

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO CANTEIRO DE OBRAS

ARIANNA VICTORIA COSTA NEPOMUCENO

JUIZ DE FORA

2023

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO CANTEIRO DE OBRAS

ARIANNA VICTORIA COSTA NEPOMUCENO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Conhecimento: Construção Civil

Orientador: Prof. Dra. Maria Aparecida Steinherz Hippert

Juiz de Fora

Faculdade de Engenharia da UFJF

2023

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO CANTEIRO DE OBRAS

ARIANNA VICTORIA COSTA NEPOMUCENO

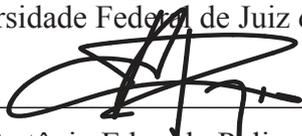
Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora constituída de acordo com a Resolução Nº 01/2018 do Colegiado do Curso de Engenharia Civil, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 11/01/2023

Por:



Prof.(a) Maria Aparecida Steinherz Hippert D.Se (orientadora)
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Antônio Eduardo Polisseni, D.Sc
Universidade Federal de Juiz de Fora



Luana Rodrigues Gomes Engenheira Civil
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que, por crer, nunca me deixou duvidar da realização deste sonho. A minha mãe, Alda, com seu amor genuíno e cuidado irretocável, batalhou para que eu chegasse até aqui, sempre me direcionando para o caminho certo. Ao meu pai, Paulo, por ser minha base forte, me motivando, alegrando e me fazendo acreditar que esse sonho seria possível. A minha irmã, Dai, pela nossa conexão e amizade, que acreditou, contribuiu e me inspirou desde sempre. Aos meus familiares, sempre presentes.

Agradeço também aos meus amigos da faculdade e ao MEJ, pela cumplicidade, aprendizados, propósitos, risadas e noites viradas, por viverem e compartilharem esse ciclo comigo de forma leve e por me ajudarem a concluir o curso, sem vocês com certeza isso não seria possível. Aos meus amigos de vida, que caminham sempre comigo e torcem por minhas vitórias e que mesmo em momentos que não fui tão presente, compreenderam tal necessidade.

Nessa reta final da faculdade agradeço ao meu namorado Eduardo, que foi essencial com seu carinho, paciência e companheirismo, sempre cuidando de mim, e aos meus amigos de trabalho, por entender essa fase, por torcer por essa conclusão e por tornar os dias de escrita deste trabalho mais leves, sem dúvidas a Cora é diferente.

Agradeço a todos os professores que fizeram parte dessa jornada, por ter contribuído na minha formação acadêmica, profissional e pessoal. Minha eterna admiração à profissão. Em especial a minha orientadora, Maria Aparecida por toda sua dedicação e paciência, por me ajudar compartilhando seus vastos conhecimentos sobre o assunto.

A vocês, todo o meu amor!

Não é o mais forte da espécie que sobrevive, nem o mais inteligente. É aquele que se adapta melhor as mudanças. (Charles Darwin)

RESUMO

A indústria da Construção Civil enfrenta dificuldades comparada a outros setores, quando o assunto é tecnologia. Dentro do ciclo de vida de uma edificação, o canteiro de obras possui ainda mais dificuldade de adaptação devido a mão de obra não especializada, em sua maioria, entre outros fatores. Entretanto, em um mercado cada vez mais exigente e competitivo como o da Construção Civil, as empresas buscam a inovação como forma de se destacarem e a chegada da 4ª Revolução Industrial, com novas tecnologias digitais, redes, hardware e softwares mais sofisticados, proporcionou uma grande diversificação de inovações sendo criadas e estudadas, passíveis assim de serem implementadas no canteiro. O objetivo deste trabalho é estudar Tecnologias da Informação implementadas no canteiro de obras residencial, que colaboram para uma melhor gestão, qualidade, controle, eficiência, planejamento e gerenciamento da obra, entre outros. Dentre essas TI's foram escolhidas três para serem apresentadas de forma mais detalhadas, o BIM 4D e 5D, a robótica e as etiquetas inteligente, focadas no RFID e QR Code, discutindo sua usabilidade, sua utilidade dentro da construção civil com foco no canteiro e suas contribuições e melhorias dentro do canteiro, juntamente com os desafios de sua implementação. A pesquisa se caracteriza como uma revisão bibliográfica, com análises qualitativas utilizando como consulta outras pesquisas, normas, artigos, livros, teses, monografias e dissertações. Ao final da pesquisa foi possível concluir que as tecnologias estudadas possuem suas vantagens, mas também passam por desafios, entretanto isso não impede a implementação delas nos canteiros, tendo exemplo de onde estão sendo utilizadas, inclusive no Brasil.

Palavras-chave: Inovação, Canteiro de obras e Tecnologia da Informação.

ABSTRACT

The Civil Construction industry faces difficulties compared to other sectors when it comes to technology. Within the life cycle of a building, the construction site has even more difficulty adapting due to unskilled labor, for the most part, among other factors. However, in an increasingly demanding and competitive market such as Civil Construction, companies seek innovation as a way to stand out and the arrival of the 4th Industrial Revolution, with new digital technologies, networks, hardware and more sophisticated software, provided a great diversification of innovations being created and studied, thus likely to be implemented at the construction site. The objective of this work is to study Information Technologies implemented in the residential construction site, which collaborate for a better management, quality, control, efficiency, planning and management of the work, among others. Among these IT's, three were chosen to be presented in more detail, BIM 4D and 5D, robotics and smart labels, focused on RFID and QR Code, discussing their usability, their usefulness within civil construction with a focus on the construction site and their contributions and improvements within the construction site, along with the challenges of its implementation. The research is characterized as a bibliographic review, with qualitative analyzes using other researches, norms, articles, books, theses, monographs and dissertations as a consultation. At the end of the research it was possible to conclude that the technologies studied have their advantages, but they also face challenges, however this does not prevent their implementation in the construction sites, having an example of where they are being used, including in Brazil.

Keywords: Innovation, Construction site and Information Technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Resumo das Revoluções Industriais	15
Figura 2 - Canteiro de obra do tipo restrito	20
Figura 3 - Canteiro de obra do tipo amplo.....	20
Figura 4 - Canteiro de obra do tipo longos e estreitos.....	21
Figura 5 - Fluxograma de atividades para planejamento do canteiro de obra.....	23
Figura 6 - Evolução do canteiro de obras	25
Figura 7 - Modelos de Inovação Aberta e Fechada.....	32
Figura 8 - Trajetórias de inovações incrementais e radicais em processos	33
Figura 9 - Construção verde	37
Figura 10 - Impressão 3D	37
Figura 11 - Building Information Model 5D.....	38
Figura 12 - Fluxograma BIM	45
Figura 13 - BIM 4D.....	47
Figura 14 - BIM 5D.....	47
Figura 15 - BIM 3D, 4D e 5D – Orçamentação	48
Figura 16 - Robô de impressora 3D.....	53
Figura 17 - Robô de montagem de parede interior da Kajima	54
Figura 18 - Robô compactador de concreto da Takenaka	54
Figura 19 - Robô de acabamento de concreto da Kajima.....	55
Figura 20 - Robô de montagem de tijolos do projeto ROCCO	55

Figura 21- Robô britador	56
Figura 22- Robô de assentamento de argamassa	57
Figura 23 - Robô Spot	58
Figura 24- Edifício de escritórios em impressão 3D	59
Figura 25 - André Felipe, Allynson Xavier e Iago da Silva: os idealizadores da impressora e do primeiro projeto brasileiro de construção com impressão 3D	59
Figura 26 - Ilustração do sistema de leitura tradicional para etiquetas RFID com transceptor	62
Figura 27- Ilustração do sistema de leitura portátil de etiquetas RFID	63
Figura 28 - Pagamentos utilizando QR Code	66
Figura 29 - Tag's RFID instaladas em guarda corpo (EPC - Equipamento de Proteção Coletiva) no canteiro de obras	68
Figura 30 - Sistema de rastreamento de pessoal	69
Figura 31- Leitores e antenas no teto Fonte	69
Figura 32 - Engenheira implantando etiquetas de QR Code	71
Figura 33 - Leitura de uma mesma etiqueta direcionando para conteúdos distintos	72
Figura 34 - QR Code nas placas de obras para arquitetos	73
Figura 35 - Modelo de placa com QR Code proposto pela CAU	73

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Tipos de canteiro	19
Quadro 2 - Conceitos sobre inovação.....	28
Quadro 3- Vantagens e limitações das tecnologias RFID para fins de construção	75
Quadro 4 - Vantagens e desvantagens do RFID.....	76

LISTA DE SIGLAS

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
4D	Quatro dimensões
5D	Cinco dimensões
6D	Seis dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	<i>Building Information Model</i> - Modelagem da Informações da Construção
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CNI	Confederação Nacional da Indústria
EDG	Encontro com Diretores e Gestores da Construção
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FINEP	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações e da Financiadora de Estudos e Projetos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IOT	<i>Internet of Things</i> - Internet das Coisas
MBC	Manual de Inovação do Movimento Brasil Competitivo
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
OECD	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i> - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PINTEC	Pesquisa de Inovação
PIB	Produto Interno Bruto
QR	<i>Quick Response</i> - Resposta rápida

RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> - Identificação por Radiofrequência
RIA	Instituto de Robótica da América
S/D	Sem data
S/P	Sem página
TBM	<i>Tunnel Boring Machine</i> - Máquina perfuradora de túnel
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e da Comunicação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
1.2 OBJETIVO	17
1.3 METODOLOGIA.....	18
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	18
2 CANTEIRO DE OBRAS	19
2.1 CONCEITOS	19
2.2 PLANEJAMENTO DO CANTEIRO DE OBRAS.....	22
2.3 FASES DO CANTEIRO DE OBRAS.....	23
3 INOVAÇÃO E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO.....	27
3.1 INOVAÇÃO	27
3.1.1 CONCEITOS	27
3.1.2 TIPOS DE INOVAÇÃO	30
3.1.3 INOVAÇÃO E O SETOR CONSTRUÇÃO CIVIL.....	34
3.2 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO	38
3.2.1 CONCEITOS	38
3.2.2 INDÚSTRIA 4.0.....	40
4 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO CANTEIRO DE OBRAS	44
4.1 BIM 4D E 5D.....	44
4.1.1 VISÃO GERAL DA MODELAGEM BIM	44
4.1.2 BIM NO CANTEIRO DE OBRAS – BIM 4D E 5D.....	46
4.1.3 VANTAGENS E DESAFIOS NO USO DA TECNOLOGIA BIM 4D E 5D	48
4.2 ROBÓTICA	50
4.2.1 VISÃO GERAL DO USO DA ROBÓTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	50
4.2.2 ROBÔS NO CANTEIRO DE OBRAS	53

4.2.3 VANTAGENS E DESAFIOS NO USO DA ROBÓTICA NO CANTEIRO DE OBRAS	60
4.3 ETIQUETAS RFID E QR CODE.....	61
4.3.1 VISÃO GERAL DO USO DAS ETIQUETAS RFID E QR CODE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	61
4.3.2 ETIQUETAS RFID E QR CODE NO CANTEIRO DE OBRAS	67
4.3.3 VANTAGENS E DESAFIOS NO USO DAS ETIQUETAS RFID E QR CODE NO CANTEIRO DE OBRAS	74
5 CONCLUSÃO.....	78
6 REFERÊNCIAS	80

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Historicamente o mundo passou por revoluções quando houve uma transformação bruta nas estruturas sociais e sistemas econômicos. A primeira grande transformação ocorreu por volta de dez mil anos atrás com a Revolução Agrícola, sendo pioneira. A partir daí, passou por outras revoluções até atingir a industrialização, que culminou na Primeira Revolução Industrial por volta do século XVIII, dando início à produção mecânica. Após ela, foi vivida a Segunda Revolução Industrial, que ocorreu no final do século XIX, proporcionando a produção em massa a partir da linha de montagem e eletricidade. A Terceira Revolução Industrial se deu na década de 1960, onde se teve acesso à computação pessoal, internet e semicondutores. Chegou-se à Quarta Revolução Industrial, com início na mudança do século XX para XXI, responsável por proporcionar mudanças e rupturas nos tempos atuais, conhecida como revolução digital (SCHWAB, 2016).

A Figura 1 ilustra em linha do tempo as Revoluções Industriais e suas características.

Figura 1 - Resumo das Revoluções Industriais



Fonte: Alcer Consultoria (2018, *apud* BRIZOLLA 2019)

Essa mudança ao longo dos anos fez com que a indústria desenvolvesse em suas técnicas, modo de produção, produtos e necessidades, se apresentando de forma diferente em cada país, proporcionando avanços sociais, econômicos e culturais (MATOS, 2018).

A 4ª Revolução Industrial tem como principal característica a implementação da internet no controle de produção, conectando a realidade com o mundo virtual, no qual permitiu que dispositivos se conectem ilimitadamente, o que deu origem a chamada internet das coisas, ou IOT (Internet of Things, na sigla em inglês - Internet das coisas) (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI, 2016a).

Essa característica deu origem as Tecnologias da Informação (TI), que estão ligadas às tecnologias digitais, às redes e aos softwares, entre outros, causando um avanço nas tecnologias antes já existentes. Isso tornou as tecnologias mais sofisticadas e integradas, sendo caracterizadas “por uma internet mais ubíqua e móvel, por sensores menores e mais poderosos que se tornaram mais baratos e pela inteligência artificial e aprendizagem automática (ou aprendizado de máquina)” (SCHWAB, 2016, p. 16).

As principais tecnologias habilitadoras por trás dessa revolução incluem a já mencionada internet das coisas, o big data, a computação em nuvem, a robótica avançada, a inteligência artificial, novos materiais e as novas tecnologias de manufatura aditiva (impressão 3D) e manufatura híbrida (funções aditivas e de usinagem em uma mesma máquina) (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI, 2016a, p.12).

A partir dessas inovações, estão sendo sentidas as mudanças além do dia a dia na fábrica. É vivenciado um aumento na produtividade, com lançamentos e novos produtos com a mesma qualidade, uma customização de acordo com as necessidades dos clientes, uma flexibilização nas linhas de produção, proporcionando a melhora da comunicação de diferentes setores internos da indústria, e a interação global das empresas entre si e com seus clientes, quebrando fronteiras (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2016a).

Diante da era atual vivida, foi dado origem ao termo Indústria 4.0, no qual, incentiva diversos setores da economia a adotarem a tecnologia como forma de se tornarem mais competitivos no mercado. Essas inovações podem ser implementadas internamente no processo industrial com a integração das máquinas com o produto e uma rede digital, sendo possível monitorar de forma ágil todo o processo da empresa, perceber eventuais problemas, evitar gargalos, prever riscos e agir estrategicamente alocando máquinas e pessoas de forma mais produtiva e inteligente. A tecnologia permite também inovações no produto final, permitindo a criação de novos modelos

de negócio, reinventando o serviço de algumas empresas. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2016b).

Neste contexto, a Construção Civil também sofreu influência histórica e se transformou. Sendo uma das Engenharias mais antigas, em seu passado tinha como função principal o abrigo, que com o passar do tempo e evolução das comunidades, começou a necessidade de se construir cidades e espaços comunitários. Juntamente com a sociedade, a Engenharia Civil se transformou e hoje é responsável por diversas áreas, podendo incluir a construção civil, o transporte, hidráulica, saneamento, cálculo estrutural e geotecnia (BRITOS ENGENHARIA, 2018).

Não só num contexto histórico de mudança natural, a Engenharia Civil se obriga a inovar. Apesar disso, é um setor que ainda encontra resistência em avançar quando o tema é tecnologia, devido à falta de conhecimento, o que gera incertezas e medo de possíveis erros ao trabalhar com o novo (SOUZA, 2015). É percebido que em alguns momentos a não adoção da tecnologia é devido ao custo gasto em implementação, a necessidade da qualificação de mão de obra juntamente com treinamentos e pelo medo de uma possível substituição do trabalhador, acarretando o desemprego (PACHECO JÚNIOR, 2021).

Ainda para Pacheco Júnior (2021) em contrapartida, a tecnologia na Construção Civil vem garantindo benefícios rápidos e de grande impacto em alguns serviços, antes não proporcionados. Como destaque temos a redução de desperdício com obras sustentáveis, diminuição de custos em alguns processos, redução e controle de riscos, aumento da produtividade e ganho na competitividade.

Diante do exposto acerca da implementação de tecnologia na Construção Civil, juntamente com a Indústria 4.0, chegamos à pergunta deste trabalho: "quais inovações na área da Tecnologia da Informação podem ser encontradas nos canteiros de obras residenciais?"

1.2 OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo estudar Tecnologias da Informação usadas nos canteiros de obras residenciais, que colaboram para uma melhor gestão, qualidade, controle, eficiência, planejamento e gerenciamento da obra, entre outros.

1.3 METODOLOGIA

O estudo apresentado é uma revisão bibliográfica, que de forma geral, faz levantamento de pesquisas científicas já existentes e discussões de outros autores sobre o tema em questão. Através desta revisão são reunidos conteúdos que abordem o objetivo do trabalho, expondo as tecnologias de canteiros de obra utilizadas no mercado, com foco no gerenciamento, controle e planejamento de obras, suas vantagens e desvantagens, forma de utilização e implementação, benefícios, desafios, entre outros, a fim de evidenciar o avanço do setor.

Foram utilizados como material de consulta para normas, artigos, livros, teses, monografias e dissertações acerca do tema tratado.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

A estruturação do trabalho tem a forma descrita abaixo:

O capítulo conta com as considerações iniciais, apresentando o tema estudado, dentro do contexto escolhido, dando uma prévia do que será abordado ao longo da revisão. O objetivo do trabalho, explicitando o que é esperado com a entrega. E a metodologia escolhida.

O capítulo dois aborda o assunto de canteiro de obras, seus conceitos e definições, seu controle e planejamento, suas fases e gerenciamento.

Em sequência, no capítulo três é exposto sobre Inovação, Tecnologia e Tecnologia da Informação, onde são apresentados os conceitos de inovação, tecnologia e tecnologia da informação, seus processos, tipos e também um panorama dentro da Construção Civil.

No capítulo quatro está sendo apresentado as Tecnologias da Informação (TI) aplicadas nos canteiros de obras: O foco foi em três tipos de TI que estão sendo usadas atualmente, suas definições, aplicação, vantagens e dificuldades de implementação no canteiro.

Encerrando o trabalho temos as considerações finais.

2 CANTEIRO DE OBRAS

2.1 CONCEITOS

O canteiro de obras possui definições de acordo com algumas normas brasileiras. A Norma Regulamentadora 18 – NR18 2020 traz que o canteiro de obras é a “área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra.” Já a NBR12284 define como “Áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1991).

Os canteiros podem ser classificados de acordo com o seu tipo, sendo definido por Illingworth (1993 *apud* SAURIN; FORMOSO, 2006, p.19) em “restritos, amplos, e longos e estreitos”.

O quadro 1 a seguir descreve os tipos com sua descrição.

Quadro 1 - Tipos de canteiro

Tipo	Descrição
Restrito	A construção ocupa o terreno completo ou uma alta percentagem deste. Acessos restritos.
Exemplos	Construção em áreas centrais da cidade, ampliações e reformas
Amplos	A construção ocupa somente uma parcela relativamente pequena do terreno. Há disponibilidade de acessos para veículos e de espaço para áreas de armazenamento de acomodação de pessoal.
Exemplos	Construção de plantas industriais, conjuntos habitacionais horizontais e outras grandes obras como barragens ou usinas hidroelétricas.
Longos e Estreitos	São restritos em apenas uma das dimensões, com possibilidade de acesso em poucos pontos do canteiro.
Exemplos	Trabalhos em estradas de ferro e rodagem, redes de gás e petróleo, e alguns casos de obras de edificações em zonas urbanas.

Fonte: Adaptado de Illingworth (1993 *apud* SAURIN; FORMOSO, 2006)

Os canteiros restritos são os mais encontrados nos grandes centros urbanos, devido a limitação de espaço e também em locais em que o custo por área construída é mais elevado, devido a necessidade de aproveitar ao máximo o espaço, para maximizar o lucro. Diante disso, é necessário uma maior atenção e planejamento do canteiro de obras nestes terrenos, para garantir uma eficiência do trabalho (ILLINGWORTH, 1993 *apud* SAURIN; FORMOSO, 2006). A figuras 2 apresenta o canteiro mencionado.

Figura 2 - Canteiro de obra do tipo restrito



Fonte: Construtora Agmar (2020)

Já nos canteiros amplos, há uma maior facilidade para o planejamento, visto que a edificação ocupa uma pequena parcela, possuindo assim espaços para o fluxo de pessoas e transporte e estocagem de materiais (NETO, 2014). A figura 3 apresenta o canteiro mencionado.

Figura 3 - Canteiro de obra do tipo amplo



Fonte: Agência CBIC (2020)

Os longos e estreitos traz uma dificuldade maior para acesso e locomoção, em umas das suas direções, havendo espaço livre, mas precisando também de um planejamento mais cuidadoso (NETO, 2014). A figura 4 apresenta o canteiro mencionado.

Figura 4 - Canteiro de obra do tipo longos e estreitos



Fonte: Galvaminas (s/d)

Segundo Alves (2012), independentemente do tipo de canteiro, para atender as necessidades e executar uma boa implantação, é preciso que eles apresentem algumas características, como: a economia de movimentos, facilitando o transporte de pessoas, materiais e máquinas; possível mudança no layout para caso haja necessidade de alterações futuras de acordo com as fases da obra; e direção do fluxo de produção do canteiro no sentido correto. Será possível planejar o canteiro a partir de informações vindas dos projetos do empreendimento e dos cronogramas. Segundo Alves ainda é preciso:

- Ter as especificações técnicas da obra, tanto em relação ao processo construtivo, como o que será produzido e quais os materiais produzidos e adquiridos para a obra;
- Conhecer a CLT-Consolidação das Leis Trabalhistas e a NR-18 – Fornecendo subsídios para o dimensionamento das áreas de vivência;
- Ter dados sobre a produtividade dos operários para o dimensionamento da mão de obra;
- Conhecer o cronograma de execução dos serviços, a área do terreno e da obra a ser construída (ALVES, 2012, p.16).

2.2 PLANEJAMENTO DO CANTEIRO DE OBRAS

Para Frankenfeld (1990 *apud* SAURIN; FORMOSO, 2000), o planejamento do canteiro de obras pode ser definido como a organização da logística de suas instalações provisórias, das instalações de segurança, dos sistemas de movimentações e do armazenamento de materiais. O layout do canteiro construído irá definir o arranjo dos trabalhadores, a localização dos equipamentos e materiais, juntamente com sua estocagem, e o sistema de movimentação dentro da obra.

Mattos (2010) coloca o planejamento como uma fase do projeto em estágio II da obra, depois da de concepção e viabilidade e antes da de execução, sendo a fase de “elaboração de cronograma de obra realista, com definição de prazos e marcos contratuais”. Para ele “o planejamento é a chave do sucesso de qualquer empreendimento, seja ele público ou privado. Por meio do planejamento o gestor pode definir as prioridades, estabelecer a sequência de execução, comparar alternativas de ataque, monitorar atrasos e desvios, entre outros benefícios” (MATTOS, 2010, p. 33).

Segundo Handa (1988 *apud* SAURIN; FORMOSO, 2006) na construção civil muitas das vezes secundariza-se o processo de planejamento de obras, preocupando-se apenas quando surgem problemas na execução, já ao decorrer da obra.

Em consequência, na construção de um prédio, não é levado em conta que a organização do canteiro de obras pode impactar na redução de desperdício, gastos, prazos e melhorando também a jornada de trabalho dos operários (ARAÚJO; SOUZA; SILVA, 2019).

Ainda de acordo com Araújo, Souza e Silva (2019) quando se fala sobre gestão do canteiro de obras, muitas empresas tratam este processo separados dos outros demais, não realizando acompanhamentos físicos dos problemas do dia a dia. Entretanto, para a competitividade do mercado, as empresas precisam encontrar formas de melhorar suas técnicas e trabalhos, prevendo eventuais mudanças, conseguindo assim gerar valor em seus serviços ao ser comparado com a concorrência.

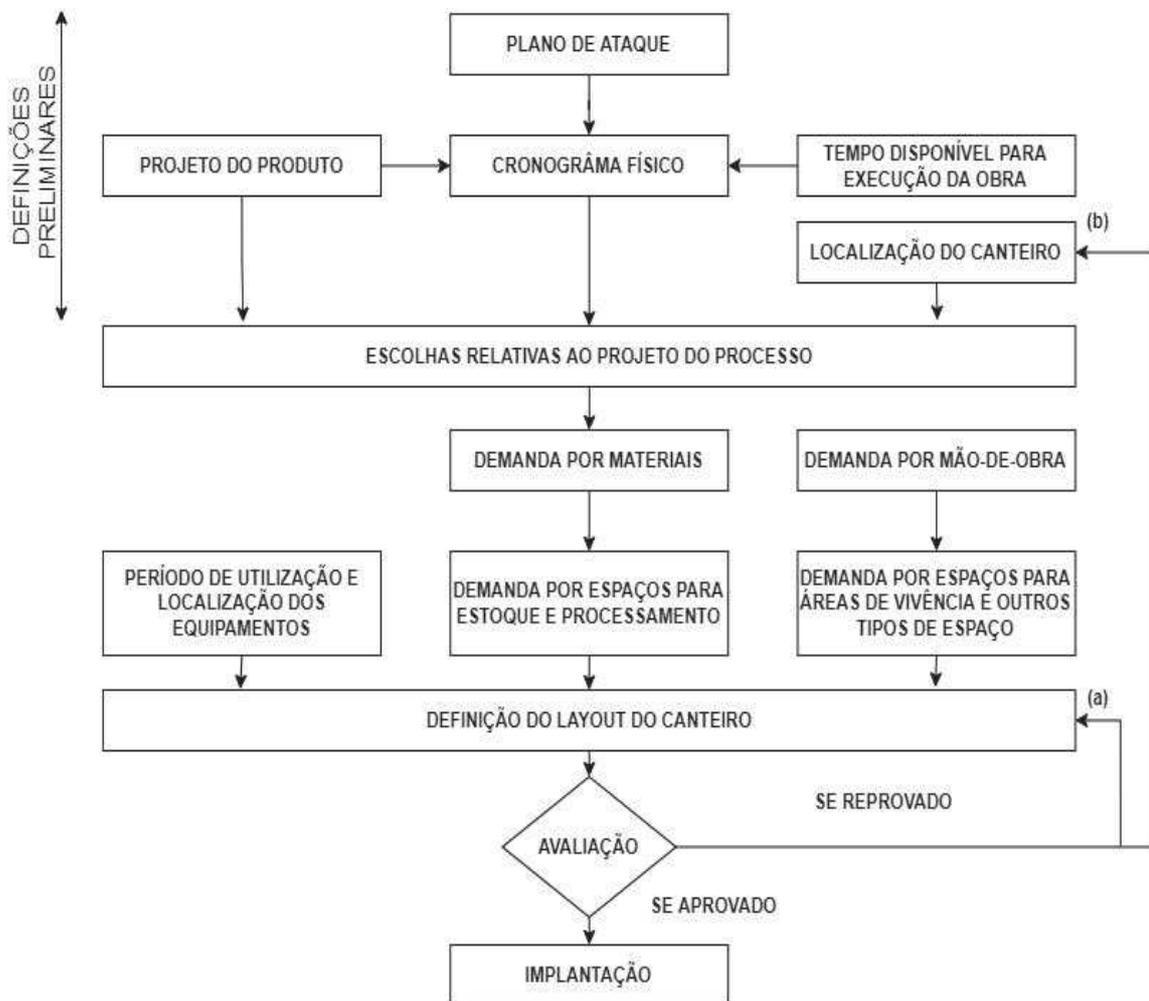
Para Souza (2008 *apud* DAVEL, 2010, p.11, grifo nosso) pode-se organizar o canteiro nos itens abaixo:

- Prazo da Obra
- Projeto
- Plano de ataque
- Cronograma Físico

- **Tecnologias**
- Logística de Equipamentos / Materiais
- Localização dos Equipamentos / Elementos do Canteiro
- Gestão de Suprimentos / Mão de Obra
- Fases do Canteiro
- Disponibilidade e Demanda de áreas
- Layout do Canteiro

Esse conjunto de itens podem ser mais facilmente entendidos seguindo o fluxograma, conforme apresentado na figura 5.

Figura 5 - Fluxograma de atividades para planejamento do canteiro de obra



Fonte: Adaptado de Sousa (2008 *apud* DAVEL, 2010, p.12)

2.3 FASES DO CANTEIRO DE OBRAS

Segundo Souza e Franco (1997), ao decorrer da execução da obra o canteiro vai passando por modificações de acordo com as suas necessidades, se diferenciando em materiais, equipamentos, serviços prestados, necessidade de mão de obra, entre outras características.

Diante disso, para melhor entendimento é interessante que saiba as fases principais e como elas são divididas. Há diferentes critérios para subdividi-las, dependendo do tempo que é destinado para discutir o planejamento do canteiro.

Souza e Franco (1997) classificaram em sete principais fases:

1. Movimento de terra/contenção da vizinhança e fundações:

É uma fase que normalmente é realizada por subempreiteiros, donos dos equipamentos que não necessitarão da utilização de alojamento, sendo assim é uma fase com poucas instalações provisórias. Para as instalações necessárias pode ser pensado diversos posicionamentos como o recuo do subsolo quanto ao alinhamento do terreno, ou áreas que não ocorrerão movimentação de terra, região do alinhamento do terreno, ou área interna da escavação entre outras citadas.

2. Estrutura do(s) subsolo(s) sob a torre e a periferia

O início dessa fase é diretamente dependente das decisões da fase anterior, porém neste momento as demandas de espaço são maiores sendo necessário alocar equipamentos, mão de obra relativo aos serviços de fôrmas e armaduras e serviço de concretagem. Também é necessário alocar as instalações administrativas e os equipamentos para transporte vertical que ocorrerão nas próximas fases, além do transporte de concreto.

3. Estrutura do restante da torre

Ao atingir essa fase se tem maiores espaços para o canteiro, devido a construção de boa parte das estruturas do subsolo. Além disso, não é preciso grandes espaços para estocagem de formas, pois ao executar os andares tipos, a necessidade de modificação ou construção de painéis diminui.

4. Estrutura-alvenaria

Esta é uma fase que necessita de maiores espaços, pois com a construção das estruturas de alvenaria é necessário a estocagem de materiais como cimento, areia e cal, espaço para produção de argamassas e o aumento de funcionários, crescendo assim a necessidade de transporte vertical.

5. Estrutura-alvenaria-revestimentos argamassados

Esta é uma fase que precisa de um bom planejamento pois, devido ao início dos revestimentos de argamassa, há uma maior necessidade de espaços juntamente com o deslocamento vertical de material. Entretanto, os três serviços desta fase podem ocorrer de forma não simultânea.

6. Finalização da obra

É uma fase em que os serviços das fases anteriores que demandam muito espaço já estão chegando ao fim, facilitando a necessidade de espaço do canteiro. Neste momento é importante compatibilizar o cronograma da obra com a sua desmobilização.

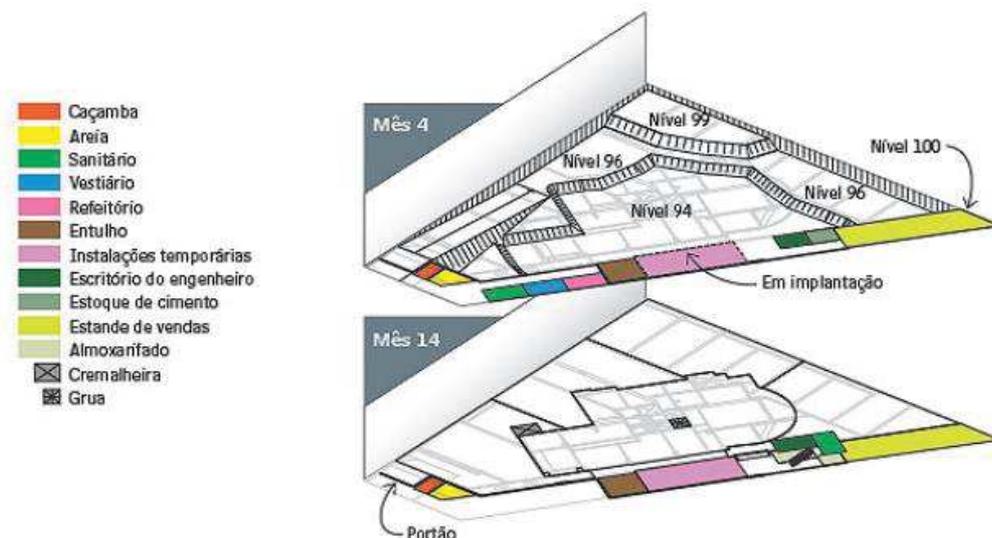
7. Outros marcos importantes para a definição de modificações do canteiro

Neste momento é o fim das fases anteriores, estrutura, alvenaria, revestimentos argamassados, sendo o período de início/fim da parte hidráulica, elétrica, impermeabilização, pintura, revestimentos do tipo azulejo, cerâmica de piso e montagem do elevador definitivo, onde algumas áreas precisam ainda ser mantidas.

Faria (2016) apresentou o esquema de layout de canteiro de obra de acordo com suas fases, conforme apresentado na figura 6.

a) Mês 04 ao mês 14

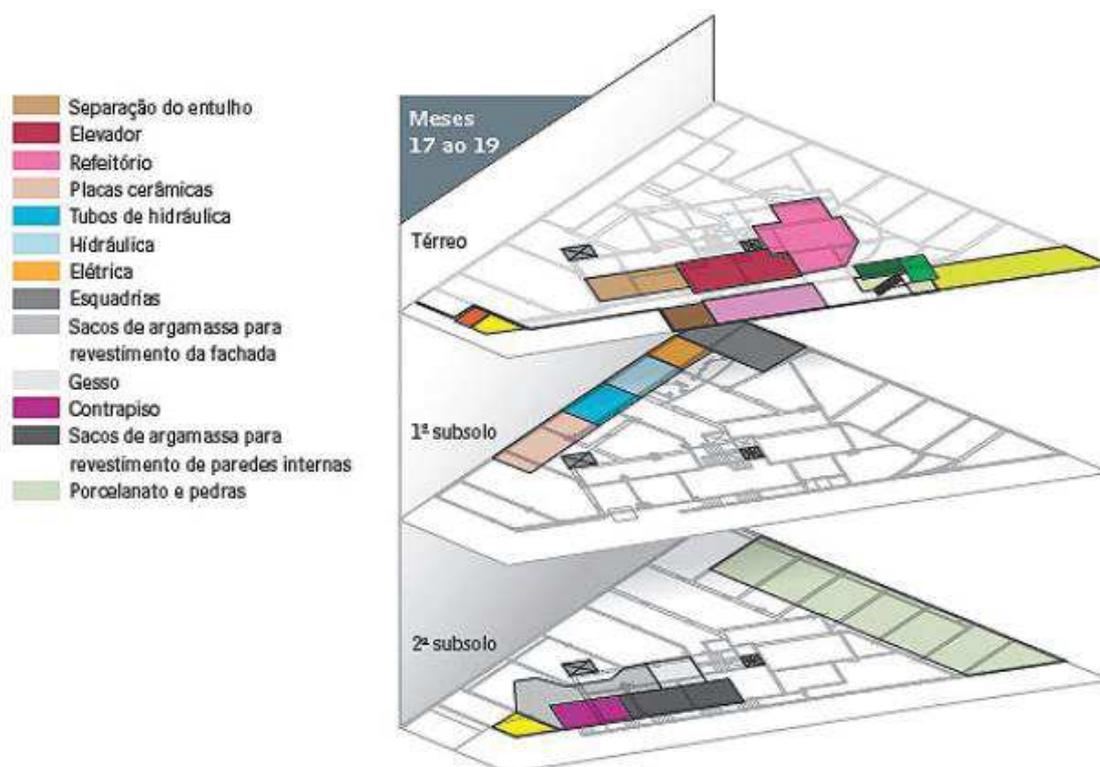
Figura 6 - Evolução do canteiro de obras



Fonte: Produtime e REM Construtora (s/d *apud* FARIA, s/d)

b) Mês 17 ao mês 19

Figura 6b - Evolução do canteiro de obras



Fonte: Produtime e REM Construtora (s/d *apud* FARIA, s/d)

3 INOVAÇÃO E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

3.1 INOVAÇÃO

3.1.1 CONCEITOS

A discussão sobre a temática de inovação não é algo novo, há estudos já publicados a tempos em torno do assunto. O tema atrai empresários, pesquisadores e acadêmicos desde 1970 e passou a ser correlacionado com o desenvolvimento econômico, desempenho organizacional e produtividade na década de 90, sendo um importante fator estratégico na competitividade das organizações (Pesquisa de Inovação - PINTEC, 2005 e 2008 *apud* STOECKICHT, 2012). Em 1997 a OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*, na sigla em inglês - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) definiu no manual de OSLO, que para ser considerado inovação é preciso que produtos, métodos, prática de negócios ou funções, seja algo novo ou significativamente melhorado no seu âmbito (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 1997).

O conceito de inovação está relacionado à criação de algo novo de acordo com o dicionário da Google, que define como "aquilo que é novo, coisa nova, novidade". Já a NBR ISO 56000 que trata sobre Gestão da Inovação, define que

Uma inovação pode ser um produto, serviço, processo, modelo, método ou qualquer outra entidade ou combinação de entidades. Por exemplo, um modelo pode ser um modelo de negócios, um modelo operacional ou qualquer outro modelo de realização de valor. Qualquer coisa, em qualquer área, pode ser inovada. O conceito de inovação é caracterizado por novidade e valor. Para realizar valor, convém que a entidade seja introduzida, implementada, desdobrada, adotada ou usada até certo ponto. Assim, novidade e valor são características necessárias e suficientes do conceito de inovação. Isso significa, por exemplo, que ideias e invenções sem a manifestação de valor não são inovações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021, p.16).

Existem diversas variações no conceito de inovação. O quadro 2 a seguir apresenta mais alguns conceitos de inovação.

Quadro 2 - Conceitos sobre inovação

CONCEITO	AUTORIA
A inovação é a força motriz do progresso econômico e os agentes da inovação são empreendedores	Josaph Schumpeter (1883-1950)
Inovação é a exploração bem-sucedida de novas ideias	Unidade de Inovação (2004) - Ministério britânico do Comércio e Indústria
A inovação industrial inclui a técnica, design, fabricação, gestão e atividades comerciais envolvidos na comercialização de um novo (ou melhor) do produto ou o primeiro uso comercial de um novo (ou melhor) processo ou equipamento.	Chris Freeman (1982) 1ª Economia de Inovação Industrial, 2ª edição. Pinter, em Londres.
A inovação não implica, necessariamente comercialização de apenas um grande avanço no estado da arte tecnológica (uma inovação radical), mas inclui também a utilização do mesmo mudanças de pequena escala no <i>know how</i> tecnológico (melhoria ou inovação incremental)	Roy Rothwell e Paul Cardiner (1985) – Invenção, inovação re-inovação e papel do usuário, <i>Technovation</i> , 3, 168
Inovação é a ferramenta específica dos empresários, o meio pelo que exploram a mudança como uma oportunidade para um negócio ou serviço diferente. É capaz de ser apresentada como uma disciplina, capaz de ser aprendida e capaz de ser praticada	Peter Drucker (1985) <i>Inovação e Empreendedorismo</i> , Harper & Row, Nova York
Empresas alcançam vantagens competitivas por meio de atos de inovação. Elas aproximam-se da inovação no seu sentido mais amplo, incluindo tanto as novas tecnologias e novas formas de fazer as coisas	Michael Porter (1990) - <i>A Vantagem Competitiva das Nações</i> , Macmillan, Londres

Fonte: Adaptado de TIDD e BESSANT (2009 *apud* SOUSA 2015, p.14)

Dentro do contexto de globalização, as inovações passaram a ser estratégicas para as indústrias se tornarem mais competitivas, pois garantem maiores vantagens quando comparadas ao

mercado. Para Porter (1986 *apud* ENGEL; AREND, 2013), essa busca por vantagens só é atingida com a implementação de novas tecnologias nos processos e produtos, proporcionando benefícios, níveis de competitividade e crescimento maiores.

As inovações tecnológicas proporcionam também o desenvolvimento econômico. Joseph Schumpeter relata em 1934 em seu trabalho “Teoria do Desenvolvimento Econômico” desta relação. Ele descreve: “É, contudo, o produtor que, via de regra, inicia a mudança econômica, e os consumidores, se necessário, são por ele ‘educados’; eles são, por assim dizer, ensinados a desejar novas coisas, ou coisas que diferem de alguma forma daquelas que têm o hábito de consumir” (SCHUMPETER *apud* COSTA, 1997, p.10). Foi a partir daí que ele criou a teoria da “destruição criadora”, que tem como ideia a substituição de produtos antigos e hábitos de consumir por novos, influenciado pelo capital (SCHUMPETER *apud* COSTA, 1997).

O tema inovação ganhou também o apoio de instituições públicas. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, com o apoio do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações e da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, passou a realizar a Pesquisa de Inovação - PINTEC. Sua primeira edição aconteceu em 2002 e desde então foi publicada mais seis edições, no ano de 2003, 2005, 2008, 2011, 2014 e 2017, reconhecendo positivamente o impacto da inovação no desenvolvimento econômico e competitividade. As pesquisas têm como objetivo a construção de indicadores de empresas de diversos setores, em busca de contribuir com análises de mercado, com as comunidades acadêmicas em análises de estudo, pelas associações de classe e para o governo em implementação de políticas públicas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020).

De acordo com a PINTEC publicada em 2017,

O resultado da adoção de processo novo ou substancialmente aprimorado deve ser significativo em termos do nível e da qualidade do produto (bem/serviço) ou dos custos de produção e entrega. A introdução deste processo pode ter por objetivo a produção ou entrega de produtos novos ou substancialmente aprimorados que não possam utilizar os processos previamente existentes, ou simplesmente aumentar a eficiência da produção e da entrega de produtos já existentes, sendo excluídas as mudanças pequenas ou rotineiras nos processos produtivos existentes e aquelas puramente administrativas ou organizacionais (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020, p.11).

A pesquisa da PINTEC traz que para ser considerado como inovação, basta ser um produto e/ou processo novo ou bem aprimorado para a empresa, que não é necessário ser novo para o mercado, podendo ser desenvolvido internamente.

3.1.2 TIPOS DE INOVAÇÃO

No estudo acerca da inovação, é encontrado divisões de acordo com tipos, diferenciando de autor para autor.

De acordo com o Manual de Oslo (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 1997), em sua terceira edição, a inovação pode ser dividida em quatro tipos: de produto, de processo, de marketing e organizacional.

A Inovação de Produto é a criação de um bem ou serviço novo ou consideravelmente melhorado, no qual há mudanças em especificações técnicas, componentes e materiais, incorporação de softwares, melhorias de uso, entre outras características relacionadas à funcionalidade. É exposto como exemplo de inovação de produto o primeiro tocador de MP3 portátil, que é uma inovação de tecnologias “que combinou padrões de softwares existentes com a tecnologia de disco rígido miniaturizado” já existentes no mercado (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 1997, p.57).

A Inovação de Produto pode englobar diferentes formas, desde o desenvolvimento de um novo uso para um mesmo produto um pouco modificado, até no setor de serviço, com a criação de novas funções já existentes ou a criação de serviços totalmente novos, como por exemplo as melhorias nos serviços bancários com a internet, aumentando a velocidade e facilidade de uso do produto.

A Inovação de Processo é a criação de um método de distribuição ou produção novo ou consideravelmente melhorado, no qual engloba mudanças em equipamentos, técnicas e/ou softwares. Elas podem estar ligadas a redução de custos de produção ou distribuição, tendo como exemplo no meio de produção “a implementação de design auxiliado por computador para o desenvolvimento de produto” (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 1997, p.59). Já no método de distribuição, deve haver mudança ou melhoria em relação a logística da empresa e seus equipamentos, alocação de suprimentos ou softwares e técnicas para fornecer insumos. É exemplificado a partir da criação de um sistema que rastreia por meio de códigos de barras (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 1997).

É comentado também, no Manual da Oslo, da implementação da Tecnologia da Informação e da Comunicação (TIC), que é considerada como Inovação de Processo quando ela tem o objetivo de impactar na eficiência e/ou qualidade de uma atividade de suporte, com a criação de tecnologias novas ou consideravelmente melhorada (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 1997).

A outra inovação citada pelo Manual de Oslo é a de a Inovação de Marketing que é a criação “de um novo método de marketing com mudanças significativas na concepção do produto ou em sua embalagem, no posicionamento do produto, em sua promoção ou na fixação de preços” (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 1997, p.59). Elas são pensadas em como melhorar a experiência do cliente para que as vendas sejam aumentadas.

Como exemplo em relação a concepção de produto ou embalagem, é citado a mudança de um recipiente de uma loção para o corpo, com objetivo de atrair um novo segmento do mercado. Em relação ao posicionamento do produto, é exemplificado a partir de criação de salas com mostruários de móveis, promovendo ao cliente a visualização dos produtos em sua realidade. Já em promoção ou fixação de preço, temos a criação de sites na web que permite o consumidor escolher os detalhes e conseguir ver o preço do produto já especificado.

O último tipo citado é o de Inovação Organizacional, que é a criação de um novo método organizacional, podendo ser na organização do local de trabalho da empresa, nas práticas de negócios ou nas relações externas.

Em relação a organização do local de trabalho, foi citada como exemplo a implementação de um modelo organizacional, que dá autonomia aos trabalhadores da empresa para tomar decisões e expor ideias. Em práticas de negócio, um exemplo abordado é a implementação de práticas a partir de treinamentos, focadas no desenvolvimento e bem-estar do trabalhador. Por último, está associado a relações externas a implementação de novas organizações na relação com parceiros, instituições públicas ou consumidores (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 1997).

Tidd, Bessant e Pavitt (2008) também dividiram a inovação em quatro tipos, entretanto com algumas diferenciações do Manual da Oslo. Para eles as categorias são:

- Inovação de produto – mudanças nas coisas (produtos/serviços) que uma empresa oferece;

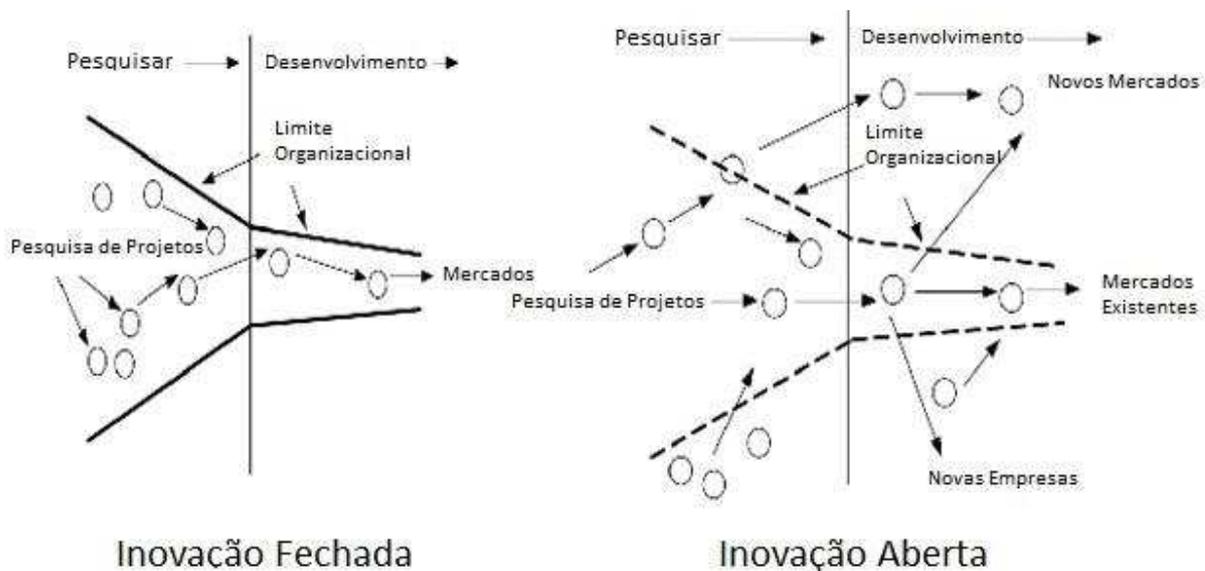
- Inovação de processo – mudanças na forma em que os produtos/serviços são criados e entregues;
- Inovação de posição – mudanças no contexto em que produtos/serviços são introduzidos;
- Inovação de paradigma – mudanças nos modelos mentais subjacentes que orientam o que a empresa faz (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008, p.30).

É citado por Tidd, Bessant e Pavitt (2008) como exemplos de Inovação de Produto um novo pacote de seguro que cobre acidentes de bebês. Já como exemplo de Inovação de processo eles trazem uma mudança nos equipamentos para produzir um carro ou na forma de fabricação dele. Em Inovação de Paradigma, foi citado a reposição de bebidas com um design diferente, mais sofisticado.

Chesbrough (2003 *apud* ALMEIDA, 2017) abordou de forma diferente ao classificar inovação. Ele criou o conceito de inovação aberta e passou a dividi-la entre fechada e aberta. Para ele, a Inovação Fechada é aquela em que a empresa participa de todas as etapas da inovação, no seu início na concepção, no meio no desenvolvimento e até o final na entrega do produto. Em contrapartida, na Inovação Aberta a empresa possui parceiros externos que ficam responsáveis por alguma etapa, tecnologias não produzidas internamente e recursos, que irão contribuir no processo de inovação e compartilharão dos resultados.

A figura 7 apresenta um diagrama criado por Chesbrough em seu livro, que explica a diferença de inovação aberta e fechada.

Figura 7 - Modelos de Inovação Aberta e Fechada



Fonte: Chesbrough (2003 *apud* ALMEIDA, 2017, s/p, tradução nossa)

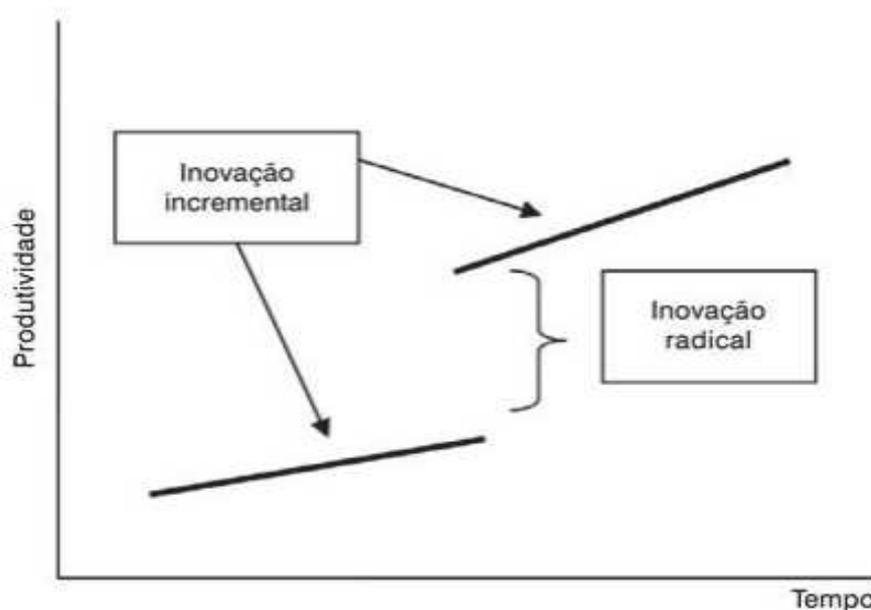
Outra definição de inovação quanto ao tipo, foi citada por Freeman (1988), no qual se subdivide em dois grupos, a Inovação Incremental e a Inovação Radical.

A Inovação Radical é a criação de algo novo, podendo ser o produto ou sua forma de organização ou o processo, em que haja uma ruptura estrutural da tecnologia anterior originando algo totalmente novo, ou quando há melhorias relacionadas à qualidade e/ou a diminuição de custo. Como exemplo, ele cita a criação da máquina a vapor, que aconteceu no século XVIII, no qual causou grande impacto na economia mundial e mudou o curso da sociedade, levando ao crescimento a partir desse surgimento.

Já a Inovação Incremental consiste em melhorias, podendo ser no produto ou sua forma de organização ou no processo, sem que haja uma ruptura na estrutura industrial. Ela pode não ser percebida pelo consumidor final, estando atrelada a etapas internas da empresa, como aumento da qualidade e produtividade e redução de custo, entre outros. Como exemplo é citado por Freeman a redução no uso de materiais e componentes na produção (FREEMAN, 1988, *apud* LEMOS, 1999).

A Figura 8 a seguir exemplifica a trajetória da Inovação Radical e Incremental, apresentando que as Inovações Incrementais evoluem de forma constante em sua produtividade e tempo diferentemente das Inovações Radicais que possui um caminho descontínuo, rompendo com a trajetória existente.

Figura 8 - Trajetórias de inovações incrementais e radicais em processos



Fonte: Tigre (2006)

Outra forma de classificar a inovação é em relação ao seu alcance e abrangência. O Manual de Inovação do Movimento Brasil Competitivo – MBC, traz tais definições:

- Inovação para a empresa – quando a novidade implementada está limitada ao âmbito da empresa, mesmo que as mudanças á existam em outras empresas ou instituições, ou ainda que utilize conhecimentos técnicos já dominados e difundidos em outros lugares ou empresas.
- Inovação para o mercado - quando a empresa é a primeira a introduzir a inovação no seu mercado, seja esse regional ou setorial.
- Inovação para o mundo – quando os resultados das mudanças são introduzidos pela primeira vez em todos os mercados, nacionais e internacionais, no mundo todo, ou seja, não eram praticadas por outras empresas no país ou no exterior (MANUAL DE INOVAÇÃO DO MOVIMENTO BRASIL COMPETITIVO, 2008, p.13).

3.1.3 INOVAÇÃO E O SETOR CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com Moreira (2007 apud STOECKICHT, 2012), a Construção Civil tem grande importância na economia brasileira, sendo um setor que tem responsabilidade na qualidade de vida da população, com foco em moradias, problemas urbanos, problemas de infraestrutura, entre outros. Entretanto, apesar da sua importância econômica quando se trata de inovação, nesse quesito, é um setor atrasado, no qual as empresas que o constituem majoritariamente adotam técnicas ultrapassadas, usam de recursos escassos e não se preocupam com o tema, sem pensar nas evoluções e vantagens que poderiam adquirir ao inovarem.

Ainda pra Moreira é possível notar uma pequena parte do setor preocupado com o assunto, o que leva ao destaque quando se fala em concorrência. Essas empresas apresentam comprometimento com as novas exigências do mercado, com as novas necessidades dos clientes, com os seus parceiros envolvidos nos projetos, com os colaboradores, fornecedores e também com a sua reputação e marca, prezando pela ética, meio ambiente e comunidade (MOREIRA 2007 *apud* STOECKICHT, 2012).

Muitos são os fatores que levaram à Construção Civil a resistir às inovações. Para Toledo, Abreu e Jungles (2000), isso se deveu tanto aos trabalhadores quanto aos administradores, que se sentem inseguros perante as incertezas que poderão ocorrer ao aceitar as mudanças, diante disso a adoção das inovações acaba acontecendo apenas quando consolidadas entre algumas empresas. Para eles outros dois pontos também levam a dificuldade desta adoção, a multidisciplinaridade dos projetos, necessitando assim que todas as empresas envolvidas tenham comprometimento no processo inovador e a dependência que a construção tem de

pesquisa e desenvolvimento de novos equipamentos e materiais. Miozzo e Dewick (2005 *apud* Bueren; Floriani; Hein, 2014, p. 5), complementam quando dizem que as empresas que constituem o mercado da construção necessitam de “gerenciar redes de relacionamento complexas, pois são identificados muitos elementos customizados, o que torna lento o processo de implementação de inovações”.

Reforçando a hipótese da resistência a mudanças por parte dos trabalhadores envolvidos, Maravieski e Reis (2008) explicam:

Resistência à mudança é algo absolutamente normal e esperado em todos os seres humanos. Não há mudança que não nos force a abrir mão de algumas coisas. É normal que um sentimento de medo do desconhecido venha “atormertar” as pessoas. O correto é tentar transformar o “desconhecido” em “conhecido”. Planejar a mudança é fundamental para que as resistências sejam minimizadas (MARAVIESKI; REIS, 2008, p. 2)

Em relação a cultura dos profissionais, Schwark (2006, *apud* STOECKICHT, 2012, p.21), traz que esta, normalmente, possui características de “acomodação, baixo nível de aspiração e qualificação, afetando, portanto, a capacidade criativa na busca de soluções inovadoras, resultando na comoditização dos serviços prestados pelas empresas desta indústria.” Diante disso, as empresas, em sua maioria, acabam optando por estratégias apenas de sobrevivência, possuindo poucos momentos para inserir estratégias de inovação e avanço. Para ele, essas empresas deveriam adotar em seu pilar estratégico, a inovação, para estarem preparadas para enfrentar os desafios da sociedade atual com soluções inovadoras.

Apesar dos problemas apresentados relacionados à lentidão na adoção de inovações comparada a outros setores, é possível perceber um avanço da construção civil brasileira em busca de melhores desempenhos. “A busca por qualidade, e/ou certificação e/ou incrementos na produtividade, bem como as alterações ocorridas na legislação trabalhista e previdenciária, além do aumento na competitividade têm contribuído para o avanço do setor da construção civil” (POZZOBON; HEINECK; FREITAS, 2004, p.1).

Scardoelli et al. (1994 *apud* POZZOBON; HEINECK; FREITAS, 2004) relatam que ao introduzir procedimentos e equipamentos inovadores na construção, após a familiarização e costume destes por parte dos trabalhadores, já é possível obter uma melhor produtividade e qualidade dos produtos. Eles comprovam também em sua tese que os problemas relativos à qualidade dos serviços em construtoras, historicamente atribuídos a mão de obra, na verdade

estão atrelados a instruções não adequadas, más condições de trabalho e não fornecimento de equipamentos necessários.

Diante disso, o assunto inovações no canteiro de obra já foi abordado em diversos estudos, trazendo iniciativas de melhoria.

Estas iniciativas foram, inicialmente, reunidas em um manual elaborado, em 1994, pela ação conjunta do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e do Sindicato da Indústria da Construção (SINDUSCON) do Rio Grande do Sul, tendo como agente de pesquisa o NORIE (Núcleo Orientado para Inovação da Construção) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (POZZOBON; HEINECK; FREITAS, 2004, p.2).

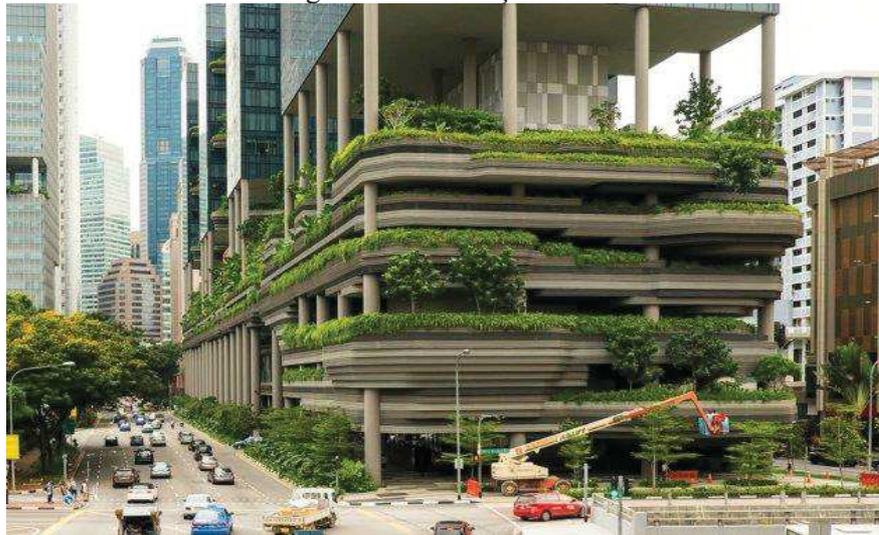
Ainda Pozzobon, Heineck e Freitas (2004) citam diversos momentos em que o assunto esteve presente em importantes trabalhos, como em anais de um Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, no Encontro Nacional de Engenharia de Produção, no Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, entre muitos outros.

De acordo com Gobira (2020), a Construção Civil teve uma ascensão em 2020, após passar por momentos negativos e esse fato se deve também às novidades e tendências relacionadas à inovação. Muitas dessas tendências foram abordadas na *Construtech Conference 2020*, evento brasileiro que reuniu inovadores e *Startups* com foco em apresentar e discutir inovações da Construção Civil. Para ele, algumas se destacam, sendo elas: tecnologias digitais, cidades inteligentes, construção verde, construção modular e pré-fabricada, impressão 3D e BIM (*Building Information Model*, na sigla em inglês - Modelagem da Informações da Construção).

As figuras 9, 10 e 11, ilustram algumas dessas inovações:

A figura 9 apresenta a construção verde, tecnologia que utiliza de processos construtivos e recursos ambientalmente responsáveis e eficientes, desde o projeto até a demolição, com o objetivo de reduzir os desperdícios, a degradação ambiental e a poluição, melhorando assim a qualidade de vida dos moradores e funcionários, diminuindo o impacto negativo da construção no ambiente e na saúde humana (ECIVILNET, s/d).

Figura 9 - Construção verde



Fonte: CASACOR (2021)

A figura 10 apresenta a impressão 3D na Construção Civil, tecnologia que imprime objetos em suas três dimensões (altura, largura e profundidade). Na construção Civil ela é utilizada de diversas formas como: na concepções de maquetes de projetos em escala reduzida, proporcionando a visualização mais real do empreendimento antes da construção; no *Contour Crafting* que utiliza trilhos e argamassas para construir automaticamente via computador, estruturas residenciais, multiresidências e comunitárias de uma vez só; no *Concrete Printing*, processo a base em extrusão de argamassa e cimento, possibilitando a construção de empreendimentos mais rápidos e baratos, a partir de uma impressora portátil, que permite construção em diversos locais com apenas uma máquina e no *D-Shape*, onde se usa da deposição de pó endurecido a partir de um material ligante, podendo construir casas entre outros empreendimentos (SOUZA, 2021).

Figura 10 - Impressão 3D



Fonte: TechTudo (2015)

A figura 11 representa o esquema Building Information Model - BIM na dimensão 3D, 4D e 5D que “é uma série de softwares, métodos e processos utilizados para dar suporte ao longo das fases do projeto, ou seja, ele permite a gestão da informação por todo o ciclo da edificação” (DARÓS, 2019, s/p). Na dimensão 3D as paredes, pisos, mobiliários deixam de ser somente linhas e passam a ter informações agregadas, contendo dados necessários para a construção de um empreendimento. A dimensão 4D agrega a 3D os dados de cronograma, atingindo a fase de planejamento da obra. Já a 5D agrega a 3D os dados de custo, atingindo a fase de orçamentação da obra (DARÓS, 2019).

Figura 11 - Building Information Model 5D



Fonte: Grátispng (s/d)

3.2 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

3.2.1 CONCEITOS

O conceito de Inovação Tecnológica é definido por Coutinho (2014 *apud* STOEKICHT, 2012) como sendo um método, no qual se inicia ao perceber a necessidade de mudança e melhoria em um novo mercado e/ou serviço, que conduz a uma nova atividade de produção, marketing e desenvolvimento, levando a benefícios comerciais com esta transformação. Sendo assim, para ele, para ser inovação não bastam apenas pesquisas básicas e aplicadas, é necessário que se

tenha melhorias na produção e também no desenvolvimento do produto e/ou serviço, atrelado a criação de marketing, a forma de comercialização e distribuição.

É interessante também apresentar a diferenciação de inovação e inovação tecnológica. Explicada por Bertz (1987 *apud* NASCIMENTO, 2009), inovação é definida como a introdução de novos serviços, produtos ou processos, já inovação tecnológica é a introdução também de novos serviços, produtos e processos porém baseados em tecnologia. Para Dosi (1988 *apud* NASCIMENTO, 2009), a inovação tecnológica parte da resolução de um problema com tecnologia, sendo que este problema tem que ser incapaz de ser solucionado com tecnologias já existentes.

Para Tidd, Bessant e Pavitt (2008) a gestão da inovação tecnológica

Vai além de esforços para melhorar a eficiência de produção ou de pesquisa e desenvolvimento; ela inclui a eficácia do desenvolvimento tecnológico, o que significa traduzir a tecnologia em produtos e serviços eficazes. Isso requer uma abordagem de gestão tecnológica voltada para o conhecimento e para a competência, o que também requer análise de estruturas e processos organizacionais (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008, p. 14).

Joseph Schumpeter, chamado de pai da teoria econômica, esclarece que “os empresários procurarão fazer uso de inovação tecnológica – um novo produto/serviço ou um novo processo para produzi-lo – a fim de obter vantagem estratégica”. Para ele, no início da implantação de uma inovação essa será a única e, seu empresário criador, ganhará muito dinheiro com ela, o que ele chama de “lucros de monopólio”. Entretanto, após um tempo, outras empresas/empresários verão o que foi feito e buscarão imitá-lo ou construir algo semelhante, resultando num aumento de ideais, motivando a busca constante por novas inovações (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008, p.27).

O Manual da Oslo também traz a definição de Inovação Tecnológica. De acordo com ele:

Uma inovação tecnológica de produto é a implantação/comercialização de um produto com características de desempenho aprimoradas de modo a fornecer objetivamente ao consumidor serviços novos ou aprimorados. Uma inovação de processo tecnológico é a implantação/adoção de métodos de produção ou comercialização novos ou significativamente aprimorados. Ela pode envolver mudanças de equipamento, recursos humanos, métodos de trabalho ou uma combinação destes (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2004, p. 21).

A partir das inovações tecnológicas, surgiram as tecnologias da informação. As grandes máquinas nas indústrias começaram a perder espaço para equipamentos menores e mais eficientes e, de forma devagar, os computadores começaram a se comunicar. As máquinas

deixaram apenas de ser um processo de automatização e começaram a lidar com a informação. (LEMOS II, 2011).

Para Lemos II (2011) pode-se definir Tecnologia da Informação - TI como a união de soluções e atividades provenientes de recursos de computação. Para ele, TI pode-se também ser designado por um grupo de recursos não humanos, responsável por armazenamento, processamento e comunicação da informação, tal como, a forma como esses recursos estão organizados em sistemas com o objetivo de executar tarefas. Ele complementa ainda que a TI “abrange todas as atividades desenvolvidas na sociedade pelos recursos da informática. É a difusão social da informação em larga escala de transmissão, a partir desses sistemas tecnológicos inteligentes” (LEMOS II, 2011, p. 52).

A TI também é definida por Mendes (2022), como o conjunto de atividades e soluções desenvolvidas a partir de recursos tecnológicos de computação, sendo possível realizar a transmissão, utilização, armazenamento e processamento da informação. Ela explica alguns tipos de tecnologia da informação: aparelhos telefônicos, softwares, computadores, satélites, redes de dados, entre outros.

Para Inoue et al. (2019) foi por meio da Tecnologia da Informação que foi possível um maior avanço das máquinas, dos meios de comunicação e dos sistemas de segurança, tendo um importante papel na Indústria 4.0.

3.2.2 INDÚSTRIA E CONSTRUÇÃO 4.0

A Indústria 4.0 é uma nova fase da revolução industrial, marcada por avanços tecnológicos digitais, que causaram rupturas significativa no modo como as coisas eram feitas anteriormente. Ela é caracterizada pela internet mais ubíqua e móvel, sensores menores e mais poderosos e inteligência artificial e aprendizagem automática, que juntos tornam as operações mais eficientes e integradas (SCHWAB, 2016).

Com o início da Quarta Revolução, criou-se o conceito de Indústria 4.0 pelos Alemães, que se refere às fábricas inteligentes, com inovação tecnológica em automação e o aprimoramento de processos de manufatura a partir da tecnologia da informação (AFONSO, 2016).

A Alemanha tem o tema como prioridade para sua competitividade econômica, tendo a participação de várias instituições públicas na estratégia, como indústrias, universidades e governo. Tornou-se pioneira no assunto de tecnologias de produção inteligentes e já vem

colhendo os resultados com as fábricas inteligentes, enquanto muitos países ainda estão iniciando os trabalhos. Os Estados Unidos também trazem o assunto de forma efetiva na sua reindustrialização, mas com um foco diferente, trabalhando no desenvolvimento de novas tecnologias (AFONSO, 2016).

Segundo José Ricardo Roriz Coelho, vice-presidente da FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo), o Brasil passou por momentos de declínio em sua capacidade industrial (HELDER, 2019).

A participação da indústria brasileira na indústria global caiu quase pela metade nos últimos 20 anos, de 3,47% em 1995 para 1,84% em 2016, observou ele. Sua contribuição para o produto interno bruto (PIB) neste ano foi de 11,1%, a mesma de 1953 (HELDER, 2019, s/p).

O Brasil tem-se de forma mais visível a manufatura avançada, principalmente nas indústrias automotivas. Entretanto, em outros setores ainda temos mudanças lentas e as discussões sobre o assunto também são algo novo, comparado aos países desenvolvidos (AFONSO, 2016).

Apesar das dificuldades, o Brasil possui também pontos fortes que podem ajudar a enfrentar os desafios da Indústria 4.0, são eles: base industrial diversificada e fábricas lideradas por empresas internacionais de países desenvolvidos (HELDER, 2019).

Para Ribeiro (s/d), no âmbito da Construção Civil, o setor tem dado os primeiros passos no contexto de Indústria 4.0. Quando o assunto é robótica, ainda não é possível substituir equipes inteiras, mas os novos métodos construtivos têm sido destaque quando se fala em tecnologia, melhorando a qualidade e eficiência produtiva. Porém já se veem impactos positivos da robótica juntamente com a internet no controle de produção, são eles:

- O aumento da produtividade, quando se automatiza algumas etapas, como as análises de informação, podendo assim os gestores terem mais tempo para acompanhar outras etapas na operação;
- Fortalecimento da qualidade, por meio de software de gestão, onde é possível acompanhar o andamento físico e financeiro da obra e organizar os cadastros dos profissionais, o que contribui numa melhor gestão. Criação de orçamento e cronograma também com impacto neste quesito;
- Otimização da gestão, a partir também de software, com a visibilidade e controle de dados em diversas etapas da obra a partir de gráficos e fácil acesso às informações;

- Aumento da competitividade, que é impactado positivamente pela melhor produtividade e redução de preço e Acessibilidade para empresas de diversos porte, visto que com a expansão da tecnologia na Indústria 4.0, isso deixou de ser algo restrito a grandes empresas.

Para Enredes (2020) o setor da Construção Civil ainda tem muito receio de inovar tecnologicamente e necessitará de um trabalho cultural nas empresas. Para eles, a transformação digital da Construção Civil engloba processos e produtos de uma obra, sistemas gerenciais e digitalização de documentos, com a preocupação de melhorar a eficiência da organização e a satisfação dos clientes. Além disso, inovar no canteiro de obras, atualmente, está ligado também à transformação digital, que é a base para a muitas tecnologias que ajudam em questões como:

- Medição rápida e precisa através de drones;
- Construções modulares – da fábrica para o canteiro;
- Automação de processos – otimização da mão de obra e ganho de tempo, etc.;
- Segurança dos trabalhadores e da futura construção;
- Monitoramento por IoT;
- Redução de desperdício de água e energia;
- Melhoria da gestão em geral da obra
(ENREDES, 2020, s/p).

Apesar do setor ser sempre referenciado como atrasado, Guilherme Sawaya, diretor de transformação digital da Cyrela, incorporadora e construtora, durante o 16.º EDG - Encontro com Diretores e Gestores da Construção, que aconteceu em novembro de 2021, afirmou que está acontecendo um movimento diferente, impulsionado por Startups do setor e grandes empresas. Para ele, a cultura de inovação está sendo responsável por melhorar os resultados da empresa. “Fazemos um trabalho intenso através de palestras e outros conteúdos. Afinal, se as pessoas não entendem a importância da inovação para suas próprias carreiras, as mudanças simplesmente não acontecem”, afirmou Cyrela (ENREDES, 2022a, s/p).

Outros importantes gestores de grandes empresas também se pronunciaram sobre o assunto no evento. O CEO da Gafisa, Guilherme Benevides afirmou que sua construtora e incorporadora é voltada ao *data driven*, se apoiando em robôs que trazem dados para construção de *dashboard* alcançando todas as áreas da companhia. “Também já incorporamos uma série de tecnologias digitais, como tour virtual com gamificação para uma melhor experiência do cliente, e drones com câmeras termodinâmicas para inspeção de fachadas”, acrescentou Benevides (ENREDES, 2022a, s/p).

Também presente no evento, Bruno Balbinot, CEO da AmbarTech completou sobre formas de melhorar a eficiência no canteiro. Para ele “outro caminho para reduzir a complexidade e a ineficiência é investir na digitalização, especialmente em soluções que integrem o ecossistema da construção e favoreçam as interações entre os múltiplos agentes, da etapa de projeto ao pós-obra” (ENREDES, 2022a, s/p).

4 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO CANTEIRO DE OBRAS

De acordo com a Enredes (2022b), com a chegada da digitalização na construção, os canteiros de obras podem alcançar um novo nível de eficiência, melhorando o planejamento, o monitoramento dos processos e a comunicação entre os profissionais. A introdução de novas tecnologias vem ocasionando grandes benefícios diretos e indiretos às empresas do ramo, obtendo melhorias como: redução dos custos e retrabalhos, aumento da agilidade na tomada de decisão, empresas mais sustentáveis e maior segurança jurídica.

Neste contexto serão apresentados a seguir três Tecnologias da Informação que podem ser implementadas no canteiro de obras residenciais, suas definições, aplicação, vantagens, dificuldades de implementação e impacto na vida do canteiro.

4.1 BIM 4D E 5D

4.1.1 VISÃO GERAL DA MODELAGEM BIM

Schmitz (2014), define o BIM – *Building Information Modeling* (Modelagem de Informações da Construção) como sendo um novo conceito na AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção, que surgiu a partir do interesse da indústria da Construção Civil em tornar mais efetivo o emprego na tecnologia da informação no setor. Para ela, a ideia não traz apenas novas ferramentas para o mercado, mas abrange uma mudança na forma de trabalhar de todo o processo de construção de um empreendimento.

Segundo Eastman et al. (2011 *apud* SCHMITZ, 2014, p. 34) “BIM não é uma coisa ou um tipo de software, mas uma atividade humana que, em última análise, envolve mudanças amplas no processo de projeto, construção e gestão da instalação.” Ainda para eles, o BIM “representa uma mudança de paradigma que terá impactos e benefícios de longo alcance, não apenas para aqueles na indústria da construção, mas para a sociedade em geral”.

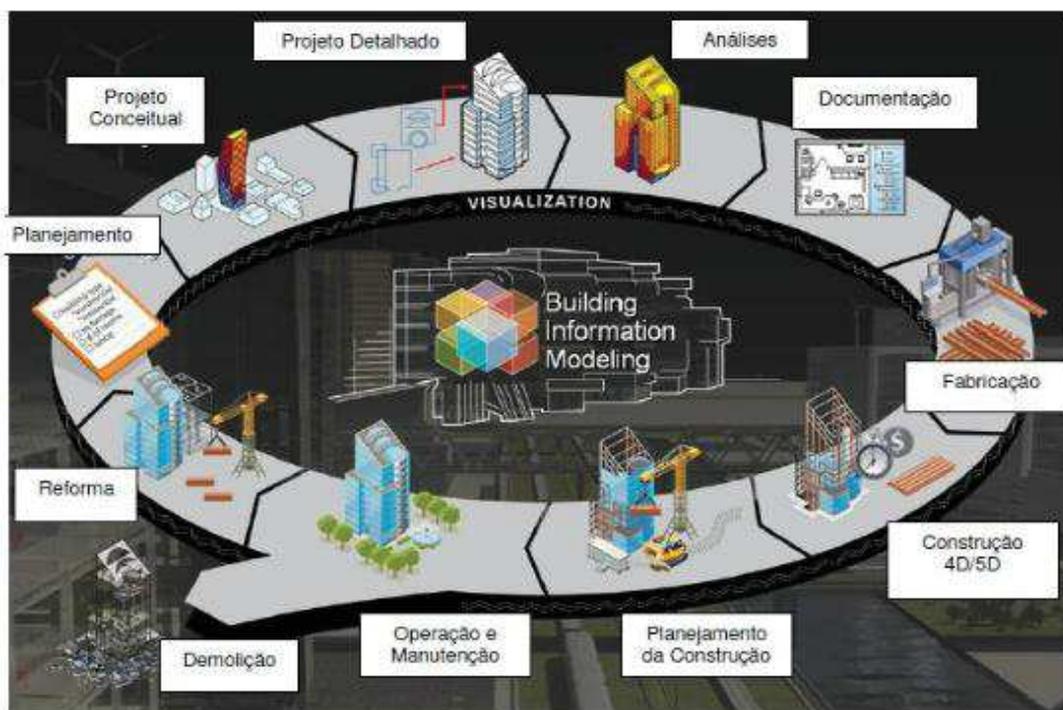
A modelagem BIM, aplicada na construção de uma edificação, possibilita ter um modelo de informação desde o processo de produção, uso e atualização em todo o seu ciclo de vida. Esse modelo abrange diferentes aspectos da construção, como a geometria, informações relativas aos seus diferentes aspectos e outras partes envolvidas no empreendimento. Diante disso, essas informações podem ser utilizadas em várias fases, como para estudos de viabilidade, desenvolvimento dos projetos, simulações, visualizações do empreendimento, planejamento,

orçamento, controle, construção, entre outros, sendo possível também utilizá-las na pós-construção, como na manutenção, reforma e demolição de uma edificação (SANTOS, 2012).

A partir desta modelagem é possível trazer certo grau de realismo para as construções dos empreendimentos que vão além da sequência 2D da construção tradicional. Hoje já se têm outras etapas que compõem as plataformas BIM, como o projeto conceitual 3D que engloba os projetos detalhados, as fabricações de produtos necessários e documentação exigida (PEREIRA JÚNIOR, 2019). Tem-se já também a **modelagem 4D, com a inserção do tempo para o planejamento da obra, criando o cronograma; a modelagem 5D, trabalhando com aspectos financeiros e econômicos durante o desenvolvimento dos empreendimentos, criando o orçamento da obra;** e a modelagem 6D, que aborda a operação e manutenção da obra (MAIA; SIQUEIRA, 2020).

A figura 12 apresenta no ciclo de vida das edificações às modelagens citadas, representando as etapas da plataforma BIM.

Figura 12 - Fluxograma BIM



Fonte: Autodesk Revit (2016, *apud* PEREIRA JUNIOR 2019)

Como forma de incentivar a difusão do BIM no Brasil, devido aos interesses pelas tecnologias digitais, o governo implementou a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* em 2018, a partir de um decreto (SALGADO et al., 2020, p.2). Esse foi

atualizado e sua última versão adequada em 2020, que “estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal” (BRASIL, 2020, p.1).

4.1.2 BIM NO CANTEIRO DE OBRAS – BIM 4D E 5D

Os BIM 4D e 5D se tornaram incríveis métodos quando se fala de otimização dos trabalhos no canteiro de obras, sendo possível, a partir deles, antecipar e solucionar conflitos antes mesmo de acontecerem. Isso se deve à capacidade de compreensão, colaboração e visualização, também à possibilidade de planejamento visual por meio de simulações por partes interessadas na obra que, sem essa metodologia, só participariam dessas etapas em estágios mais avançados da construção, permitindo assim antecipar a disponibilidade do espaço de trabalho, evitar problemas de interferências entre serviços, equipamentos e instalações provisórias (SANTOS, 2015).

Complementando o 3D-BIM com uma base de dados de tempo, passa a ser possível criar cronogramas das obras a partir da “alocação das quantidades extraídas do modelo em um sequenciamento de atividades e junção de taxas de produtividade e dos tamanhos de equipes” (VICO, 2011 *apud* SILVA, 2017, p. 26), criando assim o 4D-BIM. Além das informações de tempo, ao inserir dados de custo passa-se a ter a dimensão 5D-BIM, onde os elementos de projetos passam a ser atrelados a um custo e cronograma, dando vida à obra. Qualquer modificação na fase 3D do empreendimento, passa a ser refletida nas outras fases (VICO, 2011 *apud* SILVA, 2017).

Para Parizi, Nããs e Garcia (2016), devido à informalidade que o setor da construção civil possui em relação aos trabalhadores no canteiro de obras, surgiu a necessidade de se ter um bom planejamento de obra atrelado a um controle mais centralizado. Como forma de melhorar o planejamento de obras, suprir essa e outras necessidades, surge a ferramenta 4D, que pode ser definida como

o processo de planejamento de um empreendimento e visualização do mesmo a nível espacial conforme o planejado, ou seja, consiste em visualizar o andamento da obra em terceira dimensão (3D) ao longo do tempo, sendo este último a quarta dimensão. O planejamento 4D associa os objetos existentes na maquete eletrônica a uma atividade do planejamento. Além disso, pode-se inserir os grandes equipamentos (grua, elevador provisório, andaimes, etc) usados na construção e associá-los a atividades do planejamento (SILVEIRA, 2005, p. 49).

A figura 13 apresenta os elementos que compõe o Bim 4D:

Figura 13 - BIM 4D



Fonte: COELHO (2016)

Eastman (2011 apud SILVA, 2017) apresenta os principais programas BIM 4D. São eles: Digital Project (Gehry Technologies), JetStream/Timeliner (Navisworks), ProjectWise Navigator (Bentley), Project 4D ConstructSim (CommonPoint), Revit (Autodesk), Syncro 4D (Syncro Ltd.), Virtual Construction (VICO Software) e Visual Simulation (Innovaya).

De acordo com Garibaldi (2020), quando se tem dados de dimensão 4D de um projeto e um valor de contrato claro, é possível gerenciar de forma simples os gastos que vão acontecer ao longo do projeto. A modelagem 5D surge quando passa a ser possível extrair dados de custo a partir das informações dos componentes do modelo de informação.

Os cálculos necessários neste modelo, podem ser realizados com acesso a dados vinculados aos itens do modelo gráfico, permitindo assim maior uma precisão dos requisitos orçamentários, um maior domínio sobre possíveis mudanças no escopo, mão de obra, material e equipamentos e que as partes envolvidas no projeto tenham acesso e façam análise de custo que acontecerá ao longo do tempo no projeto. Diante desses dados é possível extrair também, com maior facilidade, informações que contribuem para a previsão, de forma mais exata, do valor final da obra, sem que passe dos limites propostos (GARIBALDI, 2020).

A figura 14 apresenta os elementos que compõe o BIM 5D:

Figura 14 - BIM 5D



Fonte: COELHO (2016)

Para Silva (2017, p.40) o modelo BIM 5D permite que:

vários participantes (de arquitetos, designers, empreiteiros para os proprietários) de um projeto de construção visualizem o andamento das atividades de construção e os custos relacionados com o tempo, além dos próprios custos relacionados com materiais e mão de obra, por exemplo.

Além disso, utilizando a plataforma BIM, as informações vêm todas de apenas um lugar, tornando-as consistentes e evitando conflitos de dados e erros de digitação.

A figura 15 demonstra, a partir do projeto, a modelagem BIM 3D, 4D e 5D.

Figura 15 - BIM 3D, 4D e 5D – Orçamentação



Fonte: Utilizando BIM (s/d, apud SILVA 2022)

4.1.3 VANTAGENS E DESAFIOS NO USO DA TECNOLOGIA BIM 4D E 5D

Os benefícios do BIM podem ser notados em todo o ciclo de vida do empreendimento, desde a concepção até a operação. Ele se torna foco para as necessidades complexas atuais do mercado, garantindo vantagens como o rápido desenvolvimento, a diminuição de gastos, maior sustentabilidade e efetiva manutenções e operações das edificações (SACKS *et al.*, 2021).

Sacks *et al.* (2021) cita também em seu livro os benefícios do BIM na fase da construção, ligadas a modelagem 4D e 5D como:

- reação rápida a mudanças no projeto, onde o impacto da mudança do projeto será refletido automaticamente na construção, sendo refletidas com precisão em todas as vistas subsequentes, como cronograma e orçamento;

- descoberta de erros e omissões no projeto antes da construção uma que vez que é possível comparar os diversos projetos do empreendimento, podendo identificar os conflitos e problemas antes da etapa da construção, o que faz o processo de construção ser mais rápido, diminui os custos, diminui a probabilidade de disputas jurídicas e proporciona um processo mais tranquilo para a equipe de trabalho do empreendimento;
- sincronização de projeto e planejamento da construção com a modelagem 4D, sendo possível simular o processo de construção em qualquer ponto do tempo, proporcionando um entendimento sobre como a construção será realizada dia a dia, alertando também sobre eventuais necessidade.

Em pesquisa sobre as vantagens do BIM 4D mais adotadas por diferentes autores, Silva et al. (2017) traz os pontos mais comentados, sendo eles respectivamente:

- Redução do retrabalho e do tempo de obra; análises e alocação de recursos mais eficientes associado à estimativa de produtividade;
- simulações do processo construtivo; otimização do cronograma; melhoria na visualização e interpretação do cronograma de obras;
- integração e automação do sistema de monitoramento; controle virtual de obras; melhoria do arranjo físico e logístico do canteiro de obras;
- detecção de incompatibilidades e
- extração de quantitativos automática; criação de base de dados detalhada e consistente coordenação em 3D e auxílio na identificação de recursos sobrecarregados.

Para o BIM 5D, além de algumas vantagens já apresentadas neste capítulo que o engloba, Coloma (2019) diz que:

a curto prazo, o principal benefício do BIM 5D é executar a obra com economia identificando possíveis problemas ainda na fase de projeto, e não em sua execução. A longo prazo, é possível citar a grande vantagem quanto à manutenção e ampliação, pois se usarmos um pequeno exemplo de uma ampliação residencial, conseguimos identificar todas as tubulações e saber onde as mesmas se encontram, ao invés de quebrar o piso existente afim de localizá-las.

Coloma (2019) também aborda a vantagem de integração de informações, no qual possibilidade de erros e conflitos são identificados chegam ao mesmo tempo a todos os profissionais da obra.

Como exemplo real do benefício do BIM 5D, Luís Fernando Ciniello Bueno, diretor técnico da empresa Rocontec, comentou sobre a obra do prédio 737 Pedroso em São Paulo, no 3º

Workstation da Rede Construção Digital e Industrializada (RCDI), “Com o BIM foi possível realizar o reorçamento da obra em apenas quatro dias, algo inviável sem essa tecnologia” (ENREDES, 2021).

Camila Kfoury, especialista em BIM na construtora Método Engenharia conta também de um benefício na prática do BIM 4D, “Conseguimos identificar gaps no cronograma e discutir a sequência executiva com mais detalhamento com a equipe de obra”, disse ela (ENREDES, 2021).

Apesar de muitos benefícios, a tecnologia BIM, em todos os seus “nD’s”, passa também por desafios. Silva (2017) explica que fatores como o custo de aquisição dos softwares e da capacitação de profissionais, com o fato do retorno financeiro não ser imediato, dificulta a utilização da modelagem.

Silva relata também, a partir de uma entrevista de Leonardo Manzione a Cictinelli. sobre o panorama no Brasil quando se fala em BIM.

No Brasil, de acordo com uma entrevista concedida por Leonardo Manzione a Cictinelli (2013), ainda existe muita resistência para a implementação do BIM, devido a questões culturais e resistência em investir tempo e dinheiro. Usualmente, no mercado brasileiro, tende-se a adotar soluções de menor custo, mesmo que as deficiências destas soluções gerem maiores custos finais. Além disso, existe um receio em mudar o sistema de trabalho. De fato, a transição para esta nova maneira de se projetar e construir não é uma tarefa fácil. O BIM não é um simples upgrade do CAD, mas vai muito além do que esta tecnologia abrange (SILVA, 2017, p. 85).

Silva (2017) também traz em sua pesquisa as maiores dificuldades do BIM 4D, apresentadas em trabalhos de diversos autores. São elas, respectivamente: Dificuldade em implementação da tecnologia; grande consumo de trabalho intensivo para implementação efetiva da tecnologia e atualização do modelo e associação com o cronograma; comunicação entre os softwares não é 100% automatizada; desconsideração de tarefas como escavações, limpeza de terreno e fatores de risco externo; custo alto de implementação e treinamento; visualização ineficiente para atividades internas e externas simultâneas; dependência do bom funcionamento de hardware e da expertise do gestor para a estimativa de tempo de duração de atividades e falta de padronização da dados e documentos entre as equipes de projeto.

4.2 ROBÓTICA

4.2.1 VISÃO GERAL DO USO DA ROBÓTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Com o surgimento de diversas tecnologias antes inimagináveis, a sociedade atual passou a ter tempo para realizar atividades mais humanas e diante disso, os robôs se tornaram os responsáveis por atividades repetitivas, ganhando espaços e otimizando tarefas do dia a dia, como limpezas, cuidar de casa, entre outras (BLUEPRINT, 2022).

De acordo com a *Robotics Institute of America* (Instituto de Robótica da América - RIA), “Um robô industrial é um manipulador reprogramável e multifuncional, projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos específicos em movimentos variáveis, programados para a realização de uma variedade de tarefas” (INSTITUTO DE ROBÓTICA DA AMÉRICA, 2008 *apud* MACHADO *et al.*, 2014, p.2). O termo “robô” apareceu pela primeira vez em uma peça de teatro escrita por Karel Capel no século XIX, derivado do tcheco “robotá”, segundo o dramaturgo, que significa trabalho forçado, sendo sinônimo de trabalho escravo (MADRE PÉROLA EDITORA, 2022).

Desde então os sistemas robóticos acompanharam o desenvolvimento da eletrônica, cujos componentes formam um sistema que controla os sistemas mecânicos, elétricos e eletromecânicos. Os robôs, braços mecânicos, manipuladores mecânicos ou robóticos são utilizados em linhas de produção para realização de atividades repetitivas, perigosas e insalubres. Os robôs na indústria montadora automotiva é utilizada para atividades como soldagem do chassi do carro, usinagem, pintura e jateamento, carregamento, descarregamento de matérias primas e produtos acabados, montagem dos vidros, vedações e adesivagem. Em outras indústrias são usados também nos processos de paletização e embalagem. (GABRIEL; AMARAL; CAMPOS, 2019, p. 2).

Já na indústria da Construção Civil, apesar de ser umas das mais antigas e fortes no mercado, tendo um grande peso no Produto Interno Bruto – PIB, com previsão pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC de crescimento 13,5% este ano (estimativa maior que a do PIB nacional) (CARLOS AUGUSTO, 2022), os estudos sobre robótica e automação ainda representam uma pequena parcela. O aparecimento dos primeiros protótipos de robôs na construção aconteceram em meados dos anos 80, entretanto a evolução e adoção dessa tecnologia foi lenta, onde só nos anos 90 passou a ser possível perceber uma utilização maior em atividades como construção, manutenção e inspeção de processos (HAAS *et al.*, 1995 *apud* TEXEIRA, 2022).

Com o aquecimento nos últimos anos, o cenário da Construção Civil está passando por uma nova era. Com o surgimento de startups de tecnologia e com altos investimentos neste ramo,

em que empresas de tecnologia de construção entre 2011 e início de 2017 receberam em torno de US\$ 10 bilhões em financiamento de investimento, está sendo possível criar novas ferramentas que estão mudando o curso da construção e eliminando problemas antes existentes (BLANCO *et al.*, 2017).

Além disso, o fato do setor da Construção Civil enfrentar dificuldades quando o assunto é mão de obra especializada, faz com que novas tecnologias e sistemas automatizados sejam impulsionadas a ocuparem esse espaço. A atual crise sanitária fez com que esse processo fosse estimulado, no qual empresas de automação que tinham foco apenas em indústria de automóveis, voltassem seus trabalhos também para a indústria da construção (CUTIERU, 2021).

Essa automação vem sendo integrada e desenvolvida junto aos processos de construção tradicionais de duas formas, substituindo a mão de obra humana por robôs, ou no desenvolvimento de novos processos e tecnologias de construção. Porém, os processos e materiais tradicionais oferecem uma certa limitação a adesão de novas e potentes tecnologias, mas ainda assim, essa automatização tem um potencial para transformar a maneira como concebemos e construímos nossos edifícios (CUTIERU, 2021).

A robótica está presente na Construção Civil não só dentro do canteiro. Um exemplo de robótica externa ao canteiro de obras é a nova impressora 3D criada na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, que permite a fabricação de grandes estruturas.

Segundo os cientistas, o bot industrial utiliza um processo de impressão 3D conhecido como manufatura aditiva — amplamente usado na prototipagem de equipamentos de biomedicina — que garante impressões precisas em larga escala, levando em consideração as tensões e deformações dos materiais usados como matéria-prima. ‘Esse robô tem a capacidade de testar e validar insumos e estruturas de todos os tipos e tamanhos. Com isso, ele proporciona o dimensionamento de muitos dos fenômenos que controlam os processos de construção e precisam ser estudados em uma escala próxima àquela em que serão usados no mundo real’, explica o professor de engenharia civil Sriramya Nair, autor principal do projeto (MINARI, 2022, s/p).

Figura 16 - Robô de impressora 3D



Fonte: Cornell University (s/d apud MINARI, 2022)

4.2.2 ROBÔS NO CANTEIRO DE OBRAS

A partir do cenário apresentado no tópico anterior e com as novas possibilidades dentro da construção, empresas do mundo todo vem utilizando a robótica dentro dos seus canteiros de obras.

De acordo com Hasegawa (2006 *apud* BALAGUER E ABDERRAHIM, 2008) os investimentos de pesquisas em robótica podem ser divididos em dois grupos na última década, Infraestrutura e Construção Residencial. No grupo de Construção Residencial, o foco do trabalho, existem atividades que se gastam muito tempo para serem desenvolvidas, como acabamentos no interior do edifício. Diante disso, já existem robôs que realizam tais atividades focando em operações simples.

Nos anos 2000 já existiam robôs atuando no canteiro, como os abordados a seguir por Balaguer e Abderrahim (2008).

- "Mão Poderosa": Robô da Kajima, que eleva elementos pesados da construção, como paredes de concreto (BALAGUER E ABDERRAHIM, 2008).

Figura 17 - Robô de montagem de parede interior da Kajima



Fonte: Balaguer e Abderrahim (2008)

- Surf Robô: Robô da Takenaka, que compacta pisos de concreto usando dois conjuntos de flutuadores rotativos (BALAGUER E ABDERRAHIM, 2008).

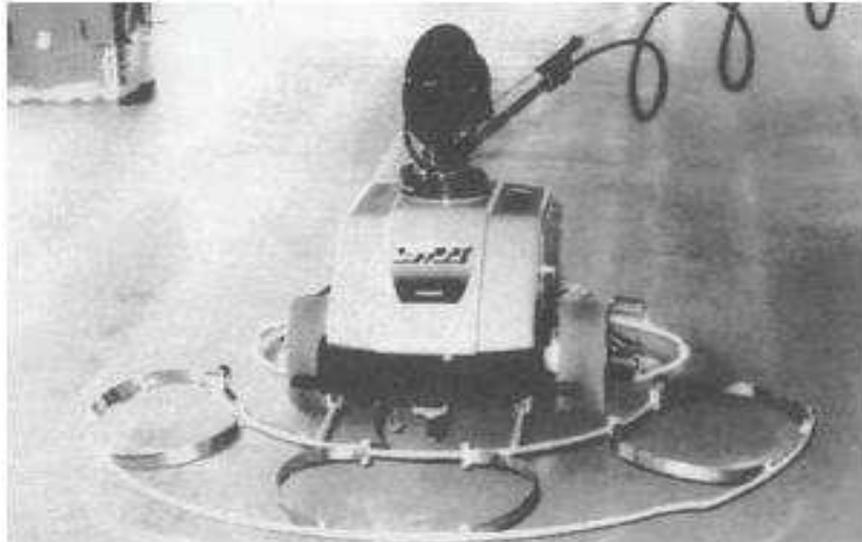
Figura 18 - Robô compactador de concreto da Takenaka



Fonte: Balaguer e Abderrahim (2008)

- Robô de acabamento de superfícies de piso de concreto: Robô da Kajima, que realiza acabamentos em concretos (HASEGAWA 2006 *apud* BALAGUER E ABDERRAHIM, 2008).

Figura 19 - Robô de acabamento de concreto da Kajima



Fonte: Balaguer e Abderrahim (2008)

- ROCCO: Robô hidráulico de montagem de tijolo, com alcance de 10 m e alta carga útil (até 500 kg) (GAMBAO et al., 1997 *apud* BALAGUER E ABDERRAHIM, 2008).

Figura 20 - Robô de montagem de tijolos do projeto ROCCO



Fonte: Balaguer e Abderrahim (2008)

Na década atual, empresas vem recebendo investimento em robótica, alavancando ainda mais a atuação dos robôs dentro de várias fases das obras.

A empresa *National Science Foundation* forneceu 2 milhões de euros para uma equipe de pesquisa liderada pela Universidade de Michigan, para que robôs aprendessem atividades do canteiro de obra, com parceiros humanos. O projeto visou ensinar as tarefas aos robôs a partir do convívio com os humanos, como acontece com os próprios aprendizes, e tem como objetivo no futuro estar entregando robôs que fazem tarefas fisicamente extenuantes, como por exemplo, levantar tijolos, mover placas *drywall*, assim os humanos poderão focar em outros pontos, como ajustes antes não planejados ou maneiras mais eficientes de desempenhar certas atividades. O projeto já desenvolveu um sistema experimental que permite que humanos e robôs colaborem em tarefas simples, como a colocação de painéis de *drywall* e placas de teto (NOGUEIRA, 2021).

A seguir Gabriel, Amaral e Campos (2018) apresentam também alguns robôs utilizados mais recentemente nos canteiros de obras:

- Robôs para demolição: Surgiu com o objetivo de superar limitações de máquinas automatizadas já existentes controladas por humanos. Estes robôs conseguem ter dimensões menores que as escavadeiras tradicionais, podendo acessar locais menores e fechados, com estruturas de poucas resistências, efetuando uma demolição pontual, sem comprometer toda a edificação (GABRIEL; AMARAL; CAMPOS, 2018). A figura 21 apresenta a imagem deste robô.

Figura 21- Robô britador



Fonte: Husqvarnacp (s/d *apud* GABRIEL; AMARAL; CAMPOS, 2018)

- Robô para construção de casas: A construção de casa se modernizou com novas técnicas. Antes utilizavam rochas assentadas umas sobre as outras, atualmente já se tem blocos de concreto sem mesmo a necessidade de vigas e pilares (blocos estruturais) e

mais recentemente, as obras que utilizam perfis metálicos, placas de madeira e placas de concreto, denominadas de construções em *steel frame*.

Mesmo ainda com o uso de blocos, o avanço da modernização já traz também a utilização desses combinados a robôs, como mostrado na figura 22, com o robô para assentamento de tijolos, que é colocado sobre uma plataforma de locomoção linear, onde é alimentado com tijolos e argamassa executando a construção da parede (GABRIEL; AMARAL; CAMPOS, 2018).

Figura 22- Robô de assentamento de argamassa



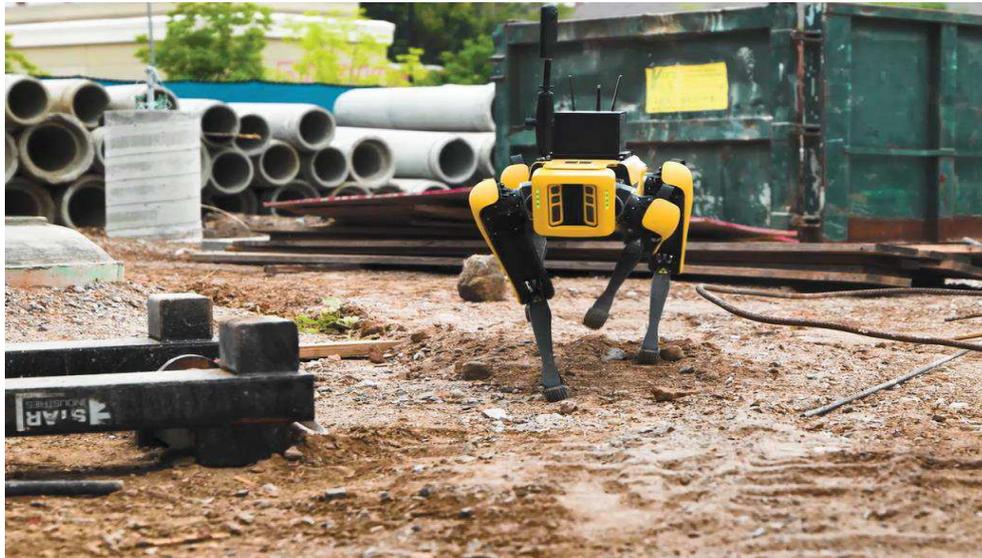
Fonte: Owano (2017)

Apresenta-se também a seguir, alguns outros robôs inovadores que estão sendo desenvolvidos e usados nos canteiros de obras:

- Robô Spot: Advindo da parceria de três empresas Foster, Partners e a empresa de design de robôs Boston Dynamics, foi desenvolvido um robô chamado “Spot” para ser usado no canteiro de obras em processos mais tradicionais, no processos de controle de qualidade, no qual compara dados de projeção e de execução, com eficiência e rapidez (CUTIERU, 2021).

Também chamado de cão-robô, foi utilizado recentemente nos Estados Unidos na obra do aeroporto de Denver em Colorado, sendo a primeira obra de infraestrutura grande. De acordo com Santos, “o terminal passa por ampliação e os equipamentos atuam em 3 frentes: nos levantamentos topográficos, no controle de estoque e no controle de qualidade da execução” (SANTOS, 2021, s/p). A figura 23 apresenta este robô em um canteiro de obras.

Figura 23 - Robô Spot



Fonte: Boston Dynamic (s/d)

- Impressora 3D no canteiro: Além de peças para a construção em tamanhos mais reais, como já citados neste capítulo, também se utiliza da impressora 3D para a construção de casas, direto no canteiro. Como exemplo deste robô temos a impressora Vucon, usada pela empresa de tecnologia de construção ICON, com sede em Austin, no Texas, no qual é capaz de construir uma estrutura de 800 metros quadrados por 10 mil dólares. Foram construídas a partir da impressora, quatro casas na cidade de Austin, que demorou em torno de cinco a sete dias cada uma delas e seus tamanhos giram em torno de 92 e 185 metros quadrados (EXAME, 2021).

Dubai também já aderiu a esta tecnologia, sendo um dos pioneiros, onde em 2018 já havia construído seu primeiro edifício de escritórios em impressão 3D, nomeado como escritório do futuro, projetado pela Killa Design em parceria com Gensler, sendo pioneiro da linha. Também em 2018, Dubai anunciou que até o ano de 2025, 25% dos seus edifícios construídos passariam a ter 100% dos seus processos de construção automatizados, entretanto esse prazo foi mudado para 2030 (CUTIERU, 2021).

Posteriormente, em 2019, Dubai inaugurava o maior edifício impresso em 3D do mundo todo, o qual foi construído com a colaboração de apenas três pessoas no local. Ainda assim, ninguém pode afirmar com certeza que o ambicioso plano da cidade para 2030 será realmente concretizando; no entanto, as autoridades locais estão trabalhando para isso e Dubai será a primeira cidade do mundo a contar com um código de obras específico a regulamentar construções 100% automatizadas (CUTIERU, 2021, s/p).

A figura 24 apresenta o escritório do futuro de Dubai construído por impressora 3D.

Figura 24- Edifício de escritórios em impressão 3D



Fonte: Cutieru (2021)

No ano de 2020, foi construída a primeira casa em impressora 3D localizada no Brasil, no município de Macaíba, no Rio Grande do Norte. Ela foi construída por alunos e professores da Universidade Potiguar (UnP), em um período de 7 meses, obtendo uma economia de 30% frente aos outros métodos construtivos convencionais. O tamanho da edificação é de 66,32 m², mas esta impressora é capaz de construir uma moradia de até 200 m² e pode se tornar cada vez mais econômica (SANTOS, 2020).

A figura 25 apresenta a casa construída por impressora 3D no Brasil.

Figura 25 - André Felipe, Allynson Xavier e Iago da Silva: os idealizadores da impressora e do primeiro projeto brasileiro de construção com impressão 3D



Fonte: 3D Home Construction (s/d *apud* SANTOS, 2020)

4.2.3 VANTAGENS E DESAFIOS NO USO DA ROBÓTICA NO CANTEIRO DE OBRAS

Uma das vantagens do uso da robótica no canteiro de obras, comentado por Carol Menassa, investigadora da equipe participante do projeto da *National Science Foundation*, citado no tópico anterior, é que o uso da robótica e automação no canteiro se tornou fundamental para ganhos de produtividade como aconteceu em outras indústrias. Para ela, um grande desafio é que “a construção é muito mais dinâmica e imprevisível do que um ambiente como uma fábrica”, por isso necessita-se de um grande trabalho para equilibrar de forma correta o uso de robôs e humanos. (NOGUEIRA, 2021, s/p).

Outra vantagem do uso da robótica, pontuada também por Gabriel, Amaral e Campos (2018), é em relação à dimensão do tamanho dos robôs. No robô britador, não há necessidade de espaço para operadores, dando assim fácil acesso a locais menores, fechados ou com estruturas de menor resistência. O fato de ser menor também proporciona segurança aos trabalhadores da obra, pois este pode exercer um trabalho pontual, sem prejudicar toda a estrutura (GABRIEL; AMARAL; CAMPOS, 2018).

Como desafio para adoção desta tecnologia, tem-se as limitações de alguns robôs que conseguem já efetuar os trabalhos, mas necessita de uma boa logística. Como exemplo disto, temos o robô de assentamento de argamassa, citado no tópico anterior. Gabriel, Amaral e Campos (2018) explica:

A construção de casas com a utilização destes tipos de robôs ainda é limitada, pois para que o robô construa outra parede é necessário que a plataforma sobre a qual se encontra e o próprio robô sejam deslocados para outra posição. Há necessidade de se encontrar outras opções para a movimentação do robô (GABRIEL; AMARAL; CAMPOS, 2018, p. 5).

Gabriel, Amaral e Campos (2018) pontuam como desvantagens os tamanhos de alguns robôs, sendo muitos grandes, os valores elevados e a necessidade de mão de obra especializada.

A Boston Dynamics apresenta as vantagens do seu robô conhecido como “cão robô”. Segundo eles, a inovação apresenta a visibilidade abrangente da obra, monitoramento do seu progresso, comparação com projetos em modelo BIM, criação de modelos a partir do que já foi construído e segurança dos trabalhadores, já que ele pode acessar espaços confinados e manter os trabalhadores fora de ambientes perigosos (BOSTON DYNAMICS, c2022).

Para Santos (2021), apesar de algumas pessoas apontarem o desemprego como desvantagem ao utilizar a robótica no canteiro de obras, ele traz em sua publicação, a partir de uma entrevista com o engenheiro de construção virtual da Hensel Phelps Construction (empresa responsável pela obra de ampliação do aeroporto de Denver no Colorado) e com Martha Tsigkari, engenheira de design computacional da Foster+Partners (escritório de arquitetura e engenharia), que a robótica não vai gerar desemprego, mas sim mudará o perfil do trabalhador, contribuindo também na escassez de mão de obra. Um dos seus entrevistados pontua: “A ascensão das ferramentas robóticas tende a estimular a geração inovadora a atuar na indústria da construção” (SANTOS, 2021, s/p).

Em relação a impressora 3D, também é comentada a vantagem da agilidade, mas ela apresenta como vantagem também menores custos, já que se tem mais precisão e exatidão, minimizando o desperdício. Além disso, “a complexidade geométrica não será mais uma limitação e tampouco acarretará um aumento considerável nos custos de produção, impulsionando finalmente a criatividade dos projetistas” (CUTIERU, 2021, s/p).

Coelho (2018) fala também sobre essas vantagens da impressora 3D e aponta dados.

Além de erguer moradias de forma rápida e econômica, a Vulcan é ecologicamente correta. Segundo a empresa responsável, se comparada ao método tradicional de construção, a impressão gera praticamente zero resíduos. O aparelho também apresenta eficiência energética, uma vez que é movido por seis motores elétricos que exigem somente 240 volts de potência – a promessa é de não sobrecarregar as redes de energia instáveis de países mais pobres ou em áreas de desastre (COELHO, 2018, s/p).

4.3 ETIQUETAS RFID E QR CODE

4.3.1 VISÃO GERAL DO USO DAS ETIQUETAS RFID E QR CODE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O termo etiqueta é sinônimo de rótulo de acordo com o Dicionário Priberam (2022c) e possui a finalidade de identificar conteúdos, características, composição ou outras informações complementares de um determinado produto ou seu conteúdo e transmitir a informação pretendida.

Para Moreira (2017), os conteúdos informados variam de acordo com a utilidade ou finalidade que a etiqueta pretende demonstrar, o que tornou sua utilização muito diversa, passando a ser

frequente no âmbito pessoal e profissional dos indivíduos, sendo encontrada em embalagens de alimentos, passagens aéreas, notas fiscais, caixas de remédios, encomendas de transportadores, entre outras.

Diante da evolução e necessidades de uso, foram surgindo novas formas mais modernas de etiquetas, dentre elas surgiram as etiquetas inteligentes (*Smart Tags*), RFID, (*Radio Frequency Identification*, na sigla em inglês - Identificação por rádio frequência) e os códigos de resposta rápida, QR Code (Quick Response Code, na sigla em inglês - Código de Resposta Rápida), que serão abordados neste item.

De acordo também com Moreira

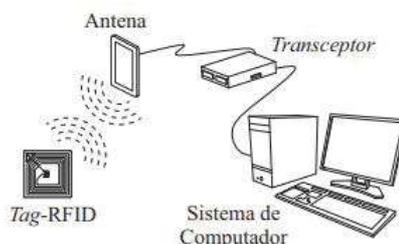
os padrões das etiquetas mencionadas permitem processos de armazenamento de informações que possibilitam que seja aplicada a Web orientação, ou seja, armazenamento de informações em links codificados para produzir acesso à rede de computadores a qual estejam conectados os terminais leitores” (MOREIRA, 2017, p. 34).

4.3.1.1 RFID

O RFID, tecnologia de identificação por radiofrequência, é uma tecnologia que faz uso de um sensor sem fio que possui detecção a partir de sinais eletromagnéticos (MCCARTHY *et al.* 2002, *apud* LI e BECERICK-GERBER, 2011). Ela é formada por dois componentes, um leitor (transceptor) e uma tag (transponder) que contém um microchip e uma antena interna, operando numa determinada frequência. Para sua utilização, é necessário anexar a tag em algum objeto, do qual trará dados de ID específico e outros, que serão enviados a um leitor, quando forem solicitados (LI e BECERICK-GERBER, 2011).

A figura 26 apresenta esquema com os dois componentes citados da tecnologia RFID e um computador, que tem a função de interface adicional, recebendo os dados do leitor para controle.

Figura 26 - Ilustração do sistema de leitura tradicional para etiquetas RFID com transceptor



Fonte: Moreira (2017)

A figura 27 apresenta também em esquema com dois componentes citados da tecnologia RFID, porém, já com avanço tecnológico, onde o sistema de leitura é portátil e autônomo, podendo já realizar o controle dos dados.

Figura 27- Ilustração do sistema de leitura portátil de etiquetas RFID



Fonte: Moreira (2017)

A forma como as tags atuam podem ser de diferentes tipos: ativa e passiva. As tags ativas possuem bateria interna que fornece energia, o que possibilita uma memória interna adicional e capacidades locais de detecção e processamento. Já a passiva, é alimentada pela energia eletromagnética que o leitor emite, possuindo um intervalo de leitura mais curto e pouca capacidade de armazenar dados. Além dessas duas, há também uma intermediária, que são as tags passivas assistidas por bateria ou tags semipassivas, que contém bateria interna, assim como a ativa, alimentando os chips, mas necessitam estar no campo leitor para ser acionadas, como a passiva (LI e BECERICK-GERBER, 2011).

A RFID muitas vezes é comparada ao código de barras em sua utilidade, entretanto possuem algumas diferenças, como pontua no blog da OnBlox:

Comparando com o código de barras, seu funcionamento é mais ou menos parecido. No caso deles também existe uma espécie de etiqueta que captura e armazena dados. A diferença é que no caso das RFID existe uma série de diferenciais que surge justamente do fato de a leitura de dados se dar por radiofrequência.

Entre esses diferenciais está a possibilidade de leitura dos dados fora da linha de visão, o que é impossível no caso dos códigos de barra, que precisam estar alinhados com um scanner óptico no momento da leitura. Pensando na realidade de uma organização maior e mais complexa, isso dá ao sistema RFID um diferencial importante, pois gera dinamismo no trabalho com uma quantidade maior de ativos (ONBLOX, s/d, s/p).

Essa tecnologia foi criada por volta da Segunda Guerra Mundial, quando foi utilizada para detectar a aproximação de aviões enquanto ainda estavam distantes. Os avanços dela continuaram nas décadas de 50 e 60, com pesquisas nos Estados Unidos, países da Europa e

Japão, onde começaram a utilizá-la para identificar objetos remotamente. As empresas começaram a usar este sistema para se protegerem de furtos, usando das ondas de rádios para informar se o objetivo da loja foi pago ou não, conhecida como etiquetas eletrônicas de vigilância de artigos (ROBERTI, 2005).

De acordo com a Beontag RIFD (c2021), que é uma fábrica de etiquetas RIFD no Brasil, alguns segmentos no Brasil vêm garantindo bons impactos ao utilizar a tecnologia RFID, como a indústria e varejo, que “com foco principalmente no incremento da acurácia de estoques, aumento em produtividade das operações, redução em perdas e base para iniciativas omnichannel” alcança bons resultados. Eles também pontuam que “os setores automotivos, de bens duráveis, players de e-commerce, indústria farmacêutica, de meios de pagamento e sistemas de pedágios são outros exemplos de segmentos de mercado, que também expandiram a adoção do uso do RFID” (BEONTAF RIFD, c2021, s/p).

Já no âmbito da Construção Civil, as potenciais aplicações de RFID começaram a ser mais exploradas, entretanto, esta tecnologia já não é totalmente nova na indústria da construção (DZENG; LIN. HSIAO, 2014). Ela está sendo aplicada na construção desde 1990, envolvendo todo o ciclo de vida de uma edificação, desde a sua concepção (planejamento e projeto) até à operação e manutenção, depois de habitado, o que vai além do canteiro de obras (VALERO; ADÁN; CERRADA, 2015).

Na fase de planejamento e projetos, os autores acima citam a utilização da tecnologia na entrega, faturamento e controle de qualidade do concreto. O RFID atua nas etapas de mistura de concreto, tempo de carregamento e local de entrega, contribuindo nos monitoramentos e notificações aos laboratórios de testes (JASELSKIS, 1995 *apud* VALERO; ADÁN; CERRADA, 2015). Os autores também citam Moon e Yang, que mais recentemente melhorou o sistema de monitoramento de concretagem, onde passou a ser armazenado os dados gerados deste processo e usados para controle de qualidade e produção do concreto (MOON; YANG, 2010 *apud* VALERO; ADÁN; CERRADA, 2015).

Outra utilização do RFID na construção Civil, fora do canteiro, é na inspeção e gerenciamento da fabricação de componentes pré-moldados que irão para a obra, no qual a etiqueta é usado para examinar os processos de produção, logística e materiais recebidos (YIN et al. 2009 *apud* VALERO; ADÁN; CERRADA, 2015).

Após a obra, Valero, Adán e Cerrada (2015) também apontam utilização para o RFID. Ele pode ser usado na segurança das edificações após habitadas, onde o conjunto de etiquetas pode armazenar informações sobre condições e históricos de extintores e válvulas, sendo útil para inspeções e manutenção.

Dzeng, Lin e Hsiao (2014) realizaram um estudo de otimização da atribuição de espaço-função, onde rastream, a partir do RFID, o movimento dos ocupantes do espaço, sendo possível assim determinar um melhor layout do local, layout das instalações, design estrutural e desempenho do edifício.

Outra utilização para além de canteiro de obras, é fase de manutenção de edifícios proposta por Maria Aparecida, Orlando e Adriano. Eles propõe o uso dessas tags sendo instaladas em elementos da construção que necessitam de manutenção, como estruturas, pisos, sistemas de vedação vertical, de hidrossanitários e de cobertura, entre outros, em busca de resolver o problema da quantidade de informação necessária desses elementos para sua manutenção. O objetivo deste uso é organizar e acessar de forma rápida as condições dos elementos, a necessidade de manutenção e quais intervenções já foram feitas anteriormente. A escolha desse tipo de etiqueta se deu devido a maior resistência ao desgaste quando expostas ao ambiente. O trabalho trouxe também um estudo de caso da utilização da etiqueta em uma fachada de um prédio e concluíram que este uso trouxe facilidade de acesso, transparência das informações necessárias, organização a partir da criação de um histórico de acontecimentos, entre outros benefícios (HIPPERT; LONGO; MOREIRA, 2019).

4.3.1.2 QR CODE

O código QR (código de resposta rápida), é um tipo de etiqueta feita para ser lido no celular. Sua forma consiste em módulos pretos organizados em um padrão quadrado sobre o fundo branco, sendo um código bidimensional, no qual os dados nele codificados podem ser em URL, textos, entre outros formatos (SHIN; JUNG; CHANG, 2012).

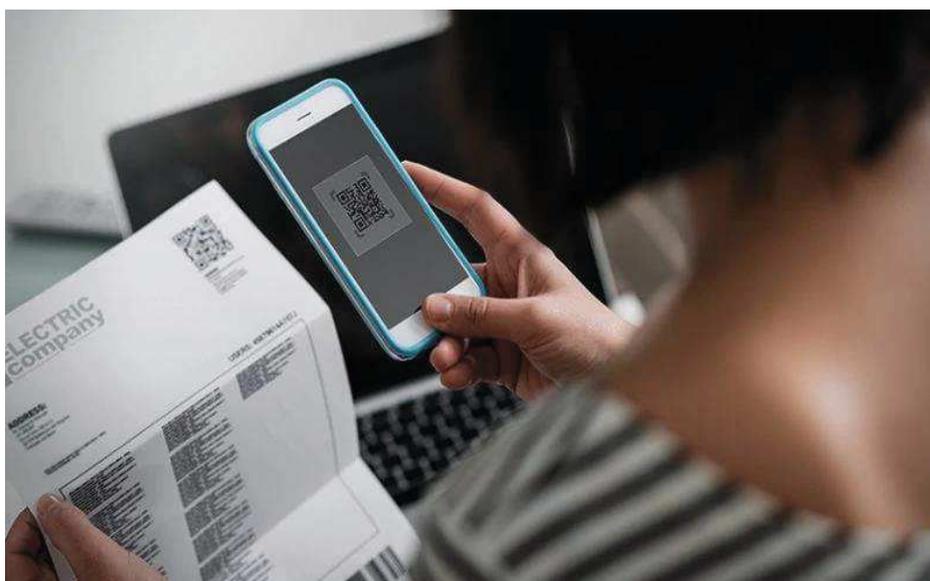
Foi criado em 1994 pela subsidiária Toyota Denso Wave para facilitar o processo logístico identificando as peças dos carros nas fábricas e passou a ser uma espécie de evolução do código de barras devido a sua matriz de duas dimensões que proporciona o armazenamento de 100 vezes mais dados que o código de barra tradicional, que é apenas uma dimensão. Diferente também do tradicional que necessita de uma máquina de feixe de luz (na maioria laser vermelho) no código preto e branco, para retornar as informações, o QR Code consegue ser lido

digitalmente, onde a partir da câmara do celular, um programa específico usa de um processador para ler as informações contidas no código (KARASINSKI, 2013).

Como já citado, seu início se deu para rastrear peças de veículos, mas atualmente já são usados em diversas situações, desde ao rastreamento comercial, rotulagem de produtos como os códigos de barra, marketing de produtos e até entretenimento. Os usuários conseguem ler receber textos, redigir um e-mail ou mensagem de texto após escanear o código, adicionar contatos ao dispositivo, além de terem a autonomia para gerar e imprimir seus próprios, para outros usuários visitarem seus sites e aplicativos, a partir de geradores de QR Code pagos ou gratuitos (SHIN; JUNG; CHANG, 2012).

A figura 28 apresenta um QR Code utilizado para pagamento.

Figura 28 - Pagamentos utilizando QR Code



Fonte: Melo (2019)

Na indústria da construção o QR Code passou a ser muito útil, devido aos grandes desafios deste setor, muitas vezes associados com documentação e segurança (PAGELOOT, s/d). Uma das utilizações na Construção Civil fora do canteiro de obras, são os QR Codes nos projetos, com o objetivo de o cliente ter acesso com agilidade e várias visualizações, evitando desperdício de papel e proporcionando rapidez nas alterações dos projetos, quando necessário. A Versátil Andaimos e Escoramentos foi uma das empresas que usou desta tecnologia nos projetos de engenharia de escoramento metálico. De acordo o diretor da empresa:

“Nós imprimíamos cerca de três folhas A1 para cada cliente porque há a necessidade de revisões das projeções. Na versão impressa, o projeto

demorava até três dias para sair da nossa Engenharia até a mão do engenheiro responsável pela obra porque o arquivo precisa ir até a gráfica, ser impresso e ser entregue fisicamente ao cliente. Com as revisões, este vai e vem de papel estende-se por até 20 a 30 dias. Com o QR Code, em poucos minutos o projeto de escoramento está no whatsapp ou no e-mail do responsável.”, declarou o diretor de Operações da Versátil, Adriano Greca (GASPARIN, 2022, s/p).

4.3.2 ETIQUETAS RFID E QR CODE NO CANTEIRO DE OBRAS

4.3.2.1 RFID

Como citado no tópico acima, por Valero, Adán e Cerrada (2015), as aplicações do RFID envolve todo o ciclo da edificação. Dentro do canteiro de obras essa tecnologia é muito útil. Ibrahim, Esa e Rahman (2021), citam algumas das utilizações do RFID no canteiro, como:

- Monitoramento do canteiro: De acordo com os autores pode ser dividido em duas partes, o rastreamento das atividades humanas, com os trabalhadores, e rastreamento das máquinas (materiais). Com a utilização do RFID neste rastreamento é possível registrar grandes dados que não conseguem ser registrados pelas equipes, contribuindo na organização do canteiro, gerenciamento de tempo e no custo da obra (BOJE et al., 2020 *apud* IBRAHIM; ESA; RAHMAN, 2021).
- Controle das máquinas: O uso do RFID no controle de maquinário torna possível um gerenciamento e monitoramento de forma autônoma, onde o sistema encaminha informações das máquinas para os operadores, como período de necessidade de manutenção, uso do combustível, saúde do equipamento (MAHMUD et al., 2018, *apud* IBRAHIM; ESA; RAHMAN, 2021).
- Segurança da Construção: Com a implementação do RFID, é possível, rastrear as atividades dos operadores, a localização do trabalhador e os perigos do local (OSUNSANMI; OKE; AIGBAVBOA, 2019 *apud* IBRAHIM; ESA; RAHMAN, 2021). Quando for identificado algum tipo de perigo, um alerta de segurança é enviado do operador para o canteiro, evitando assim possíveis acidentes (ZHANG et al., 2017 *apud* IBRAHIM; ESA; RAHMAN, 2021).

A figura 29 apresenta tag's RFID instaladas em obras, com o intuito de monitorar a segurança do canteiro de obras.

Figura 29 - Tag's RFID instaladas em guarda corpo (EPC - Equipamento de Proteção Coletiva) no canteiro de obras



Fonte: Oliveira e Serra (2017)

Outra aplicação do RFID no canteiro de obras são nas reposições de suprimentos. As etiquetas podem ser usadas para controlar a necessidade de materiais, onde essas ficam fixadas em unidades de rotulagem de suprimentos, contando o número fornecido. Assim quando há necessidade de suprimentos, o sistema envia essas informações solicitando a reposição dos materiais (OKE; AROWOIYA, 2021).

Outra utilização no canteiro foi citada por Sarmento (2017). A identificação de entrada de pessoas na obra, pode ser controlada por um sistema de RFID, no qual estão associados as informações do trabalhador (nome, formação, morada, e o empregador), sendo assim só pessoas autorizadas podem acessar a obra e determinadas zonas. Além disso, em caso do empregado se encontrar numa situação de emergência, é possível também identificar onde ele está.

Sarmento relata a utilização da tecnologia RFID na obra da Universidade da Califórnia, em San Francisco:

Durante as construções da University of California, San Francisco (UCSF) Medical Center em Mission Bay foi utilizado o sistema RFID, permitindo ao empreiteiro controlar de uma forma automatizada, as entradas e saídas dos trabalhadores, aumentando assim, o controlo e a segurança na obra. Com a utilização deste sistema é possível garantir que, durante uma emergência, se tenha a informação sobre os trabalhadores que evacuaram ou não a obra. Ao mesmo tempo é possível impedir o acesso a pessoas não autorizadas à mesma e controlar o acesso dos trabalhadores a locais já limpos ou concluídos, ou seja, onde não está previsto a entrada de qualquer trabalhador (SARMENTO, 2017, p. 29)

A figura 30 e 31 apresentam o sistema de rastreamento de entrada de pessoas na obra e os leitores e antenas nos tetos, respectivamente.

Figura 30 - Sistema de rastreamento de pessoal



Fonte: Swedberg (2013 *apud* Sarmiento, 2017)

Figura 31- Leitores e antenas no teto



Fonte: Swedberg (2013 *apud* Sarmiento, 2017)

4.2.3.2 QR CODE

Como já comentado neste trabalho, o canteiro de obras é um lugar que tradicionalmente não possui grandes planejamentos, há muitos improvisos e soluções mais arcaicas, com pouca adesão da tecnologia, entretanto aos poucos isso vem mudando. A adição do QR Code ao canteiro é mais uma das tecnologias incorporadas e tem se tornado cada vez mais comum, principalmente por ser uma tecnologia de baixo custo e de simples assimilação. (NAKAMURA, 2021; AUTODOC, 2022).

Uma das utilizações mais recorrentes desta etiqueta nas obras, é a sua distribuição por várias partes do campo, espalhando os códigos com o objetivo de trazer informações de vários tipos para os trabalhadores como:

- Atualização remota de projetos: Com os QR Codes, passou a ser possível emitir etiquetas com parte dos projetos do empreendimento (estrutura, alvenaria...). Esses códigos são colocados em pontos estratégicos de cada fase da obra, onde se pode consultar todos os arquivos referentes àquele pavimento (NAKAMURA, 2021). Além da utilidade de se consultar os projetos, as atualizações necessárias passam a ser compartilhadas de forma rápida, sendo possível identificar se houve alteração nas plantas, evitando assim retrabalhos (PRINTPIX, c2022).

Diego Mendes, engenheiro e diretor da Trutec (ecossistema de soluções que conectam startups de tecnologia no ramo da construção civil) afirma que “a ideia não é apenas converter o projeto em um código, mas direcionar cada informação gerada para o local onde ela será consumida na obra, contribuindo para a tomada de decisão e trazendo mais dinamismo ao canteiro” (NAKAMURA, 2021, s/p). Ele também explica que a substituição das impressões dos projetos reduz em torno de 90% o papel (projeto impresso) trazendo muitos benefícios para a obra (BENETTI, 2022).

Correia (2018) em seu estudo de campo, avaliou a possibilidade de implementar o QR Code espalhado em alvenarias pelo canteiro para que os funcionários que estiverem fazendo a atividade de conferência do serviço em um determinado ambiente tenham facilmente acesso aos modelos BIM do mesmo, em busca da interação entre tecnologia BIM e as obras.

- Acesso a materiais educativos e informações sobre equipamentos: As *tags* espalhadas pelo canteiro também podem conter *links*, materiais extras ou outras informações úteis, como informações sobre produtos utilizados ou vídeos e conteúdos instrutivos, para ajudar na execução de alguns serviços mais complicados (PAGELOOT, c2019-2022; AUTODOC, 2022). Outras informações que também são úteis e podem ficar disponíveis são os cronogramas para serem cumpridos e as normas regulamentadoras da saúde e segurança do trabalho (SZARNIK, 2021).

Um exemplo de implementação de QR Code, para disseminar informação no canteiro, foi com a Builders Association of Victoria (Associação de construtores-mestres de Vitória), na Austrália, que fez uma parceria com construtoras locais na pandemia,

colocando nas etiquetas inteligentes vídeos educativos sobre medidas de se proteger contra o covid (SANTOS, 2020).

A figura 32 demonstra a implementação de QR Codes no canteiro de obra.

Figura 32 - Engenheira implantando etiquetas de QR Code

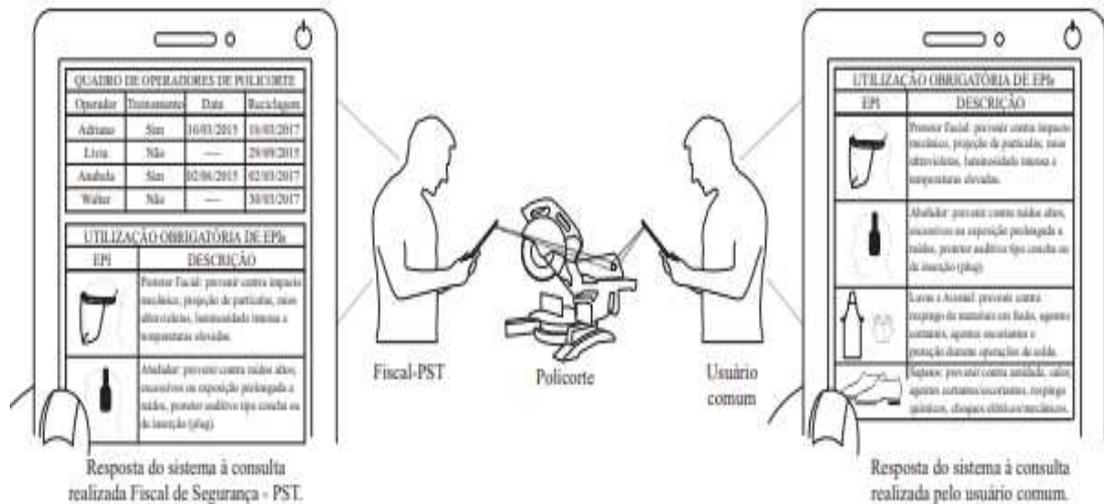


Fonte: Matec (2020)

Moreira (2017) em sua dissertação apresenta como proposta a utilização das TIC's e dos softwares livres no canteiro com intuito de contribuir no gerenciamento de obras. Como experimento ele apresenta a tecnologia de QR Code, sendo fixadas nos equipamentos para controlar e gerenciar as informações nas etiquetas inseridas. Ele propõe a utilização não só por parte do operador, mas também por parte de um fiscal de obra que consegue acessar e verificar quais funcionários estão acessando os materiais e utilizando. Além disso o integrante da manutenção também pode utilizá-las para verificar os estados dos equipamentos. Ele utiliza como exemplo prático a aplicação dos QR Codes para a segurança do trabalho, tendo como possíveis aplicações, etiquetas nos equipamentos com conteúdo onde mostra as necessidade de EPI'S para sua utilização, etiquetas nos Mapa de Riscos Ocupacionais - MRO, com informações complementares além das já exigidas, entre outras.

A figura 33 apresenta a possibilidade comentada dos fiscais controlarem qual funcionário acessou os materiais educativos.

Figura 33 - Leitura de uma mesma etiqueta direcionando para conteúdos distintos



Fonte: Moreira (2017)

- Acesso aos dados dos trabalhadores e as obras: O QR Code também pode ser usado para guardar dados de funcionários. Com os códigos no capacete e acessórios é possível realizar checagens dos funcionários, o que ajudou muito na pandemia, visto a limitação do contato físico (FARIAS; FAVARIN, 2022).

Outra utilidade é em locais estratégicos da obra, com o objetivo de auxiliar os fiscais de obras, informando dados dos RRT's (Registro de Responsabilidade Técnica), como relatado por Farias e Favarin:

O Conselho de Arquitetura e Urbanismo, alinhado com as novas tecnologias do mercado, incluiu em sua Resolução nº 75/2014 do CAU/BR o uso do QR code como recurso para informar os dados dos RRTs correspondentes às atividades realizadas na obra, dispensando que se mantenha no local a via impressa do registro. Da mesma forma, o CREA tem facilitado a disponibilização das Certidões de Acervo Técnico – CAT por códigos QR (FARIAS; FAVARIN, 2022, s/p).

A CAU (Conselho de Arquitetura e Urbanismo) explica em seu site sobre a utilização do QR Code nas placas de obras. Ela relata que:

Ao ser lido ou escaneado por um celular com câmera fotográfica ou aplicativo específico, o(a) usuário(a) é direcionado às informações daquela obra ou serviço contidas no Registro de Responsabilidade Técnica – RRT. Assim, a sociedade poderá verificar que aquela obra tem profissional tecnicamente habilitado para realizá-la e, portanto, está legal perante o Conselho Profissional (CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO, 2022, s/p)

A Figura 34 apresenta a propaganda da CAU estimulando os arquitetos a usarem o QR Code nas placas de obras e a figura 36 apresenta o modelo de placa a ser utilizado com espaço para adicionar o QR Code.

Figura 34 - QR Code nas placas de obras para arquitetos



Fonte: Conselho de Arquitetura e Urbanismo (2019)

Figura 35 - Modelo de placa com QR Code proposto pela CAU

 ESPAÇO RESERVADO PARA A ARTE DO PROFISSIONAL NOME DO PROFISSIONAL TÍTULO PROFISSIONAL (ARQUITETO E URBANISTA) NÚMERO DO REGISTRO PROFISSIONAL: A0000		PARTE FIXA DA PLACA DE OBRA (PODE SER REAPROVEITADA)
ENDEREÇO, E-MAIL OU TELEFONE DO PROFISSIONAL		
Espaço reservado para aplicação do QR Code	RESPONSÁVEL TÉCNICO PROJETO(S) ex: ARQ. ESTRUT. ELÉT. HID. SANIT.(...): OSCAR NIEMEYER RESPONSÁVEL TÉCNICO EXECUÇÃO DA OBRA: OSCAR NIEMEYER ENDEREÇO DA OBRA: (CONFORME O RRT)	NÚMERO DO(S) RRT(S): 00000 <small>Parte mínima sugerida: Tamanho 50x70</small>

SUGESTÃO DE MATERIAL PARA A PLACA: PVC, LONA, METÁLICA ou outros materiais que garantam a permanência das informações.

Fonte: Conselho de Arquitetura e Urbanismo (2022)

Em Nova York a aplicação dessa etiqueta se mostra muito positiva, desde 2011 o código de construção da cidade, só permite licenças de execução de projetos se tiverem o QR Code nos canteiros e nos EPI's (Equipamento de Proteção Individual) dos trabalhadores (SANTOS, 2020).

4.3.3 VANTAGENS E DESAFIOS NO USO DAS ETIQUETAS RFID E QR CODE NO CANTEIRO DE OBRAS

4.3.3.1 RFID

A adoção de novas tecnologias no canteiro de obras traz benefícios e alguns desafios, como já comentado nas tecnologias citadas anteriormente. A seguir, será pontuado algumas vantagens e desafios da tecnologia RFID.

Em relação ao uso do RFID no monitoramento do canteiro de obras, Boje *et al.* (2020 *apud* IBRAHIM; ESA; RAHMAN, 2021) cita a vantagem de se ter um melhor gerenciamento de tempo e custos, devido à coleta de dados reais mais assertivos, o que sem a tecnologia, era muito trabalhoso.

Oliveira e Serra (2017, p.62) também relatam em seu trabalho sobre a vantagem de conhecer a localização e características de produtos na obra, ele relatam:

Conhecer a localização e as características dos produtos a serem monitorados, de forma dinâmica e em tempo real, é uma vantagem que pode ser adicionada a um modelo de gestão. Na construção, recursos consideráveis de tempo e esforço humano são gastos na tentativa de controlar os diversos produtos e serviços em desenvolvimento (OLIVEIRA E SERRA, 2017, p.62).

Ainda em relação ao monitoramento do canteiro, a Autodoc (2019) pontua como benefício a melhor administração dos recursos com o uso do RFID, já que evitam que materiais sejam perdidos ou extraviados.

Com relação a utilidade do RFID no controle do maquinário, a possibilidade de acompanhar todos os parâmetros das máquinas faz economizar em manutenção, já que só se realiza quando realmente necessário, prolongando também a vida útil dos maquinários (MAHMUD *et al.* 2018 *apud* IBRAHIM; ESA; RAHMAN, 2021).

Em relação a segurança temos muitas vantagens ao utilizar esta tecnologia. Oliveira e Serra (2017) traz a relação da vantagem ao monitorar os equipamentos com a segurança dos operários, pois a partir disso passa a ser possível apurar condições e características dos equipamentos por um terminal de controle, sem que o operador precise ir até o equipamento, não precisando se submeter aos riscos do canteiro de obras. Além disso, os autores pontuam outras vantagens ao usar o RFID para monitorar os EPC (Equipamentos de Proteção Coletiva), como: construção de um histórico de operações e um banco de dados em constante atualização, redução no tempo destinado a procedimentos antes tradicionalmente manuais e limitados, e a melhoria no acompanhamento das necessidades de manutenção e vida útil desses equipamentos.

Para Zhang et al. (2017 *apud* IBRAHIM; ESA; RAHMAN, 2021), em relação a segurança, as tags também possuem a vantagem do aviso rápido, a partir de um alerta que é gerado quando for identificado algum tipo de perigo, evitando assim possíveis acidentes.

Como já visto neste trabalho, ao usar a etiqueta RFID para controle de entrada do trabalhador na obra, tem-se como vantagem não ter pessoas não autorizadas dentro da obra, além do controle automático de ponto dos trabalhadores, reduzindo tempo e ajudando na organização do canteiro (SARMENTO, 2017).

Além das vantagens citadas, a seguir tem-se dois quadros resumos mostrando algumas outras vantagens e também desafios da tecnologia RFID.

Quadro 3- Vantagens e limitações das tecnologias RFID para fins de construção

Vantagens	Desvantagens
As tags são leves e fáceis de anexar (Goodrum et al., 2006) (Su et al., 2014)	Falta de precisão no posicionamento (Joho et al., 2009)
Etiquetas pequenas e vestíveis (Wu et al., 2013)	Interferências com materiais (Tzeng et al., 2008) (Mo e Zhang, 2007)
A visualização direta das tags não é necessária (Dziadak et al., 2009)	
Facilita tarefas de manutenção e avaliação (Cheng et al., 2007)	

Fonte: Valero e Adán (2016)

Quadro 4 - Vantagens e desvantagens do RFID

Vantagens	Desvantagens
Organização da Obra	Erros de leitura por parte dos leitores
Custo de implementação reduzidos	Interferência
Custos muito baixos para ampliação do sistema	Bom funcionamento do sistema depende do operador
Controle do tempo de funcionamento dos equipamentos	Aparecimento de uma tecnologia mais eficiente
Controle em tempo real	Alterações as normas de regulamentação
Baixa necessidade de recursos humanos	
Combinação do sistema com outras tecnologias (exemplo: GPS, BIM)	
Aumento da necessidade de controle do tempo dos equipamentos por parte das empresas	
Mercado RFID em expansão	

Fonte: Sarmento (2017)

4.3.3.2 QR CODE

A etiqueta QR Code possui muitas vantagens em sua implementação no canteiro, mas também desafios.

O engenheiro Civil Diego Mendes, ao relatar a economia de papel na substituição do QR Code por projetos impressos, como já comentado, aponta benefícios nesta mudança como ganhos em qualidade, ambientais, financeiros, de produtividade, onde as equipes tinham muito trabalho para transportar e manusear os projetos, e agilidade na troca de informações e revisão de projetos. Ele relata “a ideia de digitalizar informações para canteiros de obras surgiu porque todas as construtoras tinham que investir de R\$ 4 mil a R\$ 5 mil por mês em papel para manter a comunicação fluindo no canteiro de obras por meio de projeto impresso. Isso também dá muito trabalho” (BENNETI, 2022, s/p).

De acordo com a Matec (s/d), as vantagens da implementação do QR Code por todo o canteiro, dando visualização aos projetos são: Não necessidade de plotagem, controle de revisão de projetos, não há mais riscos com projetos obsoletos no canteiro, mais informação na execução, o que gera autonomia para as equipes na obra. Além disso eles relatam também a vantagem em grandes obras, que não há mais necessidade de percorrer longos espaços para chegar até os projetos.

Ademais, uma das grandes vantagens desta tecnologia é o baixo custo de implementação, maior densidade de dados do que as etiquetas lineares, sendo possível armazenar muitas informações, e o fácil acesso pelo fato da maioria dos celulares possuírem câmeras e acesso à rede, sendo possível ler as informações contidas (SOON, 2008).

Como desafio para uso desta tecnologia, temos a necessidade de uma equipe técnica de TI que precisará dar suportes, proporcionar constantes atualizações das informações contidas nas etiquetas e garantir a segurança dessas informações. Além disso temos também o desafio dos equipamentos (*smart phones* ou *tablet*) que serão utilizados na leitura, que, dependendo do tipo de câmera, pode influenciar na capacidade de foco e resolução e conseqüentemente na velocidade de aquisição dos conteúdos (MOREIRA, 2017). Ademais a necessidade de internet constante no canteiro de obra e de treinamento para alguns operários também se torna um desafio.

5 CONCLUSÃO

O mundo passou por algumas revoluções industriais que foram capazes de transformar e trazer avanços para sociedade em seus processos, culturas, modo de viver, entre vários outros. A 4ª Revolução Industrial chegou para fortalecer o uso das tecnologia porém agora atrelada ao uso da rede de internet, promovendo a digitalização das atividades industriais.

Diante da Indústria 4.0 a Construção Civil também vem sendo impactada com as transformações causadas, passando por avanços e impactos positivos, apesar de grande resistência. Quando se olha para dentro do canteiro de obras de construção residencial essa resistência se agrava, devido ao ambiente com baixo conhecimento por falta investimento neste aspecto e ao medo da substituição do homem pela máquina por parte dos trabalhadores, logo o incentivo por parte do governo e de grandes empresários se torna essencial para que o setor continue adotando essas mudanças e se iguale a outros setores industriais.

O ciclo de vida do canteiro de obras é extenso, com muitos focos de trabalho e grandes oportunidades de diferentes adoções de tecnologia. Conhece-lo e planejá-lo se torna imprescindível para entender suas as necessidades tecnológicas atuais, os melhores momentos para adoção de tais e a reutilização de tecnologia em diferentes fases, quando possível.

As possibilidades de adoção de tecnologia no canteiro de obras são extensas e já se vê essa há alguns anos, entretanto com a chegada da indústria 4.0 a Tecnologia da Informação vem ganhando destaque, sendo um assunto muito estudado em suas possibilidades e criações de novas, que tragam resultados para a obra. O trabalho apresentou três dessas TI's, o BIM com foco na 4ª e 5ª dimensão que tem sua usabilidade para o canteiro, a robótica e as etiquetas, focando na RFID e QR Code, sendo possível concluir que essas possuem muitas vantagens, aprimorando o trabalho e a qualidade das edificações. É possível concluir também que cada tecnologia possui seus desafio específico, além dos desafios gerais já citados aqui, mas que isso não se torna um impedimento, já que é possível notar uma aceitação por parte do setor, com casos de implementação.

Essa pesquisa não se esgota com este trabalho, ela abre a possibilidade para continuar estudando diferentes tecnologias da informação no canteiro de obras diferente das apresentadas, é possível também aprofundar nas três já apresentadas, como o estudo das outras dimensões do BIM e seus impacto dentro do ciclo de vida do canteiro, novos robôs que estão sendo implementados na obra e também outras etiquetas inteligentes que poderão ser usadas no campo. Além disso

tem-se também a oportunidade de estudar como a adoção da Tecnologia da Informação interfere nas habilidades requeridas para trabalhar dentro do canteiro e quais serão necessárias de se desenvolver. Com um olhar mais acadêmico pode-se entender o papel das escolas de ensino em Engenharia Civil/Edificações com essas mudanças e como estão se adaptando para fortalecer esse avanço.

6 REFERÊNCIAS

AFONSO, I. **Nova era industrial transformará produtividade global**. 2016. Disponível em: https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/competitividade/nova-era-industrial-transformara-productividade-global/?edit_off. Acesso em: 25 ago. 2022.

AGÊNCIA CBIC. **Construtora elimina uso da madeira em seus canteiros de obras**. Disponível em: <https://cbic.org.br/construtora-elimina-uso-da-madeira-em-seus-canteiros-de-obras/>. Acesso em: 29 jul. 2022.

ALMEIDA, T. **O que é inovação aberta e como ela pode contribuir para melhorar a educação?** 2017. Disponível em: <https://thiagoalmeida.co/o-que-%C3%A9-inova%C3%A7%C3%A3o-aberta-parte-1-9634ddc8be35>. Acesso em 07 ago. 2022.

ALVES, A. L. L. **ORGANIZAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS**: um estudo aplicativo na Construção do Centro de Convenções de João Pessoa – PB. Trabalho de Conclusão de Curso. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 2012, 56 p.

ARAÚJO, D. S.; SOUZA, D. J. R.; SILVA, L. O. Planejamento e Gerenciamento do Canteiro de Obras. *In*: IV Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar e II Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar. **Anais...** Mineiros: Unifimes, mai. 2019. Disponível em: <https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/article/view/837/824#:~:text=O%20canteiro%20de%20obras%20%C3%A9,a%20equipe%20t%C3%A9cnica%20da%20edifica%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 29 jul. 2022.

AROWOIYA, V. A.; OKE, A, E. **Evaluation of internet of things (IoT) application areas for sustainable construction**. *In*: Smart and Sustainable Built Environment. 01 jun. 2021. ISSN: 2046-6099. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SASBE-11-2020-0167/full/html>. Acesso em: 04 dez. 2022;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 56000: Gestão da inovação – Fundamentos e vocabulário**. Rio de Janeiro, 2021.

AUTODOC. **Internet das Coisas: conheça seus benefícios e cases na Construção Civil**. 19 set. 2019. Disponível em: <https://site.autodoc.com.br/conteudos/internet-das-coisas-como-pode-contribuir-com-a-construcao-civil/>. Acesso em: 05 dez. 2022;

AUTODOC. **QR Code na construção civil: qual impacto e aplicações?** 19 jul. 2022. Disponível em: <https://site.autodoc.com.br/conteudos/qr-code-na-construcao-civil-qual-impacto-e-aplicacoes/>. Acesso em: 04 dez. 2022;

BALAGUER, C.; ABDERRAHIM, M. **Trends in Robotics and Automation in Construction**. s/d. Disponível em: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/5555.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2022;

BENETTI, E. **Startups levam tecnologias a canteiros de obras e reduzem custos**. 17 jun. 2022. Disponível em: <https://www.nsctotal.com.br/colunistas/estela-benetti/startups-levam-tecnologias-a-canteiros-de-obras-e-reduzem-custos>. Acesso em: 04 dez. 2022;

BEONTAG RFID. **O uso do RFID no mercado brasileiro.** c2021. Disponível em: <https://beontagrfd.com.br/pt/o-uso-do-rfid-no-mercado-brasileiro/>. Acesso em: 03 dez. 2022;

BEUREN, I. M.; FLORIANI, R.; HEIN, N. **Indicadores de inovação nas empresas de construção civil de Santa Catarina que aderiram ao Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H).** *In: Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, João Pessoa, v. 4, n. 1, p. 161-178, jan./jun.2014. ISSN: 2236-417X.

BLANCO, J. L.; MULLIN, A.; PANDYA, K.; SRIDHAR, M. **The new age of engineering and construction technology.** 28 jul. 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-new-age-of-engineering-and-construction-technology>. Acesso em: 02 dez. 2022;

BLUEPRINT. **Como o uso de robôs está mudando a construção civil?** 20 abr. 2022. Disponível em: <https://blueprint.apto.vc/como-o-uso-de-robos-esta-mudando-a-construcao-civil>. Acesso em: 01 dez. 2022;

BOSTON DYNAMICS. **Spot for Construction.** Disponível em: https://www.bostondynamics.com/solutions/construction?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com.br. Acesso em: 3 dez. 2022;

BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020.** Brasília, DF: Presidência da república, [2020]. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>. Acesso em 23 set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004.** Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Brasília: Presidência da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Lei%20estabelece%20medidas,218%20e%20219%20da%20Constitui%C3%A7%C3%A3o. Acesso em 07 ago. 2022.

BRITOS ENGENHARIA. **A História da Engenharia Civil no Brasil e no Mundo.** Belo Horizonte, 26 jan. 2018. Disponível em: <http://britosenharia.com.br/todosartigos/a-historia-da-engenharia-civil-no-brasil-e-no-mundo/>. Acesso em: 29 jul. 2022.

BRIZOLLA, R. K. **Indústria 4.0 – Um estudo de caso na SAUR Equipamentos S/A.** Trabalho de Conclusão de Curso. Palmeira das Missões: Universidade Federal de Santa Maria, 2019, 51 p.

CASACOR. **Green buildings: uma solução ecológica para a arquitetura das cidades.** 2021. Disponível em: <https://casacor.abril.com.br/sustentabilidade/o-que-e-green-building/>. Acesso em: 07 ago. 2022.

COELHO, D. F. M. **Utilização do BIM 4D e 5D enquanto metodologia avançada para o planejamento, preparação e monitorização de obras.** Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho, 2016.

COELHO, T. **Cinco fatos sobre a impressora 3D Vulcan, que constrói casa em 24 horas.** 13 jul. 2018. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/listas/2018/07/cinco-fatos-sobre-a-impressora-3d-vulcan-que-constroiu-casa-em-24-horas.ghtml>. Acesso em: 3 dez. 2022;

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para Indústria 4.0 no Brasil.** Brasília: CNI, 2016a, 34 p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Tecnologias Digitais na Manufatura: Adoção das tecnologias digitais é essencial para competitividade. Sondagem Especial,** Brasília: CNI, número 2, p. 2, 2016b. ISSN 2317-7330.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO DISTRITO FEDERAL. **Você ainda não usa QR Code na placa de sua obra?** 03 mai. 2022. Disponível em: <https://www.caudf.gov.br/voce-ainda-nao-usa-qr-code-na-placa-de-sua-obra/>. Acesso em: 05 dez. 2022;

CONSTRUTORA AGMAR. **Conheça as etapas da obra de um empreendimento Agmar.** Disponível em: <http://blog.agmar.com.br/etapas-da-obra/>. Acesso em: 29 jul. 2022.

CORREIA, V. L. **Ferramenta BIM com realidade virtual para verificação da qualidade dos serviços executados em canteiro de obras.** Trabalho de Conclusão de Curso. Florianópolis: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2018.

CUTIERU, A. **Automação no canteiro de obras.** 03 jul. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/963393/automacao-no-canteiro-de-obras>. Acesso em: 02 dez. 2022;

DAVEL, R. **O processo de planejamento do arranjo físico do canteiro de obras na construção enxuta.** Monografia. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2010, p. 11 e 12. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-4GJM/1/monografia___ricardo_davel.pdf. Acesso em: 29 jul. 2022

DICIONÁRIO PRIBERAM. **Etiqueta.** c2022. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/etiqueta>; Acesso em: 03 dez. 2022;

DZENG, R-J.; LIN, C-W. HSIAO, F-Y. **Application of RFID tracking to the optimization of function-space assignment in buildings.** *In: Automation in Construction*, p. 68-83. Elsevier, 2014.

ENGEL, V.; AREND, S. C. A inovação tecnológica no contexto do desenvolvimento regional endógeno. *In: Seminário Internacional sobre Desenvolvimento regional*, VI., 2013, Santa Cruz do Sul. **Anais...** Disponível em: <https://www.unisc.br/site/sidr/2013/Textos/302.pdf>. Acesso em 20 jul. 2022.

ENREDES. **Transformação digital na construção civil é mais do que marketing.** 28 out. 2020. Disponível em: <https://enredes.com.br/blog/transformacao-digital-na-construcao-civil-e-mais-do-que-marketing/>. Acesso em: 25 ago. 2022.

ENREDES. **BIM avança nas etapas de planejamento e orçamento.** 18 mai. 2021. Disponível em: <https://enredes.com.br/blog/bim-avanca-nas-etapas-de-planejamento-e-orcamento/>. Acesso em: 26 set. 2022.

ENREDES. **Construtoras compartilham suas estratégias de inovação e transformação digital.** 9 fev. 2022a. Disponível em: <https://enredes.com.br/blog/construtoras-compartilham-suas-estrategias-de-inovacao-e-transformacao-digital/>. Acesso em: 25 ago. 2022.

ENREDES. **Construtoras avançam na digitalização dos canteiros visando competitividade.** 22 set. 2022b. Disponível em: <https://enredes.com.br/blog/construtoras-avancam-na-digitalizacao-dos-canteiros-visando-competitividade/>. Acesso em: 29 set. 2022.

FARIA, R. Canteiro racional. **Revista Técnica**, p. 12 e 17. s/d. Disponível em: <https://doceru.com/doc/nm008e18>. Acesso em: 29 jul. 2022.

GALVAMINAS. **A importância do tapume para o canteiro de obras.** Disponível em: <https://galvaminas.com.br/a-importancia-do-tapume-para-o-canteiro-de-obras/>. Acesso em: 29 jul. 2022.

FAVARIN, J.; FARIAS, J. C. **QR Code e BIM: Tecnologia na obra.** 10 out. 2022. Disponível em: <https://spbim.com.br/qr-code-e-bim-tecnologia-na-obra/>. Acesso em: 05 dez. 2022;

GABRIEL, J. C.; AMARAL, M. A.; CAMPOS, G. M. Automação e robótica na construção civil. 2018. *Brazilian Technology Symposium*. ISSN 2447-8326. V.1. Disponível em: <https://www.lcv.fee.unicamp.br/images/BTSym18/Papers/XX09.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2022;

GARIBALDI, B. C. B. **Do 3D ao 7D – Entenda todas as dimensões do BIM.** 8 jan. 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>. Acesso em 23 set. 2022.

GASPARIN, M. **Versátil Implementa Uso De QR Code Para Projetos De Engenharia.** 17 nov. 2022. Disponível em: <https://miriangasparin.com.br/2022/11/versatil-implementa-uso-de-qr-code-para-projetos-de-engenharia/>. Acesso em: 04 dez. 2022;

GOBIRA, J. **Inovação na construção civil: 7 tendências para 2020 que você precisa saber.** 2020. Disponível em: <https://www.startse.com/noticia/nova-economia/inovacao-na-construcao-civil-7-tendencias-para-2020-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 07 ago. 2022.

GRATISPNG. **A Modelagem De Informações De Construção, 5d Bim, De Arquitetura E Engenharia PNG.** s/d. Disponível em: <https://www.gratispng.com/png-b02oqz/>. Acesso em: 07 ago. 2022.

HELDER. **Quarta Revolução Industrial: O que é Indústria 4.0? [Guia Completo 2020].** 12 abr. 2019. Disponível em: <https://culturaanalitica.com.br/quarta-revolucao-industrial/#industria-40-no-brasil>. Acesso em: 25 ago. 2022.

HIPPERT, M. A. S.; LONGO, O. C.; MOREIRA, A. C. **RFID na edificação: proposta de modelo de sistema para organização das informações de manutenção.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 155-173, out./dez. 2019. Out./Dez., 2019. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212019000400348>

IBRAHIM, F, S.; ESA, M.; RAHMAN, R. A. The Adoption of IOT in the Malaysian Construction Industry: Towards Construction 4.0. **International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology**, vol 12 n°1, 2021. ISSN : 2180-3242.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/351820376_The_Adoption_of_IOT_in_the_Malaysian_Construction_Industry_Towards_Construction_40. Acesso em: 04 dez. 2022;

INOVAÇÃO. *In: Google*. s/d. Definições de Oxford Languages. Disponível em:

<https://www.google.com/search?q=inova%C3%A7%C3%A3o&oq=inova%C3%A7%C3%A3o&aqs=chrome..69i57j0i433i512j0i512l2j0i433i512j69i6113.1207j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. Acesso em: 29 jul. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Inovação 2017: Notas técnicas**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. ISBN 978-85-240-4528-8.

KARASINSKU, L. **O que significa cada quadrado de um QR Code?** 12 mar. 2013.

Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/qr-code/37372-o-que-significa-cada-quadrado-de-um-qr-code-.htm>. Acesso em: 04 dez. 2022;

LEMOS, C. Inovação na Era do Conhecimento. *In: LASTRES, H. M. M; ALBAGLI, S. Informação e globalização na era do conhecimento*. — Rio de Janeiro: Campus, 1999.

LI, N.; BECERIK-GERBER, B. *Life-Cycle Approach for Implementing RFID Technology in Construction: Learning from Academic and Industry Use Cases*. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, dez. 2011.

MELO, C. **QR Code: o que é e como funciona?** Mobile Transaction. 26 jun. 2019.

Disponível em: <https://br.mobiletransaction.org/qr-code-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em: 04 dez. 2022;

Logística de Canteiro de Obra com Aumento de produtividade e Redução de desperdício. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasília: Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, 2014, p. 14.

MACHADO, F. G. M.; LAZZARIM, J. C.; POSTAL, A.; CASTRO, J. P. C. Construção de um manipulador robótico simples para fins acadêmicos. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. Vol. 02, nº10, 2014. ISSN 2175-1846.

MADRE PÉROLA EDITORA. **R.U.R. e a origem do termo “robô”**. c2022. Disponível em: <https://www.editoramadreperola.com/r-u-r-e-a-origem-do-termo-robo/>. Acesso em: 01 dez. 2022;

MATOS, J. S. **A Indústria 4.0 na economia brasileira: Seus benefícios, impactos e desafios**. Trabalho de Conclusão de Curso. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2018, 42 p.

MARAVIESKI, E. L.; REIS, D. R. Avaliação de resistência à mudança em processos de inovação: a construção de um instrumento de pesquisa. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, xxviii., Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Enegep, 2008.

MINARI, G. **Impressora 3D gigante promete deixar a construção civil mais sustentável**. 20 mai. 2022. Disponível em: <https://canaltech.com.br/inovacao/impressora-3d-gigante-promete-deixar-a-construcao-civil-mais-sustentavel-216793/>. Acesso em: 03 dez. 2022;
MOREIRA, A. C. **DIRETRIZES PARA PROPOSIÇÃO DE UM MODELO LÓGICO BASEADO NA WEB ORIENTAÇÃO Aplicação voltada à rastreabilidade e recuperação da informação na Construção Civil**. Dissertação de Mestrado. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2017.

MOVIMENTO BRASIL COMPETITIVO. **Manual de Inovação**. Brasília, 2008.

NASCIMENTO, P. F. G. **Gestão da Inovação: Análise do Grau de Maturidade em Empresas de TI do Estado de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Fundação Pedro Leopoldo, 2009, 106 p.

NAKAMURA, J. **Como QR codes aceleram a transformação digital dos canteiros?** 27 mai. 2021. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-qr-codes-aceleram-a-transformacao-digital-dos-canteiros/21175>. Acesso em: 04 dez. 2022;

NETO, J. C. MATEC. **Digitalização dos Canteiros de Obras – Matec Engenharia e ConstruCode**. 19 nov. 2020. Disponível em: <https://www.matecconnect.com.br/blog-matec/digitalizacao-dos-canteiros-de-obras-matec-engenharia-e-construicode/>. Acesso em: 05 dez. 2022;

NOGUEIRA, P. **Assistentes robôs podem ajudar a reinventar a indústria da construção**. 7 set. 2021. Disponível em: <https://obrasconstrucao civil.com/assistentes-robos-podem-ajudar-a-reinventar-a-industria-da-construcao/>. Acesso em: 03 dez. 2022;

OLIVEIRA, V. H. M.; SERRA, S. M. B. **Controle de obras por RFID: sistema de monitoramento e controle para equipamentos de segurança no canteiro de obras**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 61-77, out./dez. 2017. ISSN 1678-8621. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000400185>

ONBLOX. **Etiqueta inteligente: descubra como essa tecnologia funciona**. s/d. Disponível em: <https://onblox.com.br/etiqueta-inteligente/>. Acesso em: 03 dez. 2022;

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Manual de Oslo**: Diretrizes para Coleta e Interpretação de dados sobre Inovação. ARTI/FINEP, 1997. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2022.

OTÁVIO AUGUSTO. **Construção civil vive retomada e projeta mercado promissor em 2023**. 05 ago. 2022. Disponível em: <https://www.metropoles.com/brasil/economia-br/construcao-civil-vive-retomada-e-projeta-mercado-promissor-em-2023>. Acesso em: 01 dez. 2022;

PACHECO JUNIOR, W. **A indústria 4.0 aplicada à construção civil**. 29 jan. 2021. Disponível em: <https://blog.obraprimaweb.com.br/a-industria-4-0-aplicada-a-construcao-civil/#respond>. Acesso em: 29 jul. 2022.

PAGELOOT. **Códigos QR para Edifícios: Como utilizar os Códigos QR na indústria da construção**. c2019-2022. Disponível em: <https://pageloot.com/pt/codigos-qr-para/construcao/>. Acesso em: 04 dez. 2022;

PANCINI, L. **Startup americana constrói casas com impressora 3D em sete dias; veja vídeo**. 12 mar. 2021. Disponível em: <https://exame.com/inovacao/startup-americana-constroiu-casas-com-impressora-3d-em-sete-dias-veja-video/>. Acesso em: 03 dez. 2022;

PARIZI, C. C.; NÃÃS, I. A.; GARCIA, S. Fatores que influenciam na produtividade do trabalhador da construção civil. **Revista Espacios**, vol. 38, nº19, 2017, p. 26. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n19/a17v38n19p26.pdf>. Acesso em 23 set. 2022.

PEREIRA JÚNIOR, I. A. **Estudo comparativo entre engenharia simultânea e engenharia sequencial na construção civil: estudo de caso de uma obra penitenciária do Maranhão**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 2019. 113 p.

PRINTPIX. **QR Codes Dinâmicos em Arquitetura e Engenharia**. c2022. Disponível em: <https://www.printpix.com.br/qrcode-em-arquitetura.php>. Acesso em: 04 dez. 2022;

POZZOBON, C. E.; HEINECK, L. F. M.; FREITAS, M. C. D. Atualizando o levantamento de inovações tecnológicas simples em obra. *In: I Conferência Latino-Americana De Construção Sustentável E X Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído*, 2004, São Paulo. **Anais...** ISBN 85-89478-08-4.

RIBEIRO, M. **Indústria 4.0 e a Construção Civil: saiba como se preparar para as mudanças**. s/d. Disponível em: <https://maiscontroleerp.com.br/industria-4-0-e-a-construcao-civil/>. Acesso em: 25 ago. 2022.

ROBERTI, M. The History of RFID Technology. **RFID Journal**. 16 jan. 2005. Disponível em: <https://www.rfidjournal.com/the-history-of-rfid-technology>. Acesso em: 03 dez. 2022;

SACKS, R.; EASTMAN, C.; LEE, G.; TEICHOLZ, P. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 3ed., 2021. ISBN 978-85-8260-552-3.

SALGADO, M.S.; MAGALHÃES, C. R.; SANTOS, E. R.; CANUTO, C. L. A GESTÃO DE PROJETOS E AS TECNOLOGIAS DIGITAIS: estratégia BIM-BR e tendências pós-pandemia. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

SANTOS, A. **QR Code: nunca a construção civil precisou tanto dele**. 06 mai. 2020. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/qr-code-nunca-a-construcao-civil-precisou-tanto-dele/>. Acesso em: 04 dez. 2022;

SANTOS, A. **Cão-robô vira “melhor amigo” do canteiro de obras**. 7 jul. 2021. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/cao-robo-vira-melhor-amigo-do-canteiro-de-obras/>. Acesso em: 03 dez. 2022;

SANTOS, E. T. *BIM Building Information Modeling: um salto para a modernidade na Tecnologia da Informação aplicada à Construção Civil*. In: Edison Ferreira Pratini; Eleudo Esteves de Araujo Silva Junior. (Org.). **criação, representação e visualização digitais: tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto**. 1ed. Brasília: Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2012, p. 25-62.

SANTOS, G. C. S. **Aplicação da tecnologia BIM 5D na integração do modelo com o orçamento e planejamento**. Monografia de conclusão de curso. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2015.

SARMENTO, P. M. B. R. G. **Utilização da tecnologia RFID nas obras**. Dissertação de Mestrado. Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade Do Porto. 2017. Disponível em: https://sigarra.up.pt/fep/pt/pub_geral.show_file?pi_doc_id=110922. Acesso em: 04 dez. 2022;

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. Análise das práticas de planejamento de layout e logística em um conjunto de canteiros de obra no Rio Grande do Sul. **Produto & Produção**, Porto Alegre: UFRGS, vol. 4, n. 3, p. 14-25, out. 2000. ISSN 1516-3660

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos. In: **Recomendações Técnicas HABITARE**, vol. 3. Porto Alegre, 2006, p. 19. Disponível em: http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/capitulos_rt_3.pdf. Acesso em: 29 jul. 2022.

SCHMITZ, C. **Representação do escopo da construção em um modelo BIM visando o planejamento e controle da produção através de ferramentas 4D**. Trabalho de Conclusão de Curso. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. 87 p.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: Uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1997. ISBN 85-351-0915-3.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2016. ISBN 978-85-7283-978-5.

SHIN, D-H.; JUNG, J.; CHANG, B-H. **The psychology behind QR codes: User experience perspective**. In: *Computers in Human Behavior*, p. 1417-1426. Elsevier, 2012.

SILVA, C. O. **Entenda de vez quais as diferenças entre BIM 4D e BIM 5D**. 21 jun. 2022. Disponível em: <https://engenharia360.com/as-diferencas-entre-bim-4d-e-5d/>. Acesso em 23 set. 2022.

SILVA, C. P. **A plataforma BIM aplicada no planejamento de obras**. Monografia de conclusão de curso. Brasília: Universidade de Brasília, 2017.

SILVA, Paula Heloisa da; CRIPPA, Julianna; SCHEER, Sergio. **BIM 4D no planejamento de obras: detalhamento, benefícios e dificuldades**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019010, fev. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650258>>. Acesso em: 26 set. 2022. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8650258>.

SILVEIRA, S. J. **Programa para Interoperabilidade entre Softwares de Planejamento e Editoração Gráfica para o Desenvolvimento do Planejamento 4D**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

SOUSA, R. F. **Inovações Tecnológicas na Construção Civil**. Trabalho de Conclusão de Curso. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2015, 66 p.

SOUSA, R. F. **Inovações tecnológicas na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2015, 66 p.

SOUZA, U. E. L.; FRANCO, L. S. **Definição do Layout do Canteiro de Obras**. São Paulo: Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, p.13, 1997. ISSN 0103-9830. Disponível em: <https://doceru.com/doc/ve8sc81>. Acesso em: 29 jul. 2022.

STOECKICHT, I. P. **Gestão estratégica do capital intelectual orientado à inovação em empreendimentos de engenharia civil**. Dissertação de Mestrado. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2012. 136 p.

SZARNIK, A. **Digitalização da construção civil: as novas tecnologias estão transformando o trabalho das construtoras**. 25 jun. 2021. Disponível em: <https://blog.obraprimaweb.com.br/digitalizacao-da-construcao-civil-novas-tecnologias/>. Acesso em: 04 dez. 2022;

TECHTUDO. **Empresa chinesa constrói primeiro edifício do mundo com uma impressora 3D**. 2015. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2015/01/empresa-chinesa-constroiu-primeiro-edificio-do-mundo-com-uma-impressora-3d.ghtml>. Acesso em: 07 ago. 2022.

TEIXEIRA, J. P. G. **Uma análise dos conceitos e metodologias de inovação aberta como alternativa para a Construção 4.0**. Trabalho de Conclusão de Curso. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2022, p. 59. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/232527/TCC%20-%20Jo%C3%A3o%20Paulo%20Gamba%20Teixeira.pdf?sequence=1>. Acesso em: 02 dez. 2022;

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da Inovação**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. ISBN 978-85-7780-288-3.

TIGRE, P. B. **Gestão da Inovação: A Economia da Tecnologia no Brasil**. Elsevier Editora Ltda, 2006. ISBN 978-85-352-6734-1.

TOLEDO, R.; ABREU, A. F.; JUNGLES, A. E. A difusão de inovações tecnológicas na indústria da construção civil. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Bahia. **Anais...** Bahia: ANTAC, 2000.

VALERO, E.; ADAN, A.; CERRADA, C. Evolution of RFID Applications in Construction: A Literature Review. *Sensors* 2015, 15, 15988-16008; doi:10.3390/s150715988. ISSN 1424-8220. Disponível em:

https://pdfs.semanticscholar.org/406e/1d0ff5179afeffeb1a5866c5587893d064c9.pdf?_ga=2.49522150.1167738824.1668641487-2063520022.1668641487. Acesso em: 03 dez. 2022;

VALERO, E.; ADAN, A. **Integration of RFID with other Technologies in Construction.**

Disponível em: https://pure.hw.ac.uk/ws/portalfiles/portal/14092171/measurement_rfid.pdf.

Acesso em: 05 dez. 2022;