacar que nos anos de 2020 e 2021, período de pandemia COVID19, houve uma desestabilização econômica e setores que não pararam suas atividades foram os setores da Construção Civil e Agropecuária, ajudando a evitar resultados ainda piores no mercado de trabalho nacional e na economia brasileira.

Apesar da construção civil ser um dos setores que mais emprega, é uma das áreas que mais oferece risco aos trabalhadores. Registra-se o maior índice de capacidade incapacidade permanente neste setor, o segundo em mortes (perdendo apenas para o Transporte Terrestre) e o quinto em afastamentos com mais de 15 (quinze) dias. (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MEDICINA DO TRABALHO – ANMT, 2019).

Apesar de todos estes índices negativos na Medicina do Trabalho, a maioria destes acidentes pode ser evitado com o cumprimento legal das Normas Regulamentadoras (NRs), que oferecem as boas práticas para que haja um ambiente seguro de trabalho, regulamentando os requisitos e procedimentos que dizem respeito à segurança e à medicina do trabalho.

A desorganização de um canteiro de obras oferece risco iminente aos trabalhadores, principalmente devido ao grande número de funcionários circulando frente às obras, armazenamento de equipamentos e materiais. O ambiente de trabalho é exposto a riscos, como queda de materiais, choques elétricos, queda de altura e outros. Os principais motivos de acidente são: a falta de sinalização, a desorganização, a falta de sinalização e a falta de equipamentos de segurança do trabalho.

Um ambiente de trabalho otimizado, adequado e organizado contribui para a redução de acidentes. Sendo assim, esta pesquisa tem como objetivo demonstrar as principais tecnologias aplicadas nos canteiros de obras, com a finalidade de melhorar a produtividade e diminuir os riscos aos trabalhadores.

2 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica referente a um assunto relacionado à Tecnologia das Construções, mais especificamente sobre as tecnologias aplicadas aos canteiros de obras. Por citar e detalhar novos recursos que podem ser incorporados no desenvolvimento de construções, essa pesquisa se classifica como descritiva.

Tratando-se de sua abordagem, esse estudo é considerado qualitativo, pois viabiliza análise de boas práticas adotadas em obras e que possam conferir um controle maior das etapas construtivas, bem como o cumprimento dos prazos dos serviços.

Para a elaboração dessa pesquisa, utilizou-se de diferentes bibliografias, especialmente a leitura e a análise de artigos de revistas e periódicos, nacionais e internacionais, relevantes para a área da construção civil e também de normas técnicas e dados estatísticos sobre acidentes de trabalho no setor.

Ao final, as considerações finais são apresentadas, com o objetivo de se estabelecer boas práticas de tecnologias inovadoras em canteiros de obras, em relação ao ganho de produtividade e à redução de acidentes, com base nos estudos relacionados ao assunto, podendo ser útil a profissionais, estudantes e interessados pela área.

3 DESENVOLVIMENTO

A construção civil é um setor que tem passado por grandes mudanças, com o objetivo de fomentar as inovações relacionadas às edificações. A demanda por moradias é crescente e a industrialização da construção é necessária, para suprir essa necessidade. A produtividade é um dos fatores que vem sendo cada vez mais trabalhados para atendimento dessa demanda. Por isso, tem-se buscado técnicas e ferramentas que melhorem esse fator (NAOUM, 2016).

A Norma de Desempenho ABNT NBR 15575:2021 (ABNT, 2021a; ABNT, 2021b; ABNT, 2021c; ABNT, 2021d; ABNT, 2021e; ABNT, 2021f), em seus requisitos gerais e específicos, busca nortear as empresas do setor. Com o crescente acesso da população ao crédito e com o uso de programas governamentais ou privados, os requisitos da norma precisam ser seguidos. Faz-se necessária a adequação das construtoras ao uso das tecnologias para construção, bem como os ajustes nos processos de concepção e produção.

O setor da construção civil passa por adequações relacionadas ao desempenho e à sustentabilidade ambiental de edifícios. Este é um tema cada vez mais discutido e, por isso, há a necessidade de estudo e de sua aplicação efetiva. E o BIM (*Building Information Modeling* - Modelagem de Informação da Construção) é uma ferramenta muito importante no auxílio dessas adequações, favorecendo a integração dos agentes e ações em projetos e buscando solução para problemas persistentes no setor. Nawari (2012) reforça que o BIM está ganhando rápida aceitação como o método preferido de comunicação do projeto entre o profissional, o proprietário e as várias partes interessadas.

A modelagem BIM e a construção enxuta são duas práticas que são desenvolvidas de forma a aumentar a produtividade, eficiência e qualidade na construção através da implementação de diversos procedimentos (KOSEOGLU; NURTAN-GUNES, 2018). Silva (2021) cita o Lean Construction como método diferenciado de vantagem competitiva entre empresas, especialmente quanto aos seguintes requisitos: redução de desperdícios, prazos, custos e aumento da qualidade; identificação das necessidades dos clientes desde a fase de projeto; redução de variabilidade, com padronização dos processos construtivos, usando gabaritos e moldes; simplificação dos processos, com a adoção de sistemas pré-fabricados; e melhoria contínua dos processos, aumentando a eficiência da construção.

Segundo Lu et al. (2021), obter um canteiro de obras com “zero” resíduos é uma meta desafiadora, mas alcançável em canteiros de obras individuais. Os princípios de gestão enxuta são adotados pelas empresas, baseando a produção especialmente na fabricação fora do local, como pré-requisito para uma abordagem sustentável melhoria contínua (MEILING; BACKLUND; JOHNSON, 2012).

As empresas da indústria da construção visam a redução de custo, aumentar sua margem de lucros, melhorar a produtividade e incrementar soluções tecnológicas e gerenciais. Mesmo assim, segundo Freitas (2015), há pouca adoção de novas tecnologias no desenvolvimento de projetos, pela dificuldade de novos recursos tecnológicos chegarem aos canteiros de obras, assim como a absorção de recursos de TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação). Melo et al. (2017) afirmam que a utilização de tecnologias nos canteiros de obras é um dos desafios recentes para a gestão da construção. Pontuam ainda que o uso de veículos e sistemas Aéreos não tripulados pode ser uma saída para o monitoramento do canteiro de obras.

Para Ning, Lam e Lam (2010) e Xu e Li (2012), é muito importante o planejamento do layout do canteiro de obras. O ideal é criar condições para se minimizar as preocupações com segurança e reduzir o custo de construção. Ning e Lam (2013) usaram um algoritmo de otimização de colônia, que é baseado em Pareto, cumprindo a exigência de redução de custos e de melhoria do nível de segurança do canteiro ao mesmo tempo. Yang et al. (2018) acreditam que o desenvolvimento de um sistema de vigilância é indispensável em um canteiro, principalmente devido ao rápido desenvolvimento de técnicas de visão computacional.

Oliveira Júnior, Pereira e Costa (2018) diagnosticaram diferentes tipos de canteiros de obras no aglomerado urbano Crajubar, no Cariri cearense. Estudou-se dez construções em andamento na região, as quais eram compostas por edificações horizontais, verticais, de uso residencial, comercial e também misto. Por meio de verificação padronizada, analisaram instalações provisórias, segurança, e movimentação e armazenagem de materiais. Os critérios usados para a classificação quanto às políticas de gestão de qualidade foram: identificação das falhas existentes no canteiro de obras, acompanhamento por registro fotográfico e atribuição de notas para os quesitos.

Para Ghedini et al. (2015), é imprescindível a convivência do discente de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo com o canteiro de obras. Os laboratórios universitários precisam ser adequados para esse tipo de contato direto, possibilitando aos egressos desses

cursos o ingresso no mercado de trabalho com as competências necessárias de acordo com as suas atribuições.

Pensando no bem-estar dos trabalhadores, avanços recentes possibilitaram até mesmo o desenvolvimento de dispositivos de eletroencefalograma, os quais avaliam, de forma não invasiva, o estresse dos trabalhadores no canteiro de obras. O dispositivo reconhece automaticamente através da captura de sinais de alta qualidade (JEBELLI; HWANG; LEE, 2018).

O canteiro digital é composto por inovações tecnológicas, buscando adequá-lo aos modelos eficientes de gestão da informação e integrando dispositivos, e à capacitação dos usuários (técnicos e mão de obra), uma vez que há tecnologias adequadas para cada tipo de canteiro.

3.1 Estudos de casos de aplicação de tecnologias em canteiros

A seguir são apresentados alguns estudos de casos que aplicam determinadas tecnologias em canteiros de obras.

3.1.1 Realidade Virtual, Realidade Aumentada, GNSS, LST e RFID

A Realidade Virtual (RV) é um exemplo de tecnologia aplicada em canteiros, de acordo com Freitas (2015). Através dela, é possível criar simulações interativas, onde nesse mundo virtual onde o usuário interage com seu conteúdo e utiliza-se sentidos humanos em realidade paralela criada em computador, buscando diminuir dificuldades de comunicação entre os parceiros envolvidos no processo construtivo. Mas há dificuldades no uso da tecnologia como a necessidade de treino para familiarização com dispositivos não convencionais, custo elevado dos equipamentos e sensibilidade a ser levada para o canteiro de obras.

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que usa a RV para adicionar objetos virtuais em ambientes reais, por meio do uso de dispositivo eletrônico, facilitando a obtenção de informações imperceptíveis aos sentidos humanos. Nela, há a sobreposição de imagens geradas em computador com informações do mundo real, utilizando as mãos para mover e atuar sobre os gráficos, através da utilização de smartphones e tablets. Um exemplo prático é o aplicativo de RA móvel em conjunto com o Autodesk 360 Mobile, que sobrepõe sistemas

mecânicos, elétricos e hidráulicos sobre as imagens atuais da construção, com o uso do georreferenciamento para mapear a localização. Porém, percebe-se que, no Brasil, há pouca aplicação do método, com um nicho carente de modernas soluções para a melhoria de processos e produtos.

Essas realidades podem ser obtidas com a tecnologia de “pele digital”, que é composta por um sistema de sensores e elementos computacionais integrados em rede, com inteligência e aplicações digitais avançadas, fornecendo informações e serviços relevantes para as tarefas do usuário. Esse sistema inclui a detecção de vários aspectos físicos do canteiro de obras. Utiliza tecnologias, como bluetooth, Wi-Fi, GPS, que serão incorporadas em roupas inteligentes a serem usadas pelos funcionários da construção. Os dados obtidos serão enviados pela rede celular por curto serviço de mensagens. Essas informações podem ser obtidas em tempo real, através de sistema BIM (EDIRISINGHE, 2019).

Outra ferramenta muito útil em canteiros de obras são os equipamentos que usam o GNSS (Global Navigation Satellite System), como o GPS. São usados por profissionais da área de topografia, com a finalidade de facilitar o trabalho e reduzir o tempo (agilidade na determinação de posições), além de aumentar a precisão de alocação de coordenadas, e de se realizar verificações iniciais de elevações e áreas estimadas, registrar volumes de corte e aterro em tempo real. Também é possível verificar e capturar informações para o “as built” - como construído (FREITAS, 2015).

Há também o Laser Scanner Terrestre (LST), usado para documentação gráfica e métrica de objetos. Trata-se de uma técnica não destrutiva e não invasiva, com o uso de equipamento do campo de Sensoriamento Remoto para levantamento de dados, que traz precisão e rapidez na obtenção. Obtêm-se dados de digitalização em 3D que podem ser importados para finalidades diversas, sejam elas: reconstrução de acidentes, arquitetura e Engenharia Civil, construção, ciência forense e fabricação industrial. Com o uso dessa ferramenta, na usina de Detroit, por exemplo, desenvolveu-se o “as built” com uma equipe pequena de engenheiros e utilizando a metade do tempo usando processo tradicional.

Ainda pode ser citada a Radio Frequency Identification (RFID) – Tecnologia de Identificação Automática. Trata-se de uma radiofrequência, utilizada para captura e transmissão de dados, podendo ser usada em operações de concretagem, codificação de custo de mão de obra e equipamentos e controle de materiais. Pode-se integrar o uso de RFID com a metodologia BIM, visando o gerenciamento de facilidades e níveis de segurança durante o ciclo de vida de

obras. Um exemplo prático é a utilização de etiquetas de RFID permanentemente alocadas em elementos da estrutura da obra; durante a construção, essas etiquetas são temporariamente distribuídas nos espaços e nas aberturas, visando diferenciar diferentes níveis de risco nas áreas de trabalho.

3.1.2 Adoção do Lean Construction

Silva (2021) analisou dois casos sobre a adoção do Lean Construction em canteiros na capital paraense. Utilizando-se de relatórios de casos cruzados, percebeu-se que é necessário reduzir as atividades que não agregam valor e geram desperdícios, onde os trabalhadores precisam manter o ambiente de trabalho limpo após a realização de uma determinada tarefa.

Treinamento insuficiente, falta de cultura enxuta em obras, ausência de apoio da alta administração e apoio dos colaboradores para organização dos ambientes de trabalho são algumas das dificuldades para se implementar a construção enxuta em canteiros. Além disso, a falta de um planejamento de fluxo de materiais para minimizar estoques é consequência de layout inadequado e ausência de gerenciamento (SILVA, 2021).

Silva (2021) concluiu que, nos canteiros analisados, há baixo conhecimento sobre as práticas de construção enxuta, faz-se necessário reduzir as barreiras para a sua implementação e os colaboradores precisam compreender as práticas e aplicá-las.

Conforme proposto por Ghedini et al. (2015), o desenvolvimento de um canteiro de obras experimental seria uma oportunidade de aplicação do Lean Construction e de suas funcionalidades. A vivência em um canteiro de obras pode minimizar equívocos cometidos pelo futuro profissional, especialmente quanto aos critérios ambientais.

Por essa razão, Edirisinghe (2019) menciona que a indústria da construção possui características particulares, as quais permitem a apresentação de desafios únicos para implementar a tecnologia em todo o seu potencial.

3.1.3 Avaliação da sustentabilidade

Nascimento e Jesus (2016) estudaram a absorção da sustentabilidade em diversos canteiros de obras de quinze incorporadoras, no estado do Espírito Santo, na região metropolitana de Vitória, através de visitas técnicas, análise e compilação de dados.

Um dos tópicos observados foi a geração de resíduos sólidos. Verificou-se práticas de coleta seletiva, bem como reuso de materiais e manejo de perdas, além da conscientização dos colaboradores no canteiro. Com a realização de pesquisa de campo, elaborou-se questionário e, a partir dele, constatou-se que as quinze empresas promovem adequada coleta de resíduos, separação e destinação a locais licenciados, seguindo legislações municipais e a Resolução CONAMA nº 307, estabelecendo práticas sustentáveis, com a observação de que, em alguns canteiros, falta conscientização dos trabalhadores.

Quanto ao consumo energético, verificou-se a priorização da iluminação e ventilação naturais nas instalações provisórias, uso de lâmpadas fluorescentes, bem como instalação de sensores de presença em locais com permanência reduzida, além de campanhas de conscientização. Foi verificado que esse quesito não foi satisfatório, onde apenas a propriedade nas instalações provisórias foi atendida nos canteiros, e alguns dos demais critérios foram adotados em uma ou outra obra.

O consumo de água também foi um item analisado com resultado insatisfatório, uma vez que grande parte das construtoras não realiza nenhuma prática de redução hídrica; em nenhuma delas há captação pluvial para reaproveitamento no próprio canteiro e apenas três delas utilizaram poço artesiano para obtenção de água, além de baixo grau de conscientização dos colaboradores quanto ao tema economia de água em reuniões e palestras.

Sobre a redução de água é importante citar, que segundo Sousa et al. (2021), visar o desenvolvimento sustentável corresponde a assegurar disponibilidade hídrica às gerações futuras. Ou seja, melhorias tecnológicas podem incentivar a reutilização de água e minimizar desperdícios.

Quanto à prevenção da poluição, Nascimento e Jesus (2016) analisaram critérios, como: acesso fácil ao transporte coletivo (todas as obras possuem); aquisição de materiais (resultado não satisfatório, com compras visando menor custo, mesmo que em outros estados, resultando em trajetos longos e emissão de poluentes); existência de bicicletário no canteiro (doze delas possuem, com estímulo à utilização desse tipo de transporte para locomoção dos trabalhadores); sistema de lavagem de rodas dos automóveis (nenhuma obra implantou, para evitar sujar as ruas do bairro); realização de programa de educação ambiental (maior parte delas implantou); estoque de produtos inflamáveis (adotado em todas); limpeza umidificada (quatorze realizam com frequência, reduzindo poeiras e melhorando a qualidade do ar); sistema de decantação para

a lavagem da betoneira (apenas em uma obra se implantou, reduzindo sólidos na água descartada e, conseqüentemente, evitando a contaminação do solo e de águas subterrâneas).

Analisando o entorno das obras, todas elas preocuparam-se com a limpeza e a organização das calçadas, bem como o uso de proteções para evitar respingos na vizinhança. Apenas em quatro delas preocupou-se com o controle de ruídos de equipamentos e de poeira.

Para Almeida, Costa e Alberte (2020), é muito importante adotar critérios de sustentabilidade até mesmo na seleção de produtos. A incorporação dessas práticas auxilia no processo de certificação ambiental da empresa. Em uma obra, é muito importante se realizar treinamentos contínuos voltados à gestão sustentável.

As práticas sustentáveis nas obras analisadas precisam ser melhoradas, com aproximadamente 50% das práticas sendo aplicadas e que, através de métodos simples, é possível reduzir impactos que a indústria da construção provoca.

Lu et al. (2021) citam a importância de tentar se obter canteiros de obras que tenham meta de desperdício zero. Apesar da grande dificuldade, em todo o setor de construção global, há uma tendência emergente nesse sentido.

3.1.4 Desenvolvimento do Sistema de Indicadores para Gestão Sustentável (SIGS)

Almeida, Costa e Alberte (2020) relatam que, mesmo desenvolvendo diversos métodos de gestão sustentável em canteiros ultimamente, faltam ferramentas de avaliação e de medição do desempenho da gestão. O estudo realizado pelos autores ocorreu em uma obra destinada à construção de quatrocentos apartamentos, em vinte blocos de cinco pavimentos, na região metropolitana de Salvador.

Santos e Cabral (2020) enfatizam que a gestão sustentável é importante, uma vez no meio científico gerar resíduos em obras é um dos maiores desafios e problemas voltados à área ambiental.

E conforme mencionado por Lu et al. (2021), zerar resíduos da construção é algo bastante desafiador, porém é alcançável em locais de construção individuais, podendo ser aplicável posteriormente na gestão de obras maiores.

Inicialmente, buscou-se entender o funcionamento do sistema de gestão ambiental, as práticas e os indicadores usados. O Sistema de Indicadores para Gestão Sustentável (SIGS) foi implantado de 09/2017 a 06/2018, começando pelo planejamento de ações (coordenado pela

equipe de qualidade e de meio ambiente), depois pelo treinamento de onze colaboradores (estagiários, auxiliar, assistente e analista de engenharia, encarregado, gerente de obras, analista de planejamento, chefe do setor de pessoal, técnico de segurança do trabalho e almoxarife). Realizou-se vinte vistorias (duas horas cada) no canteiro e na sede empresarial, para implementação e fiscalização das ações. Analisou-se os dados e divulgaram mensalmente os gráficos, para se rever ações e adequar às necessidades do canteiro, além de excluir alguns indicadores.

Almeida, Costa e Alberte (2020) verificaram que a empresa já havia implantado diversas ações sustentáveis nos canteiros de obras, mas elas não eram medidas e, por essa razão, havia a necessidade de se adotar o SIGS. Foram propostas 91 boas práticas, sendo a grande maioria implantada. Contrataram funcionários que moram próximo à obra, usaram componentes de economia de água e energia, treinamentos eram realizados frequentemente, monitoraram e controlaram ruídos, implementaram sistema de lavagem de rodas, com aproveitamento de água e melhoraram aspectos visuais (limpeza de calçadas, jardim de frente à obra, substituíram tapumes pela construção de muro), uso de iluminação e ventilação naturais nas instalações provisórias, organização e limpeza do almoxarifado, preservou-se áreas verdes e criou-se áreas de lazer para os colaboradores.

Adotou-se critérios baseados em literaturas, buscando atender aspectos sociais, consumo de materiais, água e energia, gestão de resíduos e emissões, relação com o entorno e instalações provisórias. O sistema foi validado por vinte e cinco especialistas da área ambiental. Verificou-se que o sistema proposto é aplicável a canteiros de obras, mesmo que de outras subáreas, como industriais ou de infraestrutura.

3.1.5 Reciclagem de resíduos de construção

Almeida, Costa e Alberte (2020) citam que a gestão dos resíduos é uma ação necessária para a mitigação dos impactos causados pelo setor da construção. Pontuam também que essa prática vem sendo adotada por grande parte das empresas. Esse é um importante indicador exigido em programas de qualidade.

Santos e Cabral (2020) estudaram a reciclagem de resíduos de concreto e argamassa em um canteiro de uma incorporadora de grande porte. Modificaram-se traços de contrapiso e de emboços, com a substituição parcial (25% e 50%) de areia natural por agregado reciclado.

Analisando a resistência à tração na flexão e à compressão, com exceção do novo traço do emboço externo, houve elevada resistência com 25% de substituição. Para 50%, os valores foram semelhantes: obteve-se maior resistência com o novo traço de contrapiso e para o emboço interno, apresentando resistência pouco menor para emboço externo, sendo que a substituição foi positiva quanto às propriedades mecânicas (SANTOS; CABRAL, 2020).

Com a substituição proposta, verificou-se que as fissuras foram reduzidas e a permeabilidade de água foi menor com o novo traço. Deve-se ao fato de que o uso de materiais reciclados gera um melhor empacotamento da argamassa (SANTOS; CABRAL, 2020).

3.1.6 Reuso de água de drenagem

A Norma Regulamentadora 18 (BRASIL, 2015) descreve as Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e cita que a utilização de água nos canteiros de obras está relacionada às demandas essenciais dos funcionários e devem estar presentes nos itens básicos:

- a) refeitórios;
- b) instalações hidrossanitárias;
- c) bebedouros.

Zeule e Serra (2017) citam que as principais práticas de reuso de água de drenagem são a Captação de água pluvial e cinza e consequente tratamento para reutilização em canteiro; as tecnologias utilizadas para águas servidas em canteiros e Redução do consumo de água.

Sousa et al. (2021) estudaram um canteiro de obras em Fortaleza, que se trata de um edifício residencial e multifamiliar. Basearam-se em legislações vigentes para o caso de água potável, de água com interação com cimento e também para irrigação de jardins. Por exame de laboratório, constatou-se que a água captada pela drenagem subterrânea não atende aos requisitos de potabilidade para consumo humano. Porém, a água é adequada para a fabricação de concretos e argamassas a base de cimento e também para a irrigação do jardim do condomínio. Devido a obra ser executada num cronograma de sessenta meses, o consumo de água não potável é previsto em 13 920 m³, o que pode resultar em uma economia de 0,21% do custo total da obra com o reaproveitamento hídrico.

3.1.7 Internet das coisas

Santos et al. (2016) definem a Internet das Coisas como uma extensão da Internet atual, que provem a todos uma capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à Internet. A conexão infinita de internet nos computadores viabiliza o controle remoto aos objetos e que os próprios objetos sejam acessados como provedores de serviços. Estas novas habilidades, dos objetos comuns, geram um grande número de oportunidades, tanto no âmbito acadêmico quanto no industrial, como por exemplo no canteiro de obras.

Kanan, Elhassan e Bensalem (2018) proporam um sistema autônomo de monitoramento, localização e aviso aos trabalhadores que estão em um local de zona de perigo, baseado na Internet das coisas.

Todos os componentes dessa arquitetura desenvolvida são integrados a um servidor online, facilitando a detecção e identificação dos trabalhadores com maior rapidez. Utilizando rádio frequência, antenas direcionais e ondas de ultrassom e dispositivos (com rádio transmissor) vestíveis para os trabalhadores, o sistema garante uma boa cobertura.

A proposta trata-se de um sistema de prevenção de acidentes e sistema de alerta que evita potenciais perigos. Tal proposta pode ser aderida em canteiros de obras, permitindo o seguimento de fluxos de trabalhos seguros, reduzindo o índice de acidentes local, com o uso de baixo custo capital e operacional.

4 CONCLUSÃO

Com a implementação de novas tecnologias no mundo moderno, é imprescindível que o setor da Construção Civil busque sempre se atualizar e estar em uma contínua evolução. A utilização de tecnologias dentro do canteiro de obras é normalmente utilizada para o planejamento de obras, controle de estoque e comunicação interna.

Pode-se observar o aumento da utilização da tecnologia BIM Information entre os engenheiros e os arquitetos com a finalidade de obter uma melhor comunicação em tempo real entre os profissionais no canteiro de obras e no escritório, aumentando a eficiência no desenvolvimento do projeto e ajudando a ter uma ideia da evolução da obra comparada com a concepção do projeto.

Novas tecnologias, como Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Navegação de Satélites, Laser Scanner Satélites, também começaram a serem implementadas em canteiros, porém vê-se a necessidade de um treinamento e investimentos iniciais altos. Destaca-se a importância de uma construção sustentável para aumentar a eficiência dentro de um canteiro de obras, otimizando resultados e aumentando o lucro da empresa. Dentre o conceito citado, pode-se exemplificar com a construção enxuta, a coleta seletiva, a reciclagem de resíduos e o reuso de água de drenagem.

Por fim, pode-se concluir que a aplicação de tecnologias em um canteiro de obras ainda ajuda a otimizar recursos disponíveis, organizar materiais e, assim, obter uma maior segurança do trabalho dentro do mesmo.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1** – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos Gerais, Rio de Janeiro, 2021a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-2** – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos para os sistemas estruturais, Rio de Janeiro, 2021b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-3** – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos para os sistemas de pisos, Rio de Janeiro, 2021c.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4** – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, Rio de Janeiro, 2021d.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5** – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos para os sistemas de coberturas, Rio de Janeiro, 2021e.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-6** – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos para os sistemas hidrossanitários, Rio de Janeiro, 2021f.

ALMEIDA, Lidiane de Brito; COSTA, Dayana Bastos; ALBERTE, Elaine Pinto Varela. Proposta de sistema de indicadores de desempenho para gestão sustentável em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 153-170, mar. 2020.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MEDICINA DO TRABALHO – ANMT. **Construção civil está entre os setores com maior risco de acidentes de trabalho.** 2019. Disponível em: <<https://www.anamt.org.br/portal/2019/04/30/construcao-civil-esta-entre-os-setores-com-maior-risco-de-acidentes-de-trabalho/>>. Acesso em 04/12/2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção.** Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC, 2020. **Informativo Econômico.** 2020. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2020/10/informativo_economico_especial_Caged_16_out_20.pdf>. Acesso em 04/12/2021.

EDIRISINGHE, Ruwini. Digital skin of the construction site: smart sensor technologies towards the future smart construction site. **Engineering, Construction, And Architectural Management**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 184-223, 2019.

FREITAS, Márcia Regina de. O canteiro de obras brasileiro e a adoção de recursos tecnológicos - em busca de melhoria das práticas através da inovação dos processos. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 1, n. 10, p. 1-6, jul. 2015.

GHEDINI, Caroline Bevilacqua; SEMENCIO, Fernando Matias; HONDA, Sibila C de Arêa Leão; LIBONI, Ivair S.; LIBONI, Ivam S. Necessidade e projeto de canteiro de obras experimental. **Colloquium Exactarum**, [S.L.], v. 7, n. 4, p. 53-58, dez. 2015.

JEBELLI, Houtan; HWANG, Sungjoo; LEE, Sanghyun. EEG-based workers stress recognition at construction sites. **Automation In Construction**, [S.L.], v. 93, n. 1, p. 315-324, maio 2018.

KANAN, Riad; ELHASSAN, Obaidallah; BENSALAM, Rofaida. An IoT-based autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies. **Automation In Construction**, [S.L.], v. 88, n. 1, p. 73-86, jan. 2018.

KOSEOGLU, Ozan; NURTAN-GUNES, Elif Tugce. Mobile BIM implementation and lean interaction on construction site: a case study of a complex airport project. **Engineering, Construction, And Architectural Management**, [S.L.], v. 25, n. 10, p. 1298-1321, jan. 2018.

LU, Weisheng; BAO, Zhikang; LEE, Wendy M.W.; CHI, Bin; WANG, Jiayuan. An analytical framework of "zero waste construction site": two case studies of shenzhen, china. **Waste Management**, [S.L.], v. 121, n. 1, p. 343-353, 2021.

MEILING, John; BACKLUND, Fredrik; JOHNSON, Helena. Managing for continuous improvement in off-site construction: Evaluation of lean management principles. **Engineering, Construction, And Architectural Management**, [S.L.], v. 19, n. 2, p. 141-158, 2012.

MELO, Roseneia Rodrigues Santos de; COSTA, Dayana Bastos; ÁLVARES, Juliana Sampaio; IRIZARRY, Javier. Applicability of unmanned aerial system (UAS) for safety inspection on construction sites. **Safety Science**, [S.L.], v. 98, n. 1, p. 174-185, jul. 2017.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA (BRASIL). **Dados estatísticos** – Saúde e segurança do trabalhador. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-social/saude-e-seguranca-do-trabalhador/dados-de-acidentes-do-trabalho>>. Acesso em 04/12/2021.

NAOUM, Shamil George. Factors influencing labor productivity on construction sites: a state-of-the-art literature review and a survey. **International Journal Of Productivity And Performance Management**, [S.L.], v. 65, n. 3, p. 401-421, 2016.

NASCIMENTO, Priscila do; JESUS, Luciana Aparecida Netto de. Avaliação da sustentabilidade em canteiros de obras: um estudo na Grande Vitória - ES. **Revista de Engenharia Civil Imed**, Passo Fundo, v. 3, n. 2, p. 54-70, dez. 2016.

NAWARI, O. Nawari. BIM Standard in Off-Site Construction. **Journal Of Architectural Engineering**, [S.L.], v. 18, n. 2, p. 107-113, jun. 2012.

NING, Xin; LAM, Ka-Chi. Cost-safety trade-off in unequal-area construction site layout planning. **Automation In Construction**, [S.L.], v. 32, n. 1, p. 96-103, mar. 2013.

NING, Xin; LAM, Ka-Chi; LAM, Mike Chun-Kit. Dynamic construction site layout planning using max-min ant system. **Automation In Construction**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 55-65, jan. 2010.

OLIVEIRA JÚNIOR, Antônio Italcly de; PEREIRA, Michelly Matos; COSTA, Celme Torres Ferreira da. Diagnóstico de canteiros de obras situados na Conurbação Crajubar no Cariri Cearense. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 14, n. 2, p. 135-147, jun. 2018.

SANTOS, Bruno P. et al. **Internet das coisas: da teoria à prática**. 2016.

SANTOS, Davi Valente; CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. Análise técnica da reciclagem de resíduos de construção em canteiro de obras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 363-383, set. 2020.

SILVA, Ricardo William. Grau de adoção dos princípios do Lean Construction em dois canteiros de obras localizados no município de Belém. **Exacta**, São Paulo, p. 1-48, jun. 2021.

SOUSA, Camila Mareco de; SILVEIRA, Cleiton da Silva; SILVA, Emerson Mariano da; PONTES, Roberto José Almeida de. Reuso de água de drenagem subterrânea em canteiro de obras e para irrigação de jardins: um estudo de caso em fortaleza-ce. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 625-635, maio 2021.

XU, Jiuping; LI, Zongmin. Multi-Objective Dynamic Construction Site Layout Planning in Fuzzy Random Environment. **Automation In Construction**, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 155-169, 2012.

YANG, Xincong; LI, Heng; HUANG, Ting; ZHAI, Ximei; WANG, Fenglai; WANG, Chen. Computer-Aided Optimization of Surveillance Cameras Placement on Construction Sites. **Computer-Aided Civil And Infrastructure Engineering**, [S.L.], v. 33, n. 1, p. 1110-1126, 2018.

ZEULE, Ludmilla de Oliveira; SERRA, Sheyla Mara Baptista. **Boas Práticas de Sustentabilidade em Canteiros de Obras. Tecnologia Para Canteiro de Obras Sustentável**, [S.L.], p. 53-70, 10 out. 2017. Editora Scienza. <http://dx.doi.org/10.26626/978-85-5953-027-8.2017c0002.p.53-70>.