

APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA OTIMIZAÇÃO DO LAYOUT DE CANTEIRO DE OBRAS

SANDRINI, Giovanni Alves ¹
FARIA, Msc. Michela Steluti Poleti ²

RESUMO

O layout de canteiros de obras é um elemento crítico para a eficiência operacional, segurança dos trabalhadores e utilização eficaz de recursos na construção civil. Este estudo adota a perspectiva de que a Inteligência Artificial (IA), com sua capacidade avançada de análise de dados e tomada de decisões automatizadas, possui um potencial significativo para aprimorar o planejamento e a gestão desses ambientes complexos. A complexidade crescente dos projetos de construção modernos representa um desafio, demandando abordagens mais sofisticadas para o planejamento e execução dos canteiros de obras. O equilíbrio entre a segurança dos trabalhadores e a eficiência operacional é uma preocupação constante. O objetivo deste estudo é investigar a aplicação da IA na otimização do layout de canteiros de obras e explorar suas contribuições potenciais para a engenharia civil. Destacamos a relevância da IA no contexto da engenharia civil e seu potencial impacto positivo. Além disso, identificamos as melhorias que podem ser alcançadas por meio da IA, beneficiando todo o setor, incluindo construtores, engenheiros e trabalhadores. Para embasar essa pesquisa, utilizamos uma revisão abrangente da literatura e exemplos práticos como fontes de referência.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Canteiros de Obras; Otimização; Layout de Construção.

1 INTRODUÇÃO

No cenário da engenharia civil e da construção, a eficiência operacional, a segurança dos trabalhadores e o uso eficaz dos recursos são aspectos fundamentais que influenciam diretamente a realização bem-sucedida de projetos de construção. Entre os diversos desafios que os profissionais da área enfrentam, a organização e o layout dos canteiros de obras emergem como um fator crítico para a consecução desses objetivos. O presente artigo concentra-se na aplicação da Inteligência Artificial (IA) como uma ferramenta inovadora para otimizar o layout de canteiros de obras.

Nesse contexto, é fundamental delimitar o tema, situando-o no contexto mais amplo da engenharia civil. O layout de canteiros de obras, que envolve a disposição de equipamentos, materiais e mão de obra no local de construção, desempenha um papel essencial na eficácia geral do projeto. A otimização desse aspecto é crítica, especialmente em projetos de grande escala, onde a complexidade e a interdependência das tarefas podem ser desafiadoras.

A problemática central reside na necessidade de abordagens mais sofisticadas para o planejamento e a gestão de canteiros de obras em face da crescente complexidade dos projetos de construção modernos. O equilíbrio entre a segurança dos trabalhadores e a eficiência operacional é uma constante preocupação para os profissionais da construção civil. Como podemos aprimorar a gestão dos canteiros de obras para atender a essas demandas conflitantes?

A escolha desse tema se justifica pela rápida evolução da Inteligência Artificial e seu impacto em várias áreas, incluindo a engenharia civil. A aplicação da IA oferece uma oportunidade intrigante para abordar essa problemática, buscando soluções inovadoras que equilibrem a segurança e a eficiência nos canteiros de obras.

O objetivo deste estudo é investigar a aplicação da IA na otimização do layout de canteiros de obras, explorando suas potenciais contribuições para a engenharia civil. O artigo não apenas explora a importância desse tópico, mas também busca identificar maneiras de superar os desafios que os profissionais enfrentam na gestão de canteiros de obras. Em essência, o presente trabalho se propõe a responder a pergunta: Como a Inteligência Artificial pode ser aplicada para otimizar o layout de canteiros de obras e aprimorar sua eficiência na construção civil?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico é a espinha dorsal que sustenta o entendimento e a abordagem do tema. Dentro do contexto do layout de canteiros de obras, o referencial teórico engloba conceitos tradicionais, o projeto do canteiro, normas técnicas relevantes e a relação crítica entre acidentes e produtividade. No entanto, a aplicação bem-sucedida desses princípios na era atual exige uma fusão profunda de

conhecimentos em engenharia com as inovações trazidas pela inteligência artificial (IA).

2.1 CONCEITO DE LAYOUT

O conceito de layout de canteiros de obras, ou planejamento de "layout", refere-se à disposição estratégica de instalações provisórias, armazenamento de materiais, e movimentação de trabalhadores e máquinas (Pereira, 2018). Esse processo é crucial, pois, quando bem planejado, promove agilidade na obra, reduzindo o tempo de deslocamento de materiais, pessoas e máquinas.

No contexto do canteiro de obras, a eficiência e segurança são fortemente influenciadas pelo tipo de canteiro utilizado. De acordo com Illingworth (1993), canteiros restritos, amplos e lineares representam diferentes abordagens que se encaixam em contextos específicos, sendo que:

- No canteiro amplo, onde a obra ocupa pequena parcela do terreno da construção, restando espaço para entrada de veículos, acomodação dos trabalhadores e armazenamento dos materiais. Como exemplo, temos a construção de grandes obras como indústrias ou usinas hidrelétricas, ou até mesmo um conjunto habitacional.

Figura 1 – Canteiro amplo



Fonte: Pereira (2018).

- Canteiro linear que são longos e estreitos, acabam sendo restritos apenas em um dos eixos, com pouca acessibilidade. São comumente encontrados em redes de gás e petróleo e, em algumas situações, em terrenos em centros urbanos.

Figura 2 – Canteiro linear



Fonte: Pereira (2018).

- E por fim, canteiro restrito, no qual se tem uma pequena parcela do terreno para o canteiro de obra, pois a obra ocupa grande parte do mesmo. Como exemplo, reformas, ampliações e construções em centros de cidades.

Figura 3 – Canteiro restrito



Fonte: Pereira (2018).

A organização do canteiro de obras abrange áreas de vivência e áreas operacionais, sendo elementos como vestiários, instalações sanitárias, escritórios, almoxarifados e centrais de concreto parte integrante dessa estrutura (Pereira, 2018). A escolha adequada desses elementos depende do porte da obra, sendo dimensionados de acordo com as normas e necessidades específicas.

2.2 PROJETO DO CANTEIRO DE OBRAS

O projeto de um canteiro de obras é uma etapa crítica, considerando fatores como cronograma, orçamento, programa de necessidades, logística e segurança (Pereira, 2018). Conforme mencionado por Ferreira e Franco (1998), o planejamento do canteiro de obras, integrado ao projeto de produção, deve ter seu início durante a definição do programa de necessidades (PN). Esse processo evolui de maneira paralela ao desenvolvimento do projeto do produto, abrangendo as etapas de elaboração do estudo preliminar (EP), anteprojeto (AP), projeto executivo (PE) e execução (EXE), conforme detalhado no Quadro 1.

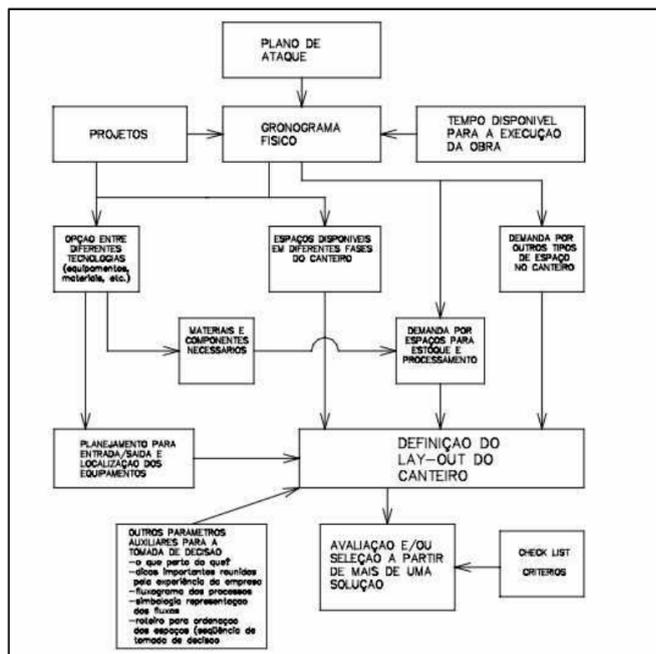
Quadro 1 - Etapas do Projeto do canteiro de obras

Etapas	Projeto Do Produto (Edificação)	Projeto Da Produção (Canteiro)
PN	Idealização do produto: Conjunto de parâmetros e exigências a serem atendidas pela edificação.	Planejamento estratégico de produção: Conjunto das metas, requisitos e diretrizes;
EP	Concepção inicial e viabilidade: Concepção e representação gráfica preliminar atendendo aos parâmetros e exigências do programa de necessidades.	Planejamento tático da produção: Definição do processo construtivo e do plano de ataque, com base nas metas, requisitos e diretrizes, e condicionantes.
AP	Formalização do produto: Representação preliminar, atendendo aos parâmetros e exigências do programa de necessidades	Planejamento operacional da produção: Definição do cronograma e dos recursos necessários para produção (materiais e mão de obra). Definição das principais fases do canteiro, com base no plano de ataque e no cronograma dos recursos necessários. Avaliação das alternativas de transporte para as diversas fases do canteiro, com a representação preliminar da solução adotada em cada fase.
PE	Detalhamento do produto: Representação final e completa da edificação e seu entorno, através de representação gráfica, especificações técnicas e memoriais descritivos.	Detalhamento do Planejamento Operacional da produção: Revisão do cronograma e das necessidades de recursos. Revisão das definições das fases de canteiro. Avaliação e síntese das diversas fases em um único projeto evolutivo. Detalhamento dos elementos do canteiro.
EXE	Execução do projeto do produto	Execução do projeto da produção , em função de alteração na velocidade ou na sequência executiva da obra. Revisão dos fluxos dos processos e interferências, das técnicas utilizadas, da localização dos elementos no canteiro

Fonte: Ferreira e Franco (1998).

Segundo Souza e Franco, o canteiro de obras recebe influências de todas as atividades que dizem respeito a um empreendimento e, por isso, sua própria concepção acaba se dando através de um processo interativo, conforme a Figura 4.

Figura 4 – Método Interativo para elaboração do projeto do canteiro



Fonte: Souza e Franco (1997).

2.3 NORMAS TÉCNICAS NR 18 E NBR 12284

Normas técnicas, como a NR 18 e a NBR 12284 (NB 1367), são diretrizes essenciais para o planejamento do canteiro de obras, estabelecendo padrões que visam garantir a segurança e a qualidade nas construções (Pereira, 2018).

A NR 18, elaborada pelo Ministério do Trabalho e Emprego, é uma norma regulamentadora que estabelece diretrizes e requisitos mínimos para garantir a segurança, saúde e qualidade de vida no ambiente de trabalho na indústria da construção. Esta norma abrange diversas áreas, incluindo o planejamento e a organização do canteiro de obras.

Ao seguir a NR 18, as empresas buscam mitigar riscos ocupacionais, promover condições adequadas de trabalho e prevenir acidentes, contribuindo assim para a integridade e bem-estar dos trabalhadores envolvidos no projeto. A NBR 12284, sob o número NB 1367, é uma norma brasileira elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Essa norma especifica as diretrizes para a elaboração de projetos de canteiros de obras, destacando atividades de apoio essenciais para a eficiência operacional e segurança no local de trabalho. Ao abordar temas como a disposição de áreas operacionais e de vivência, a norma

proporciona um arcabouço técnico para o planejamento físico do canteiro, visando otimização e organização.

A adesão rigorosa a normas como a NR 18 e a NBR 12284 influencia diretamente o planejamento do canteiro de obras. Ao considerar requisitos específicos de segurança, saúde e organização espacial, as empresas buscam não apenas atender a obrigações regulamentares, mas também garantir um ambiente propício para o desenvolvimento eficiente das atividades construtivas.

2.4 IMPACTO DOS ACIDENTES NA PRODUTIVIDADE

Barbosa Filho (2011) ressalta em suas análises a significativa importância da sinalização como medida preventiva, proporcionando direcionamentos em situações de perigo e orientando as ações a serem tomadas em casos de acidentes. Além disso, destaca a vitalidade da criação da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), da execução da Análise Preliminar de Riscos (APR), da realização do Diálogo Diário de Segurança (DDS), da elaboração e exposição do mapa de risco por etapa, e da comunicação contínua dos avanços, como mecanismos essenciais para a redução abrangente dos riscos.

É crucial salientar que acidentes de trabalho acarretam diversos impactos adversos, tanto para a empresa quanto para os consumidores, incluindo o afastamento do profissional, perda de tempo em horas extras, treinamento de substitutos, redução ou interrupção da produção, entre outros. Todos esses fatores, associados ou não, demandam a necessidade de reajustes nos preços, resultando em prejuízos para o consumidor final. No entanto, destaca-se que, acima de tudo, a integridade humana é de valor inestimável, uma vez que não há compensação financeira capaz de restabelecer o verdadeiro valor da vida.

2.5 CRONOGRAMA E LAYOUT

Para estabelecer um cronograma eficiente, que agregue valor e promova produtividade, é imperativo desenvolver um planejamento eficaz, meticulosamente calculado para se alinhar aos parâmetros de tempo e custo do empreendimento.

Conforme destacado por Mattos (2010), a primeira etapa crucial envolve a seleção das atividades que integrarão o cronograma geral do projeto. Qualquer negligência ou omissão nessa fase pode resultar em problemas de magnitude futura, sendo potencialmente determinante para o insucesso do projeto. Portanto, a condução dessa etapa não deve recair unicamente sobre uma única pessoa, mas sim contar com a participação de todos os envolvidos no processo.

O desmembramento de cada etapa do projeto é uma tarefa complexa, demandando estudos de viabilidade, anteprojetos, análise de memoriais, documentos e compreensão metodológica da construção. Esse processo envolve a transformação de todo o conteúdo em compreensões práticas para a execução do trabalho. O cronograma, nesse contexto, representa a base essencial para o planejamento das atividades diárias em obras. Mattos (2010) destaca que o gerenciador e sua equipe devem antecipar-se para tomar providências essenciais nas seguintes etapas:

- Programar as atividades das equipes de campo
- Instruir as equipes
- Fazer pedidos de compra
- Alugar equipamentos
- Recrutar operários
- Aferir o progresso das atividades
- Monitorar atraso ou adiantamentos das atividades
- Replanejar a obra
- Pautar reuniões

2.6 MERCADO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial (IA) representa a simulação da inteligência humana por meio de máquinas, capacitando-as a executar tarefas que normalmente demandariam esforço humano, como aprendizado, raciocínio e tomada de decisões.

A rápida evolução da IA está transformando significativamente o mercado de trabalho e a indústria, uma vez que a automação de atividades previamente realizadas por seres humanos está impulsionando a eficiência, a velocidade e a produtividade das empresas. Ademais, a IA está gerando novas oportunidades de

emprego, especialmente nas áreas de tecnologia da informação, como ciência de dados e desenvolvimento de softwares. Em síntese, é uma tecnologia disruptiva que está revolucionando a maneira como trabalhamos e vivemos.

O mercado global de inteligência artificial, avaliado em US\$165 bilhões na atualidade, continua a expansão e é projetado atingir a marca de US\$1,6 trilhão até 2030. Esse crescimento é impulsionado pela elevada demanda e pelo constante influxo de investimentos: entre 2015 e 2021, os investimentos corporativos anuais em IA aumentaram em mais de US\$80 bilhões, conforme dados da Statista (junho de 2022). O Brasil destaca-se como o país mais avançado da América Latina no uso de inteligência artificial, com 63% das empresas brasileiras que possuem soluções de dados e análises utilizando IA.

No ano de 2020, cerca de US\$2,4 bilhões do montante total investido em tecnologia na América Latina foram direcionados ao Brasil. Reveladoramente, 41% das empresas no Brasil incorporam IA em suas operações comerciais, enquanto 34% estão explorando seu uso; deste último grupo, 73% aceleraram seus investimentos na implementação dessa tecnologia nos últimos 24 meses. Esses dados evidenciam a crescente adoção e impacto da IA no cenário empresarial brasileiro.

2.7 IA NO SETOR DE ENGENHARIA

Na América Latina, dados revelam que as empresas que adotam a IA predominantemente a utilizam para detecção de ameaças e cibersegurança (44%), ferramentas de conversação/chatbots (44%) e nas áreas de marketing e vendas (30%). Aproximadamente 30% das empresas na região que incorporam IA em operações de TI a empregam, sobretudo, para automatizar processos, manter o desempenho de aplicativos e otimizar a alocação de recursos.

Esses dados destacam que, até o momento, a IA não alcançou grande visibilidade no mercado da engenharia, onde poderiam ser exploradas diversas aplicações, desde o planejamento de layout até a automação completa das análises de testes obrigatórios. Embora a IA já apresenta soluções voltadas para controle de qualidade e otimização de processos produtivos, ainda é necessário redirecionar esses estudos para o setor da engenharia. Isso sugere uma oportunidade significativa para explorar e implementar tecnologias de IA no campo da engenharia,

oferecendo melhorias substanciais em eficiência e inovação nos processos tradicionais.

O setor de construção civil figura entre os maiores da economia mundial, empregando aproximadamente 7% da população em idade produtiva e movimentando anualmente mais de 10 trilhões de dólares em bens e serviços relacionados à atividade. Apesar desse imenso potencial econômico, a construção civil ainda se encontra em estágio tecnológico menos desenvolvido quando comparado a outros setores. Esse cenário resulta em um déficit de produtividade que só poderá ser superado mediante a incorporação de novas tecnologias, com destaque para o uso da inteligência artificial, conforme apontado pelo McKinsey Global Institute (2017).

2.8 INFLUÊNCIA DO CHATGPT

O ChatGPT é um chatbot desenvolvido pela OpenAI, uma startup americana apoiada por Elon Musk, conhecido empresário e investidor. Essa ferramenta, capaz de gerar textos e fornecer informações em linguagem natural, alcançou impressionantes 100 milhões de usuários em apenas dois meses após seu lançamento, tornando-se o serviço na internet com o crescimento mais rápido da história. Atualmente, a OpenAI é avaliada em US\$ 30 bilhões.

O sucesso da IA levanta questões sobre o impacto nas áreas profissionais que envolvem a produção de texto, tais como educação, publicidade, jornalismo e direito. Além disso, dado o ChatGPT também ser capaz de escrever códigos e realizar cálculos, setores como computação, engenharia, arquitetura e design também serão influenciados. Algumas organizações de notícias online já estão utilizando a IA para criar conteúdo, como é o caso do BuzzFeed, que, após demitir aproximadamente 180 funcionários, anunciou a incorporação do ChatGPT em parte de suas produções.

Na área da educação, a ferramenta teve impacto notável ao ser aprovada em exames finais de faculdades de Medicina e Direito nos Estados Unidos. Isso tem levado profissionais de diversas áreas a reavaliar seus métodos de trabalho e processos, buscando adaptar-se à revolução trazida pela IA. No contexto da engenharia, o ChatGPT foi escolhido como a tecnologia para analisar e estruturar

informações do usuário, visando criar um layout de canteiro de obras otimizado. Este exemplo ilustra como a inteligência artificial está permeando diversas esferas profissionais e transformando a maneira como abordamos o trabalho e a produção de conhecimento.

2.9 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA

A Inteligência Artificial (IA) emerge como um poderoso impulsionador da transformação digital em organizações, governos e indústrias, alterando não apenas a cultura, mas também a operacionalização de toda a cadeia produtiva. Conforme destacado por Hess et al. (2016), a IA é uma faceta digital que integra a chamada transformação digital. Essa abordagem utiliza tecnologias de informação e comunicação (TIC) como atores dominantes na reconfiguração e transformação de elementos organizacionais, tais como estratégia, processos, cultura e estrutura.

No contexto específico dos canteiros de obras, Blanco et al. (2018) ressalta que a aplicação de tecnologias avançadas, como a inteligência artificial, pode otimizar a gestão de recursos, acelerar as atividades de construção e reduzir os custos finais do projeto. Esses aprimoramentos não se limitam apenas à eficiência operacional; eles têm o potencial de se estender para a segurança dos trabalhadores e para o desenvolvimento sustentável do negócio.

Embora o setor da construção civil ainda esteja em estágios iniciais no desenvolvimento e adoção da inteligência artificial, já podemos observar aplicações promissoras, como evidenciado no estudo de Sarduy et al. (2013). Nesse trabalho, os pesquisadores propuseram um modelo baseado em uma rede multicamadas com algoritmo de aprendizado, visando a determinação da dosagem de moinho de bolas de cimento. Essa abordagem inovadora, apoiada por ferramentas de inteligência artificial, foi projetada não apenas para otimizar o consumo de energia, mas também para mitigar o impacto ambiental associado à produção de cimento.

Os resultados desse estudo revelaram que a integração de modelos baseados em redes neurais oferece potencial significativo para aprimorar o gerenciamento de energia na indústria de cimento. Esse exemplo prático destaca como a inteligência artificial pode contribuir para soluções mais eficientes e sustentáveis no setor da construção civil.

2.10 OPORTUNIDADES NA ENGENHARIA

A integração da inteligência artificial (IA) na construção civil está promovendo transformações significativas em diversas etapas do processo, proporcionando ganhos notáveis em eficiência e inovação. Se destacam as seguintes soluções já em desenvolvimento com base nas análises de Rafael Moro (2023) :

2.10.1 Prospecção de terrenos

A inteligência artificial simplifica a prática de compra de terrenos para incorporação imobiliária, conhecida como Landbank. Integrando informações do terreno em um sistema, a tecnologia gera possibilidades de projetos, agilizando estudos de viabilidade e análises de retorno. Esse processo eficiente não apenas economiza tempo, mas também aumenta as chances de fechar novos negócios ao proporcionar uma visão abrangente das potencialidades do terreno

2.10.2 Desenvolvimento Imobiliário

A visualização de projetos imobiliários é aprimorada pela IA, que considera diversas variáveis. A Autodesk, por exemplo, otimizou o layout de sua sede em Toronto usando IA para considerar fatores como incidência solar, ruídos e posicionamento dos profissionais no escritório. Essa abordagem resulta em decisões de design mais informadas e alinhadas aos objetivos do projeto.

2.10.3 Condução da Obra

A IA contribui em todas as fases da obra, desde o planejamento até o canteiro. Soluções que coletam dados e apresentam gráficos facilitam a gestão, proporcionando agilidade e previsibilidade. O uso de robôs com câmeras e algoritmos de IA para analisar imagens 3D do canteiro de obras oferece insights valiosos. Além disso, a tecnologia de reconhecimento de imagens contribui

significativamente para aprimorar a segurança, identificando riscos em tempo real e emitindo alertas automáticos.

2.10.4 Comportamento dos Clientes

A IA não só assiste os clientes na pesquisa de imóveis, mas também prevê flutuações de preços, proporcionando uma visão estratégica. Corretores se beneficiam da análise do comportamento dos usuários em sites imobiliários, identificando intenções reais de compra. Empresas, como a Zero Distrato, utilizam análise preditiva para antecipar possíveis distratos, contribuindo para uma gestão mais eficiente dos contratos.

2.10.5 Redução de Custos com Manutenção

A gestão inteligente de espaços, por meio de sensores e IA, transforma a manutenção imobiliária. A análise de dados permite a reorganização eficiente de layouts, ajuste de espaços de trabalho e propostas de usos mais inteligentes, otimizando custos. Algoritmos de aprendizado de máquina identificam padrões de consumo, possibilitando estratégias para reduzir desperdícios energéticos. Essa abordagem não apenas reduz custos operacionais, mas também contribui para práticas sustentáveis.

2.11 OBJETIVO FINAL DE UM LAYOUT

Na área da construção, o desenvolvimento de um produto é alcançado por meio de um arranjo físico específico, geralmente adaptado para cada tipo de obra, considerando a interligação entre o tempo necessário e a quantidade de serviços a serem executados.

Em projetos de longa duração, um arranjo físico cuidadosamente planejado resulta em significativa economia de tempo e custos para a empresa.

Segundo Elias et al (1988), os princípios básicos para a elaboração de um projeto de layout, do canteiro de obras são:

- Economia: Diminuir os deslocamentos dos operários no transporte de materiais, máquinas e equipamentos;
- Fluxo progressivo: Direcionar o fluxo de produção sempre no sentido do produto acabado;
- Flexibilidade: Proporcionar a todo o conjunto de produção opções e facilidades de mudanças posteriores a implantação do projeto de layout;
- Integração: integrar as células produtivas no sentido do inter-relacionamento, tornando assim todas partes de um só organismo;
- Uso do espaço cúbico: Conhecer as necessidades de espaço nos vários planos e usar, caso necessário, superposições de planos de trabalho;
- Satisfação e segurança: Motivar os operários e melhorar as condições de higiene e segurança do trabalho.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa é fundamental para nortear a abordagem do tema, sendo essencial para a interpretação aprofundada e a implementação prática da aplicação da inteligência artificial (IA) na otimização do layout de canteiros de obras na construção civil.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA METODOLOGIA

A pesquisa em questão caracteriza-se como um estudo exploratório e descritivo, cujo principal objetivo reside na investigação e compreensão da aplicação da inteligência artificial (IA) na otimização do layout de canteiros de obras na construção civil. Contudo, destaca-se que o escopo da pesquisa se estende além da mera análise teórica, concentrando-se especialmente no desenvolvimento prático de um protótipo de aplicativo.

Essa abordagem pragmática visa não apenas compreender as potenciais contribuições da IA para eficiência e segurança na construção, mas também materializar esses conceitos por meio de uma ferramenta tangível e aplicável, alinhada com as demandas contemporâneas do setor.

3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

Para efetivar a aplicação da inteligência artificial na otimização de layouts de canteiros de obras, optou-se pelo desenvolvimento de um protótipo denominado "Canteiro AI". A implementação desse protótipo envolveu a integração de tecnologias específicas, visando alcançar eficiência e praticidade no processo.

3.2.1 Flutter: Facilidade e Agilidade

O Flutter, escolhido como framework para o desenvolvimento do aplicativo, destaca-se por sua capacidade de criar interfaces intuitivas e responsivas. Sua principal vantagem reside na abordagem de desenvolvimento único para múltiplas plataformas, permitindo que o "Canteiro AI" esteja disponível tanto para dispositivos Android quanto iOS. A escolha do Flutter visa otimizar o tempo de desenvolvimento, garantindo uma experiência de usuário consistente em diversas plataformas.

3.2.2 API OpenAI: Onde a mágica acontece

A API OpenAI oferece um mecanismo poderoso baseado em modelos de linguagem avançados. Utilizando a mesma tecnologia por trás do ChatGPT, ela é capaz de compreender instruções complexas em linguagem natural e gerar respostas coesas. No contexto do "Canteiro AI", a API OpenAI processa as informações enviadas pelo usuário por meio do aplicativo, interpretando as nuances das instruções para, em seguida, aplicar sua inteligência artificial na geração de layouts otimizados para canteiros de obras.

3.2.3 Conexão Eficiente: Usuário, Aplicativo e IA

A interação entre o usuário, o aplicativo "Canteiro AI" e a API OpenAI é projetada para ser eficiente e intuitiva. O usuário utiliza o aplicativo para inserir dados e instruções sobre o canteiro de obras desejado. Essas informações são transmitidas de maneira transparente para a API OpenAI, que, por sua vez, processa as instruções e retorna ao aplicativo um layout otimizado. Essa conexão

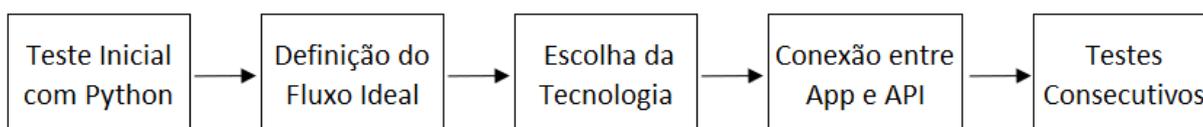
direta proporciona uma experiência fluida, onde o usuário pode visualizar, em tempo hábil, soluções otimizadas para o layout de seu canteiro de obras.

Essa sinergia entre tecnologias de ponta evidencia a viabilidade e o potencial de inovação na aplicação da inteligência artificial na construção civil, representada pelo protótipo "Canteiro AI".

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Dividir o desenvolvimento do aplicativo "Canteiro AI" em etapas estratégicas foi uma abordagem crucial para garantir eficiência e qualidade ao longo do processo. A figura 5 demonstra basicamente o fluxograma com as divisões de todas as etapas a serem desenvolvidas

Figura 5 - Etapas da pesquisa



Fonte: O Autor (2023).

3.3.1 Teste Inicial com Python

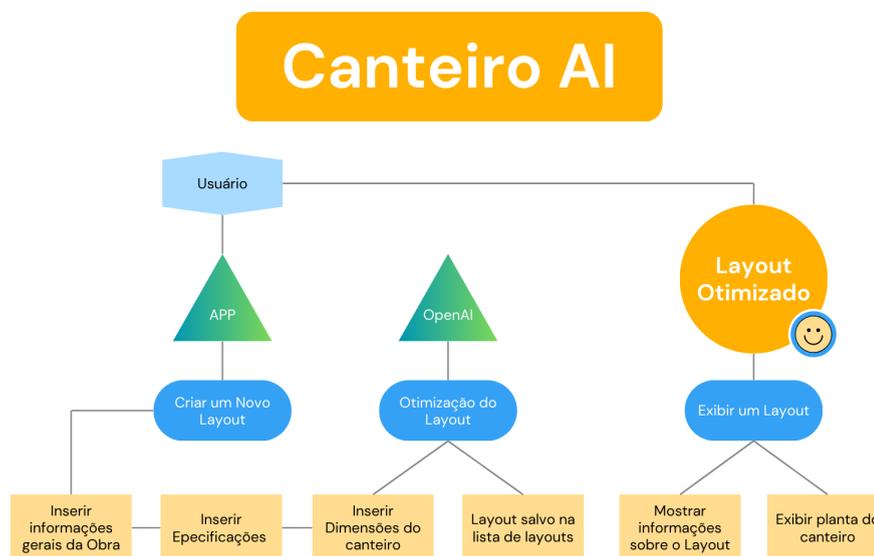
A jornada teve início com um teste inicial utilizando a linguagem Python. Essa etapa foi essencial para compreender a dinâmica de envio de dados para a API OpenAI e interpretar os retornos gerados pela inteligência artificial. Esse insight inicial proporcionou uma base sólida para o desenvolvimento subsequente, permitindo ajustes e otimizações na comunicação entre o aplicativo e a API

3.3.2 Definição do Fluxo Ideal

Uma fase crucial envolveu a definição do fluxo ideal para a geração de layouts otimizados. Um fluxograma foi elaborado para visualizar e mapear cada passo, desde a inserção de dados pelo usuário até a obtenção do layout otimizado.

Essa etapa estabeleceu as bases para o desenvolvimento das funcionalidades centrais do aplicativo. A Figura 6 indica o processo citado acima:

Figura 6 - Fluxo do Usuário



Fonte: O Autor (2023).

3.3.3 Escolha da Tecnologia

Considerando o fluxo definido, foram estudadas diversas tecnologias para a implementação do aplicativo. Optou-se por um design simples e intuitivo utilizando uma aplicativo móvel, onde os usuários podem criar e listar layouts de canteiros de obras. A decisão de minimizar a necessidade de conexão à internet, priorizando o acesso remoto apenas quando necessário, foi estratégica, considerando as condições frequentemente limitadas em ambientes de obras.

3.3.4 Conexão entre App e API

Com a estrutura de telas do aplicativo concluída, o foco direcionou-se para a conexão eficiente entre essas telas e a API da OpenAI. Mapearam-se as informações do usuário de maneira detalhada, facilitando a interpretação no momento da interação com a inteligência artificial. Essa etapa foi crucial para

garantir que as instruções do usuário fossem transmitidas de maneira clara e compreensível.

3.3.5 Testes Consecutivos

Na etapa final do desenvolvimento, foram realizados testes consecutivos. Esse processo iterativo permitiu refinar o script, ajustar parâmetros e analisar os resultados. A busca incessante pela melhor otimização reflete o comprometimento em oferecer aos usuários do "Canteiro AI" soluções que atendam plenamente às suas necessidades na gestão de canteiros de obras. Essa abordagem metódica visa não apenas a inovação, mas também a entrega de um produto eficaz e confiável.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A busca pela implementação eficiente de inteligência artificial (IA) na otimização do layout de canteiros de obras na construção civil conduziu ao desenvolvimento de um protótipo funcional denominado "Canteiro AI". Esta seção abordará os resultados obtidos e as discussões pertinentes ao impacto da IA nesse contexto.

4.1 PROTÓTIPO

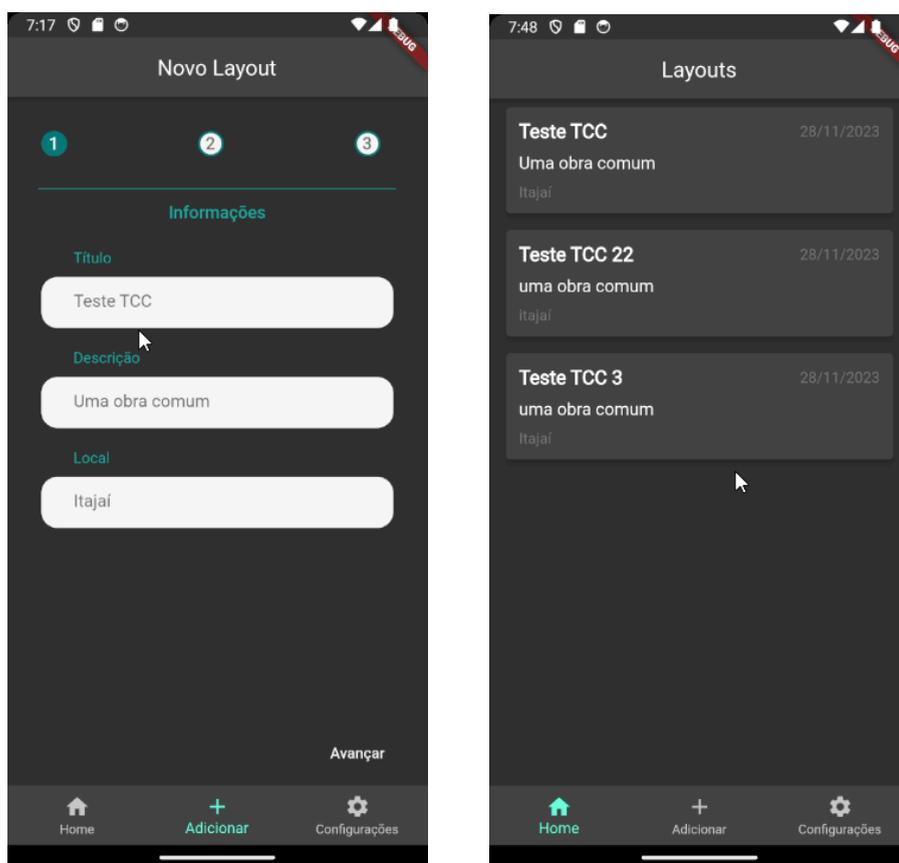
O protótipo do aplicativo "Canteiro AI" destaca-se como uma conquista significativa, sendo não apenas uma ferramenta utilizável e eficaz, mas também acessível aos usuários, podendo ser baixado e instalado em dispositivos Android. Sua funcionalidade intuitiva possibilita que profissionais da construção civil criem e visualizem layouts otimizados para canteiros de obras de maneira conveniente. Este marco prático não apenas valida as abordagens propostas durante a pesquisa, mas também abre portas para futuras customizações.

No horizonte, a intenção é fornecer atualizações que permitam uma gama mais ampla de customizações, atendendo a tipos de canteiros de obras não

convencionais. Isso garantirá que a ferramenta "Canteiro AI" esteja preparada para atender às diversas necessidades do setor da construção civil, proporcionando uma experiência ainda mais adaptada e eficiente para os usuários.

A Figura 7 ilustra o percurso de criação de um layout, demonstrando a facilidade de uso e a exibição do resultado final no aplicativo "Canteiro AI".

Figura 7- Percurso do usuário



Fonte: O Autor (2023).

4.2 IMPACTOS DA IA

O estudo dos impactos da inteligência artificial (IA), conforme implementada no "Canteiro AI", revela um notável nível de aprendizado e eficiência na compreensão do contexto específico dos canteiros de obras. A IA empregada demonstrou habilidades significativas em assimilar e interpretar nuances complexas inerentes ao ambiente de construção civil.

O "Canteiro AI" não se limitou apenas a uma resposta padronizada, mas evidenciou uma capacidade de adaptação às variáveis singulares que caracterizam os diferentes canteiros de obras. Sua habilidade em processar dados e aprender com diferentes cenários, considerando elementos como a disposição estratégica de instalações, a logística de materiais e a movimentação de trabalhadores e máquinas, destaca-se como uma contribuição valiosa para a otimização dos layouts.

O impacto positivo reside na capacidade da IA em fornecer soluções personalizadas, levando em consideração as peculiaridades de cada projeto. Essa abordagem personalizada traduz-se em eficiência operacional, redução de riscos e, conseqüentemente, em um ambiente de trabalho mais seguro. Além disso, a IA proporciona um salto qualitativo na tomada de decisões, fornecendo insights valiosos que podem influenciar positivamente a gestão e execução de projetos na construção civil.

A eficácia da IA implementada no "Canteiro AI" não apenas valida a abordagem adotada, mas também destaca seu potencial transformador no setor, evidenciando como a inteligência artificial pode ser uma aliada estratégica na busca por processos mais eficientes e seguros na construção civil.

4.3 DESAFIOS E CONSIDERAÇÕES FUTURAS

Apesar dos resultados promissores, é crucial reconhecer que, embora o script da IA tenha demonstrado eficiência, ainda há margem para melhorias, especialmente na compreensão e resposta aos diversos cenários de canteiros de obras. A busca pela excelência demanda uma abordagem iterativa, visando a constante evolução e aprimoramento do algoritmo.

Nesse sentido, é essencial ponderar sobre os desafios e considerações futuras associados à implementação em larga escala da IA na construção civil. Questões éticas, a integração harmoniosa com sistemas existentes, o treinamento adequado de profissionais e a adaptação a diferentes contextos de obras são aspectos críticos que requerem atenção cuidadosa.

A contínua pesquisa e desenvolvimento na interseção entre IA e construção civil são fundamentais para superar esses desafios e explorar plenamente o potencial dessa tecnologia. O acompanhamento constante das tendências, o

refinamento dos algoritmos e a adaptação a cenários específicos de obras contribuirão para maximizar os benefícios da IA no setor da construção civil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho representou um mergulho profundo na interseção entre inteligência artificial (IA) e a otimização de canteiros de obras na construção civil. Ao longo da pesquisa, observou-se que a implementação da IA, como demonstrado pelo aplicativo "Canteiro AI", oferece perspectivas promissoras para aprimorar a eficiência operacional e a segurança no setor da construção.

Um dos destaques é o sucesso na construção do protótipo do aplicativo "Canteiro AI", uma ferramenta não apenas utilizável e eficaz, mas também acessível aos profissionais da construção civil. Sua funcionalidade intuitiva permite a criação e visualização de layouts otimizados para canteiros de obras, representando um avanço prático e tangível no campo da aplicação da IA.

A IA utilizada no "Canteiro AI" demonstrou um notável nível de aprendizado, sendo eficiente em compreender o contexto específico de canteiros de obras. A capacidade de analisar dados complexos, considerando variáveis específicas do ambiente de construção, abre portas para a redução de riscos, aumento da segurança no trabalho e tomada de decisões mais informadas.

Considerando os desafios e as considerações futuras, destacamos a importância de abordagens éticas, integração harmoniosa com sistemas existentes, treinamento de profissionais e adaptação flexível a diferentes contextos de obras. O futuro da aplicação da IA na construção civil depende da atenção contínua a esses aspectos.

Este trabalho contribui, assim, para a compreensão do potencial da IA na otimização de canteiros de obras e oferece uma base sólida para futuros estudos. A contínua pesquisa e desenvolvimento nesta área são cruciais para maximizar os benefícios da IA, transformando positivamente a gestão de projetos na construção civil.

AGRADECIMENTOS

Minha jornada acadêmica foi permeada por desafios significativos e momentos de intenso aprendizado. Nesse caminho, expressei meu sincero agradecimento aos colegas de jornada, cuja companhia e troca de experiências foram fundamentais para o enriquecimento da minha formação.

Agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial, minha gratidão à coordenadora do curso, Priscila, que ofereceu apoio crucial na reta final do processo de conclusão.

Estendo meus agradecimentos à instituição e aos professores que, ao longo dessa jornada, compartilharam conhecimento e proporcionaram um ambiente propício ao desenvolvimento acadêmico.

Um agradecimento especial aos amigos Matheus e Vinícius, que não apenas apoiaram durante o trabalho, mas também desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento do aplicativo "Canteiro AI".

Agradeço de coração à minha família, cujo suporte constante e incentivo foram alicerces essenciais para alcançar esta conquista. Agradeço especialmente ao meu pai, Giulliano, pela colaboração dedicada no desenvolvimento do trabalho, e à minha mãe, Jocianne, pelo apoio emocional fundamental que me deu forças nos momentos mais desafiadores.

Um agradecimento especial à minha noiva Anne, cuja presença constante ao meu lado nos momentos mais desafiadores foi crucial para manter a motivação e alcançar conquistas significativas para nós dois.

Por fim, expressei minha gratidão a Deus, que sempre esteve ao meu lado, abrindo portas e conduzindo meu caminho de maneira que, mesmo diante de desafios, encontrei as melhores soluções. Seu amparo foi a luz que guiou cada passo dessa jornada acadêmica e pessoal, e encerro este capítulo com a certeza de que Ele me ajudou a fechar mais uma porta, culminando na conclusão bem-sucedida da faculdade.

REFERÊNCIAS

PEREIRA, Caio. Canteiro de obras: tipos, elementos e exigências da NR-18. Escola Engenharia, 2018. Disponível em:

<https://www.escolaengenharia.com.br/canteiro-de-obras/>. Acesso em: 10 de novembro de 2023.

MORO, Rafael. Inteligência artificial na construção civil: tendências de digitalização para o setor. Softplan, 2023. Disponível em:

<https://www.prevision.com.br/blog/inteligencia-artificial-na-construcao-civil/> . Acesso em: 12 de novembro de 2023

FERREIRA, E. A. M.; FRANCO, L. S. Metodologia para elaboração do projeto do canteiro de obras de edifícios. USP. São Paulo: 1998, BT/PCC/210.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. Planejamento de canteiro de obras e gestão de processos. Porto Alegre: Recomendações Técnicas HABITARE, v.3, 2006.

SOUZA, U. E. L.; FRANCO, L. S. Definição do Layout do canteiro de obras. USP. São Paulo: 1997, BT/PCC/177

BARBOSA FILHO, Antônio Nunes. Segurança do Trabalho & Gestão Ambiental. 4°. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. Reinventing Construction: a route to higher productivity. McKinsey & Company. Fev. 2017.

BLANCO, L. J. et al. Artificial intelligence: Construction technology's next frontier, McKinsey & Company. 2018.

HESS, T. et al. Options for Formulating a Digital Transformation Strategy. MIS Quarterly Executive, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 123-139, 2016.

SARDUY, J. R. Gómez et al. Determining cement ball mill dosage by artificial intelligence tools aimed at reducing energy consumption and environmental impact. Ing. Investig., Bogotá, v. 33, n. 3, Sept.-Dec. 2013. ISSN 0120-5609.