

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ISABELA SVÍCERO DRAGONE

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE CANTEIROS DE OBRAS
DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS EM TERRENOS RESTRITOS**

São Paulo

2024

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ISABELA SVÍCERO DRAGONE

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE CANTEIROS DE OBRAS
DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS EM TERRENOS RESTRITOS**

Versão original

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Especialista em Tecnologia
e Gestão na Produção de Edifícios

Orientador:

Profa. Dra. Kelly Paiva Inouye

São Paulo

2024

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Dragone, Isabela

DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE CANTEIROS DE OBRAS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS EM TERRENOS RESTRITOS / I.

Dragone -- São Paulo, 2024.

79 p.

Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Canteiros de obras restrito 2.Projeto de canteiros de obras 3.Diretrizes para projetos de canteiros I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

AGRADECIMENTOS

A realização desta monografia só foi possível graças ao apoio e à colaboração de várias pessoas, às quais expresso meus sinceros agradecimentos.

Aos meus pais, Eidi Flora Svícero e Pedro Luiz Dragone, sou eternamente grata pelo incentivo incondicional, pela confiança depositada em mim e pelo suporte em todos os momentos desta caminhada. Sem o apoio de vocês, a conclusão deste trabalho não teria sido possível.

Gostaria de registrar meu profundo agradecimento ao Darlan Borges, cujo companheirismo e apoio constante foram imprescindíveis ao longo de toda esta trajetória acadêmica.

Manifesto ainda minha mais sincera gratidão à minha orientadora, Profa. Dra. Kelly Paiva Inouye, por sua orientação criteriosa, sempre guiada por sabedoria e paciência, que foi fundamental para o desenvolvimento desta monografia.

Aos professores doutores, Mercia Bottura Barros e Francisco Ferreira Cardoso, agradeço profundamente pelo suporte e pelas valiosas orientações oferecidas ao longo de todo o curso de especialização, que contribuíram de maneira significativa para a qualidade deste trabalho.

Por fim, ao Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza, deixo meu sincero agradecimento pela disponibilidade e pela importante contribuição nas discussões dos casos e diretrizes, que enriqueceram o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos, meu mais profundo reconhecimento. Muito obrigada!

RESUMO

A eficiência na execução de obras de edifícios é frequentemente afetada por restrições de espaço e dificuldades logísticas enfrentadas em canteiros nos grandes centros. As dificuldades logísticas em canteiros restritos envolvem desafios como alocar e armazenar materiais, garantir a movimentação segura de equipamentos e a realização de atividades simultâneas em espaços limitados. Essas questões podem levar a atrasos na obra, aumento de custos e até mesmo colocar em risco a segurança dos trabalhadores.

Nesse contexto, este trabalho explora o impacto dessas restrições de espaço e dificuldades logísticas e destaca a importância de um planejamento de canteiro adequado para potencializar a produtividade da mão de obra e dos equipamentos e minimizar os impactos negativos no prazo, no custo e na segurança.

Através de estudo de casos situados na cidade de São Paulo, foram identificadas as dificuldades enfrentadas pelos seus gestores e compiladas boas práticas e ações bem-sucedidas.

A partir da análise dos resultados obtidos e de revisão bibliográfica, propõe-se diretrizes para a elaboração de projetos de canteiros restritos.

Palavras chaves: Projeto de Canteiros de Obras, Logística no Canteiro de Obras, Canteiro de Obras Restritos.

ABSTRACT

The efficiency and productivity of construction works are often affected by space constraints and logistical challenges faced in restricted construction sites, which are becoming increasingly common in major urban centers. This study explores the impact of these limitations on construction execution and highlights the importance of adequate construction site planning to enhance productivity.

Logistical difficulties in restricted construction sites involve challenges such as material allocation and storage, ensuring the safe movement of equipment, and coordinating simultaneous activities in limited spaces. These issues can lead to project delays, cost overruns, and even jeopardize the safety of workers.

Through detailed case studies of construction projects with restricted sites, the difficulties encountered by construction site managers in these areas are identified, and best practices and successful actions are compiled. Based on these experiences and a review of the literature, the study proposes guidelines for the development of construction site designs aimed at optimizing efficiency in this type of site.

Key words: Construction Site Design, Construction Site Logistic, Restrict Construction Site.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Corredores de Ônibus e VLT - Aumento de 300 para 400 metros. | 1 |
| Figura 2 - Trem ou metro - Aumento de 600 para 700 metros..... | 2 |
| Figura 3 - Fluxograma das etapas da pesquisa | 5 |
| Figura 4 - Fluxograma de atividades para elaboração do projeto de canteiro de obras | 13 |
| Figura 5 - Exemplo de matriz de soluções de transporte por material | 16 |
| Figura 6 - Carta de Interligações Preferenciais | 23 |
| Figura 7 - Exemplo Diagrama de Inter-relação | 24 |
| Figura 8 - Exemplo Diagrama Inter-relação de espaço | 25 |
| Figura 9 - Localização Caso A | 27 |
| Figura 10 - Via de acesso Caso A..... | 28 |
| Figura 11- Trânsito típico Caso A | 29 |
| Figura 12 - Implantação Caso A..... | 30 |
| Figura 13 - Implantação Caso A - Imagem de vendas | 30 |
| Figura 14 - Vista aérea dos fundos do Caso A | 31 |
| Figura 15 - Vista aérea frontal do Caso A | 32 |
| Figura 16 - Localização Caso B | 32 |
| Figura 17 - Via de acesso Caso B..... | 33 |
| Figura 18 - Via de acesso Caso B..... | 33 |
| Figura 19 - ZMRC - Caso B | 34 |
| Figura 20 - Trânsito típico Caso B | 34 |
| Figura 21 - Implantação Caso B..... | 35 |
| Figura 22 - Implantação Caso B - Imagem de vendas..... | 36 |
| Figura 23 - Cronograma 30 itens - Caso A..... | 37 |
| Figura 24 - Projeto de canteiro inicial - Caso A..... | 38 |
| Figura 25 - Projeto de canteiro inicial ampliado - Caso A | 39 |
| Figura 26 - Projeto de Canteiro Aplicado – Caso A..... | 40 |
| Figura 27 - Guarita, área de vivência e engenharia - Caso A..... | 41 |
| Figura 28- Acesso caminhões - Caso A | 42 |
| Figura 29 - Divisão da estrutura em trechos - Caso A..... | 43 |
| Figura 30 - Baia de aço e raio da grua - Caso A..... | 44 |
| Figura 31 - Baias de blocos - Caso A | 45 |
| Figura 32 - Baia de graute - Caso A | 46 |

| | |
|---|----|
| Figura 33 - Projeto de Canteiro Fase Acabamento - Caso A | 47 |
| Figura 34- Movimentação de equipamento e materiais na execução de estaca Strauss – Caso A | 49 |
| Figura 35- Fluxo do transporte dos reservatórios inferiores – Caso A..... | 50 |
| Figura 36- Plano de ataque Infraestrutura Enterrada - Caso A..... | 51 |
| Figura 37 – Layout de canteiro na fase inicial de obra – Caso B | 52 |
| Figura 38 - Circulação fase inicial de estrutura - Caso B..... | 52 |
| Figura 39 - Layout do canteiro na fase de estrutura - Caso B | 53 |
| Figura 40- Acesso portaria rua Caio Graco - Caso B | 54 |
| Figura 41 - Fluxo de ataque estrutura x Fluxo de abastecimento - Caso B..... | 55 |
| Figura 42 - Posicionamento cremalheiras - Caso B | 56 |
| Figura 43 - Layout do canteiro na fase de fachada - Caso B..... | 57 |
| Figura 44 - Acesso de veículos e circulação na implantação fase de acabamento - Caso B.... | 58 |
| Figura 45 - Layout do canteiro na fase de acabamento e infraestrutura enterrada - Caso B.... | 59 |
| Figura 46 - Fluxo de transporte de materiais - Caso B..... | 60 |
| Figura 47 - Trecho utilizado para transporte horizontal interdito - Caso B..... | 61 |
| Figura 48 - Fluxo de execução da infraestrutura enterrada e estruturas e vedações pendentes - Caso B | 62 |
| Figura 49 – Comparativo do fluxograma de atividades para elaboração do projeto de canteiro proposto por Souza (2000) com o aplicado aos Casos A e B..... | 63 |
| Figura 50 - Cronograma da obra - Caso B..... | 67 |
| Figura 51 - Estudo de prazo para mudança de plano de ataque - Caso B | 68 |
| Figura 52 - Estudo de prazo para mudança de plano de ataque - Caso B | 69 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Definições dos tipos de canteiros de obras..... | 8 |
| Quadro 2 - Critérios e dimensões básicas das áreas de vivência conforme normas vigentes .. | 11 |
| Quadro 3 - Exemplos de indicadores de capacidade de transportes verticais | 17 |
| Quadro 4 - Exemplo de cronograma de materiais e mão de obra com base no andamento físico | 17 |
| Quadro 5 - Elementos do canteiro de obras..... | 19 |
| Quadro 6 - Dimensões referenciais para elementos do canteiro | 20 |
| Quadro 7 - Boas práticas de posicionamento de elementos do canteiro por Saurin e Formoso (2006) | 25 |
| Quadro 8 - Áreas do empreendimento Caso A..... | 31 |
| Quadro 9 - Áreas do empreendimento Caso B..... | 36 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 | CONTEXTO E JUSTIFICATIVA | 1 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 3 |
| 1.2.1 | Objetivo principal | 3 |
| 1.2.2 | Objetivos secundários..... | 3 |
| 1.3 | DELIMITAÇÃO DO TRABALHO | 4 |
| 1.4 | MÉTODOS DE PESQUISA | 4 |
| 1.5 | ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO..... | 6 |
| 2. | DEFINIÇÕES E LEGISLAÇÃO PARA UM PROJETO DO CANTEIRO DE OBRA | 8 |
| 2.1 | DEFINIÇÃO DE CANTEIROS DE OBRAS E SEUS TIPOS | 8 |
| 2.2 | CARACTERÍSTICAS DE UM CANTEIRO DE OBRAS RESTRITO | 9 |
| 2.3 | NORMATIZAÇÃO DO PROJETO DE CANTEIRO | 9 |
| 3. | ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO DE CANTEIRO DE OBRAS..... | 12 |
| 3.1 | PLANO DE ATAQUE E INFORMAÇÕES INICIAIS | 14 |
| 3.2 | ESCOLHAS RELATIVAS AO PROJETO DO PROCESSO | 15 |
| 3.3 | DEFINIÇÃO DA DEMANDA DE ESPAÇO DE MATERIAIS, MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS | 17 |
| 3.3.1 | Definição de fases e suas características | 18 |
| 3.3.2 | Definição dos espaços | 18 |
| 3.4 | PROPOSTA DE LAYOUT | 21 |
| 4. | ESTUDOS DE CASO..... | 27 |
| 4.1 | CARACTERIZAÇÃO..... | 27 |
| 4.1.1 | Caso A | 27 |
| 4.1.2 | Caso B | 32 |
| 4.2 | LEVANTAMENTO DE DADOS | 36 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.2.1 | Caso A | 36 |
| 4.2.2 | Caso B | 51 |
| 4.3 | ANÁLISE DOS DADOS | 63 |
| 4.3.1 | Análise Comparativa | 63 |
| 4.3.2 | Proposta de soluções..... | 65 |
| 4.3.3 | Apresentação dos parâmetros e interferências..... | 69 |
| 5. | DIRETRIZES PARA CANTEIROS RESTRITOS..... | 71 |
| 6. | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 73 |
| 6.1 | QUANTO À CONSECUÇÃO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS | 74 |
| 6.2 | SUGESTÕES DE TEMAS DE PESQUISA A SEREM ESTUDADOS | 74 |
| | REFERÊNCIAS | 76 |
| | APÊNDICE | 78 |

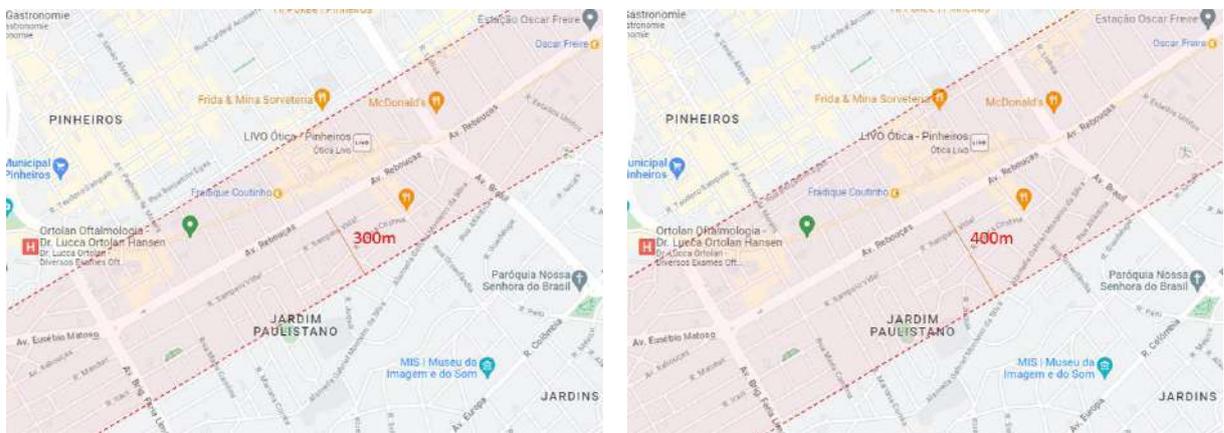
1. INTRODUÇÃO

Esse trabalho de conclusão de curso versará sobre a elaboração do projeto de canteiro de obras em terrenos restritos. Neste capítulo, apresenta-se um panorama geral, destacando a relevância desse tema, bem como definindo o objetivo e escopo desse trabalho.

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

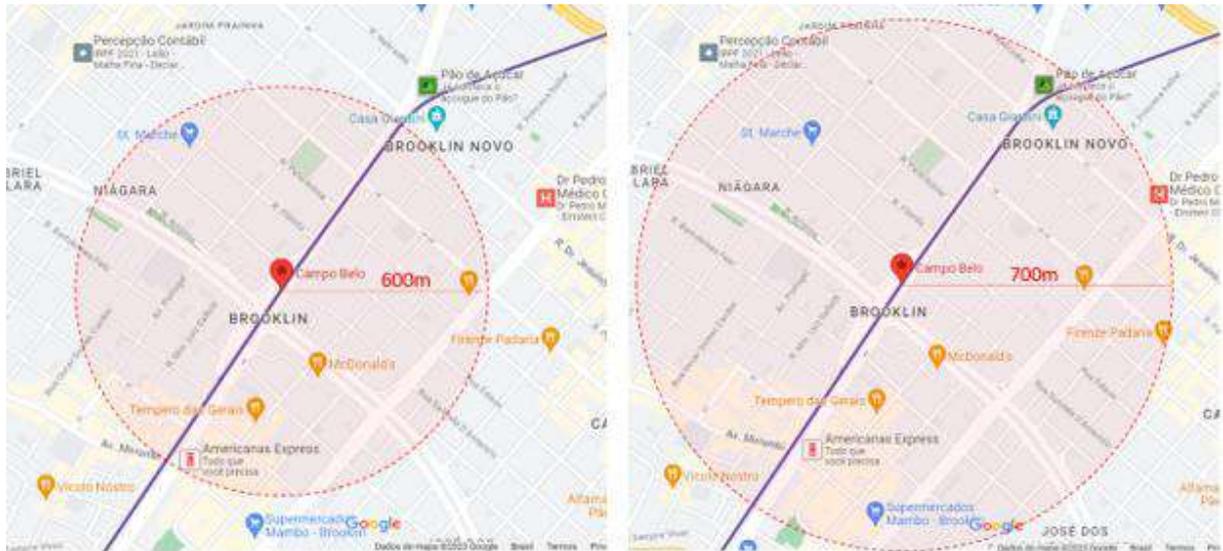
A existente verticalização das edificações dentro da cidade de São Paulo nos próximos anos ganhará força pela revisão do Plano Diretor Estratégico (PDE) aprovada pela Câmara Municipal, uma vez que aumenta o perímetro adensável com coeficiente de aproveitamento igual a quatro vezes a área do terreno no entorno das áreas de eixo de desenvolvimento atual, como no entorno de estações de metrô e trem. As alterações aprovadas são apresentadas de forma representativa nas Figura 1 e Figura 2.

Figura 1 - Corredores de Ônibus e VLT - Aumento de 300 para 400 metros.



Fonte: Elaborado pela autora com mapa do Google Maps.

Figura 2 - Trem ou metro - Aumento de 600 para 700 metros.



Fonte: Elaborado pela autora com mapa do Google Maps.

Dessa forma, continuarão a se viabilizar construções cada vez mais restritas em espaço, as quais apresentam grandes desafios para implantação do canteiro de obra para cada fase de execução. Como exemplo, dentro do segmento da construtora estudada, 9 dos 24 canteiros ativos podem ser considerados restritos, em sua maioria sem vagas de estacionamento e com recuos mínimos.

Illingworth (1993) afirma que os canteiros restritos são os que mais exigem cuidados no planejamento, devendo-se seguir uma abordagem criteriosa para tal tarefa. Esse tipo de canteiro apresenta diversas dificuldades em relação à movimentação dos caminhões de materiais, de áreas de vivência, bem como o fluxo de recursos por toda obra devido à falta de espaço disponível.

Nesse contexto, torna-se imprescindível o gerenciamento eficiente dos processos que abrangem os fluxos internos dos materiais essenciais à obra, juntamente com a utilização de equipamentos apropriados, posicionados em locais estratégicos, e a devida atenção à armazenagem e disponibilidade dos materiais nas frentes de trabalho. Esses aspectos estão intrinsecamente relacionados ao arranjo geral do canteiro e se mostram de extrema importância, especialmente em obras com espaço restrito. Em tais situações, as consequências decorrentes de um planejamento inadequado do espaço, tais como perdas de tempo e materiais, bem como possíveis interrupções na produção tendem a ser agravadas (VIEIRA, 2006).

A abordagem para a concepção de projetos de canteiros, portanto, deve considerar conceitos que auxiliem a implantação de um espaço de trabalho bem-organizado, onde todas as operações estão muito bem definidas, considerando que o sistema é dinâmico, e que necessita ser estrategicamente pensado, a fim de se implantar um canteiro bem-organizado, que impacte positivamente na produtividade e no andamento de todas as etapas construtivas.

Apesar dessa abordagem ser de grande importância, ainda não é cultural o planejamento, elaboração e implantação de projetos de canteiros. Nos casos em que se tem uma análise prévia, geralmente, tem-se apenas a definição de um *layout* único no início da obra. A falta do estudo da logística do canteiro para as demais fases, e as devidas proposições a cada uma delas, causam constantes perdas dos materiais e de produtividade dos equipamentos de transporte e da mão de obra.

Sendo assim, neste trabalho, propõe-se a definição de diretrizes, de fácil acesso e entendimento, para guiar a elaboração do projeto de canteiro, no início da obra, de forma a englobar todas as suas etapas, necessárias para impulsionar a adoção dessa cultura, evitando tomadas de decisões sem estudo prévio, potencializando o aumento da produtividade ao reduzir desperdícios.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

O objetivo principal desse trabalho é propor diretrizes para a elaboração de projeto de canteiros de obras em terrenos restritos de edificações verticais.

1.2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

Para complementar e viabilizar o objetivo principal foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- a) Definir os principais parâmetros e interferências de cada etapa de obra;
- b) Identificar ferramentas que auxiliam no processo de estudo e controle dos canteiros de obras;
- c) Identificar as práticas implantadas nos canteiros restritos de uma construtora;
- d) Definir critérios para layout de canteiros restritos.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho delimita-se ao estudo da elaboração e implantação de projetos de canteiros de obras residenciais de múltiplos pavimentos em terrenos restritos, com foco principal nas interferências à produtividade.

1.4 MÉTODOS DE PESQUISA

Com o objetivo de definir diretrizes para a elaboração de projeto de canteiro nas diferentes fases de execução em terrenos restritos é apresentado nesse trabalho uma pesquisa descritiva e exploratória que irá mostrar a realidade encontrada nos canteiros estudados.

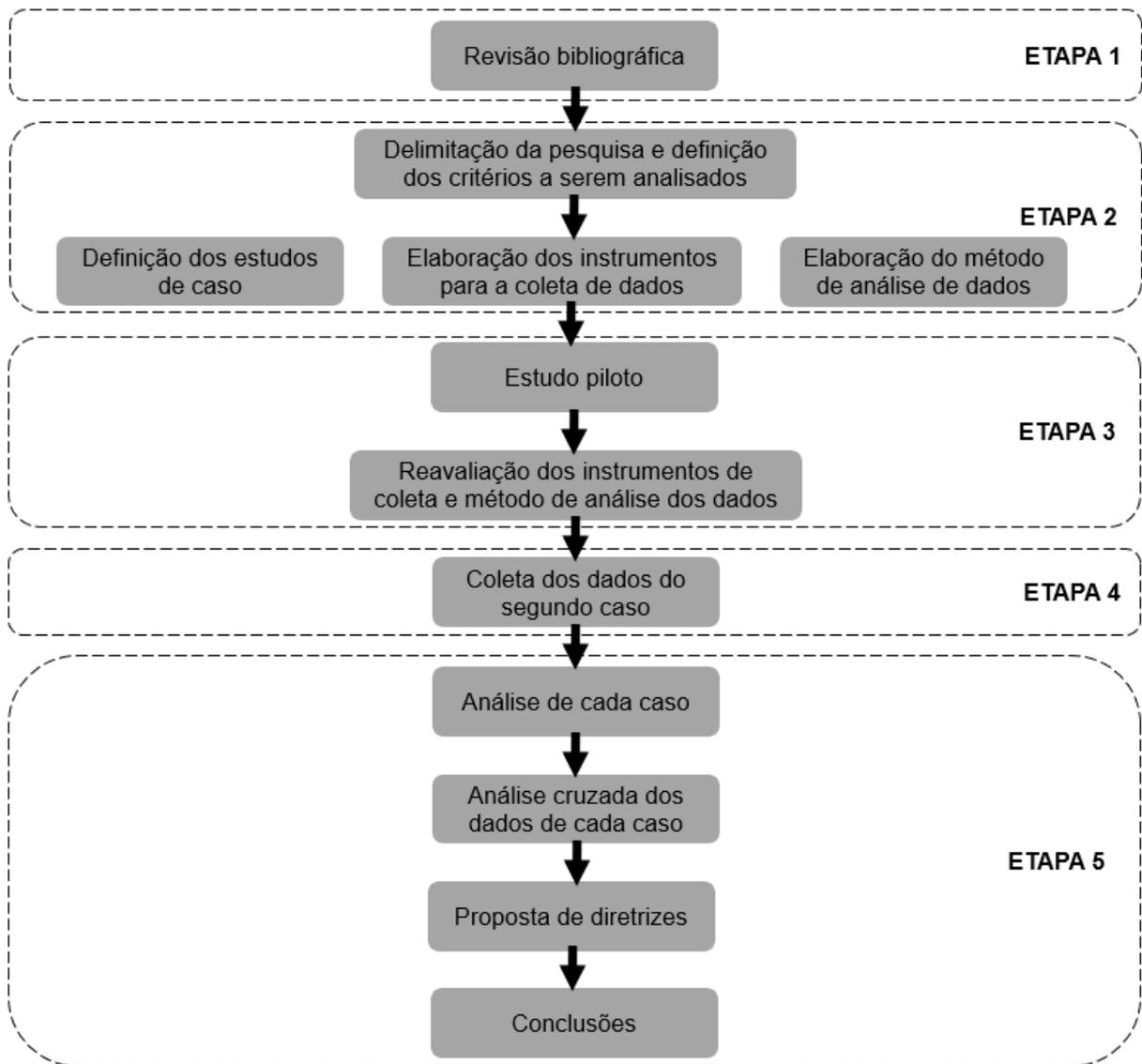
Essa pesquisa se caracteriza dessa forma pois, segundo Gil (2002), as pesquisas descritivas e exploratórias têm como objetivo, respectivamente, descrever as características de determinada população ou fenômeno através de técnicas padronizadas de coleta de dados, como questionários, e proporcionar maior familiaridade com o problema, a fim de torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses.

Outra característica dessa pesquisa é sua classificação, pelo mesmo autor, como estudo de múltiplos casos, pesquisa bibliográfica e documental devido aos processos de coleta e análise dos dados utilizados. Assim, os principais instrumentos utilizados serão a entrevista semiestruturada com aplicação de questionário aberto e a coleta de documentos que será utilizada com o objetivo de complementar a identificação das características das empresas estudadas e das ferramentas utilizadas por elas.

Apesar do estudo de caso ser flexível é importante definir etapas e atividades que conduzam à sua aplicação adequada, essas etapas são elencadas por Patton e Appelbaum (2003), e Toledo e Shiaishi (2009) como delimitação da unidade-caso, definição de uma teoria através da revisão bibliográfica, coleta dos dados e redação do relatório.

Com base nessa proposta as etapas definidas para esse trabalho são apresentadas na Figura 3 e descritas a seguir.

Figura 3 - Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autora

A primeira etapa consiste na revisão bibliográfica para colocar a autora em contato com o tema tratado, criar uma base teórica para o trabalho e auxiliar na definição dos critérios a serem analisados nos estudos de caso, criando um padrão que será importante para comparação dos dados.

O planejamento da pesquisa é feito durante as segunda e terceira etapas. Na segunda etapa foi definida a delimitação da pesquisa, ou seja, seu escopo e a definição dos critérios a serem analisados, os quais nortearam a coleta dos dados. Em seguida foram elaborados os instrumentos para coleta dos dados, o método de análise dos dados e definidos os estudos de caso.

- Elaboração de instrumentos para coleta de dados: definição das perguntas que compuseram o questionário aberto, a padronização da entrevista e coleta dos documentos;
- Elaboração do método de análise de dados: para o método de análise foram consideradas as limitações dos dados coletados principalmente quanto à amostragem, a qual não pode proporcionar a realização de generalizações ou probabilidades;
- Delimitação dos estudos de caso: o princípio de escolha dos casos estudados deu-se de forma não probabilística por acessibilidade.

As atividades descritas anteriormente foram aplicadas em seguida no caso A, parte da terceira etapa, que consistiu na análise prévia do método proposto de coleta e análise de dados através da aplicação do mesmo em uma das obras estudadas. Após sua aplicação foi realizada uma reavaliação desses instrumentos (Apêndice) e do método de análise. Dada a validação do método, a quarta etapa, que consiste na coleta dos dados no segundo caso, teve início, sendo os dados obtidos através dos instrumentos previamente determinados.

Por fim, na quinta etapa, foi realizada a análise individual de cada caso, sendo posteriormente comparados entre si e com a bibliografia, para assim propor diretrizes para a elaboração e implantação do projeto de canteiros restritos. Essa etapa se deu após a descrição que se segue de como os dados foram coletados e da fundamentação da teoria escolhida para categorizá-los e interpretá-los, de forma a mostrar a fidedignidade desses, como sugerem Toledo e Shiaishi (2009).

1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O capítulo 1, “Introdução”, apresenta o contexto e justificativa do trabalho, assim como o objetivo e o método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento da pesquisa, detalhando-se as etapas e as técnicas que proporcionam as bases para a investigação.

No capítulo 2 e 3 é realizada a fundamentação teórica com levantamento das normas aplicáveis e da revisão bibliográfica de temas importantes para a pesquisa como: definição de um canteiro, tipos de canteiros, fundamentos para a elaboração do projeto do canteiro e possíveis interferências, e ferramentas utilizadas para sua elaboração.

O capítulo 4, “Estudo de casos”, é dedicado à apresentação dos objetos de análise, ou seja, as obras estudadas com suas principais características. Ainda no quarto capítulo é feita a análise dos dados, após o levantamento das informações sobre a implantação dos canteiros restritos.

O capítulo 5, “Diretrizes para canteiros restritos”, é dedicado à apresentação das diretrizes propostas para a elaboração e implantação do projeto de canteiro de obras para canteiros restritos, com base nas análises realizadas dos estudos e na revisão bibliográfica.

Por fim, são apresentadas no capítulo 6 as considerações finais do trabalho, fazendo, portanto, uma análise final do atendimento aos objetivos do trabalho e apresentando em seguida, as suas referências bibliográficas.

2. DEFINIÇÕES E LEGISLAÇÃO PARA UM PROJETO DO CANTEIRO DE OBRA

Neste capítulo são apresentados os conceitos e definições de um canteiro de obra e seu projeto, além das normativas envolvidas, que definem características e áreas mínimas para sua implantação.

2.1 DEFINIÇÃO DE CANTEIROS DE OBRAS E SEUS TIPOS

A norma regulamentadora NR 18 - Segurança e saúde no trabalho na indústria da construção (MTE, 2020) e a norma brasileira NBR 12284 - Áreas de vivência em canteiros de obras (ABNT, 1991) definem de forma similar o canteiro de obras.

Segundo a NR 18 o canteiro é a “área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra” e para a NBR 12284 o canteiro de obra é o conjunto de “áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência”.

O canteiro de obra deve ser analisado através dos processos de produção do edifício e como o ambiente de trabalho diário dos envolvidos nessa produção. Além disso, diferencia-o de uma fábrica pela variação de atividades ao longo do tempo e pelo mesmo não ser fixo, ou seja, a “fábrica” se move e o produto fica (SOUZA, 2000).

Conforme Illingworth (1993), os canteiros de obras podem ser divididos em três tipos: restritos, amplos e longos e estreitos, e possuem as características conforme Quadro 1 abaixo.

Quadro 1 - Definições dos tipos de canteiros de obras

| Tipo de canteiro | Característica |
|------------------|--|
| Restrito | A construção ocupa o terreno completo ou uma alta percentagem deste. Acessos restritos. Exemplos: construções em áreas centrais da cidade, ampliações, reformas e trabalhos em estradas de ferro e de rodagem. |
| Amplio | A construção ocupa somente uma parcela relativamente pequena do terreno. Há disponibilidade de acessos para veículos e de espaço para as áreas de armazenamento e acomodação de pessoal. |

| | |
|--------------------|--|
| | Exemplos: construção de plantas industriais, conjuntos habitacionais horizontais e outras grandes obras como barragens, usinas hidrelétricas etc. |
| Longos e estreitos | 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)

2.2 CARACTERÍSTICAS DE UM CANTEIRO DE OBRAS RESTRITO

Um canteiro de obras restrito é caracterizado pelo fato de a construção ocupar uma parcela significativa do terreno, no entanto, não existe um consenso entre os pesquisadores sobre a porcentagem exata que define essa restrição.

De acordo com Illingworth (1993), os canteiros restritos requerem uma abordagem de planejamento cuidadosa. Esse tipo de canteiro apresenta diversos desafios, incluindo restrições na movimentação de caminhões de materiais, na criação de áreas de vivência e no fluxo eficiente de recursos em toda a obra, devido à limitação de espaço disponível. Portanto, a harmonização entre o projeto do canteiro e os projetos de construção é essencial para garantir a conformidade com as normas e para otimizar a produtividade da obra.

Embora não sejam mencionados explicitamente na bibliografia, entende-se que diversos outros fatores desempenham um papel fundamental na definição de canteiros de obras restritos. Entre eles, destacam-se a disponibilidade e qualidade dos acessos ao canteiro, o coeficiente de aproveitamento do terreno (relação entre a área total construída e a área do terreno) e a taxa de construção em função do prazo (avaliação da metragem construída no período total de construção). Este último fator está diretamente relacionado à quantidade de materiais demandados em um determinado intervalo de tempo: quanto maior o indicador, maior será a necessidade de materiais e, conseqüentemente, de uma área adicional para armazenamento.

2.3 NORMATIZAÇÃO DO PROJETO DE CANTEIRO

O projeto do canteiro de obras pode ser relacionado analogamente ao projeto de uma unidade fabril. O projeto de uma fábrica engloba a concepção e organização do espaço disponível para garantir de forma eficiente o processo de produção. Para ilustrar esse conceito com um exemplo específico, no contexto de uma fábrica de automóveis, isso implica na seleção do terreno para

sua implantação, bem como na elaboração minuciosa de todos os espaços operacionais e de vivência que a compõem (SOUZA, 2000).

As diferenças cruciais evidenciadas por Souza (2000) entre uma unidade fabril e o canteiro de obras são a mobilidade do canteiro de obras, que deve ser implantado e desmobilizado a cada edificação construída, o uso intensivo da mão de obra, o menor detalhamento do projeto do produto e do processo e a necessidade de diferentes projetos da “fábrica” para um único produto, uma vez que com o andamento da obra as atividades são diferentes.

A elaboração do projeto do canteiro além de essencial para a garantia de resultados satisfatórios é obrigatório e deve estar atualizado de acordo com a etapa em que se encontra o canteiro de obras conforme descrito no item 18.4 da NR 18 (2021), que trata do Plano de Gerenciamento de Riscos (PGR).

Dessa forma, para a definição e dimensionamento das áreas que contemplam um canteiro de obras, o primeiro passo é garantir o atendimento à NR 18 e à NBR 12284:1991, uma vez que estas regulamentações estabelecem diretrizes de cunho administrativo, de planejamento e organização, que visam à implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, condições e no ambiente de trabalho dentro da Indústria da Construção (NR 18, 2021). Além disso, tais normas também estipulam critérios mínimos para a permanência dos trabalhadores nos canteiros de obras (NBR 12284, 1991).

No Quadro 2, são compiladas as informações básicas para elaboração do projeto do canteiro, conforme as normativas expostas e complementadas com as da NR 24 - Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho (MTE, 2019), considerando a não utilização de alojamentos.

Quadro 2 - Critérios e dimensões básicas das áreas de vivência conforme normas vigentes

| Ambiente | Equipamento | NRs | NBR 12284 |
|------------------------|-----------------|--|--|
| Instalações Sanitárias | Geral | <ol style="list-style-type: none"> 1. Não estar ligado a locais destinados às refeições; 2. Estar situado em local de fácil acesso, com deslocamento máximo de 150m do posto de trabalho. 3. Ser independente para homens e mulheres. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Não estar ligado a locais destinados às refeições; 2. Estar situado em local de fácil acesso, com deslocamento máximo de 150m do posto de trabalho. 3. Ser independente para homens e mulheres. |
| | Lavatórios | <ol style="list-style-type: none"> 1. Proporção de 1:20 trabalhadores; 2. Se coletivo, cada segmento deve possuir 0,6m. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Proporção de 1:10 trabalhadores; 2. Cada segmento deve possuir no mínimo 0,7m. |
| | Mictório | <ol style="list-style-type: none"> 1. Proporção de 1:20 trabalhadores; 2. Se coletivo, cada segmento deve possuir 0,6m. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Proporção de 1:15 trabalhadores; 2. Cada segmento deve possuir no mínimo 0,6m. |
| | Bacia sanitária | <ol style="list-style-type: none"> 1. Proporção de 1:20 trabalhadores; 2. Área mínima livre entre bacia e porta com 0,6m de diâmetro. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Proporção de 1:15 trabalhadores; 2. Dimensões mínimas de 0,9m x 1,1m. |
| | Chuveiro | <ol style="list-style-type: none"> 1. Proporção de 1:10 trabalhadores; 2. Dimensões mínimas de 0,8m x 0,8m; 3. Integrante ou anexo aos vestiários. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Proporção de 1:10 trabalhadores; 2. Dimensões mínimas de 0,9m x 1,1m. 3. Integrante ou anexo aos vestiários. |

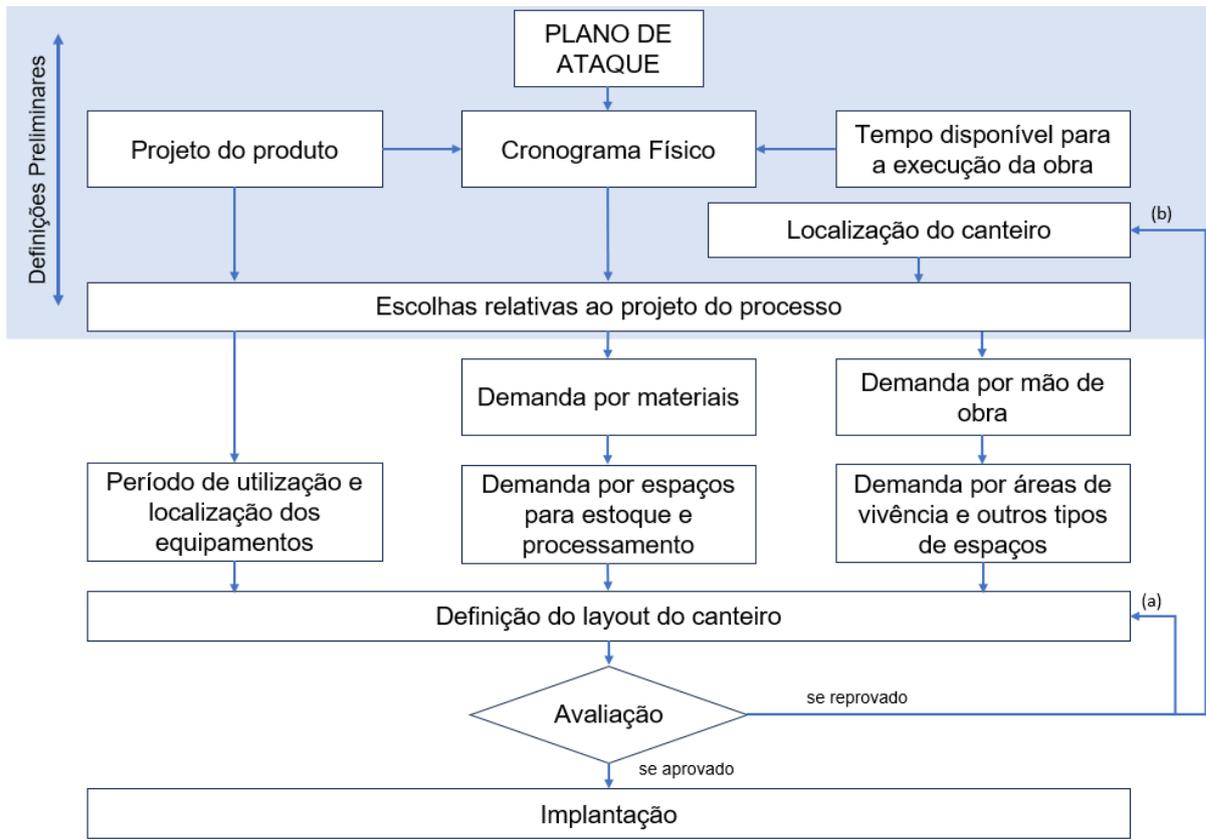
| | | | |
|-----------|-------|--|--|
| Vestiário | Geral | <ol style="list-style-type: none"> 1. Localizado próximo à entrada da obra; 2. Até 750 trabalhadores, área mínima por trabalhador de 1,5 - (nº trabalhadores/1000). Exemplo: Para 200 funcionários a área mínima é de 260m²; 3. Armário com dimensão mínima de 0,3m de largura, 0,4m de profundidade e 0,8m de altura (duplo com divisão ou prateleira ou 2 armários simples). | <ol style="list-style-type: none"> 1. Localizado próximo à entrada da obra; 2. Bancos suficientes para atender para cada chuveiro 1m de comprimento, 0,3m de largura e 0,4m de altura; 3. Armários com dimensões mínimas de 0,5m de largura, 0,4m de profundidade e 0,8m de altura. Distância mínima entre as frentes de armário de 1,6m. |
|-----------|-------|--|--|

Fonte: Autor (2024)

3. ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO DE CANTEIRO DE OBRAS

A delimitação de etapas para a elaboração de um projeto de canteiro é crucial para simplificar e organizar a tomada de decisões. Dessa forma, na Figura 4 é apresentada o fluxograma de atividades que Souza (2000) propõe para a elaboração de um projeto de canteiro de obras.

Figura 4 - Fluxograma de atividades para elaboração do projeto de canteiro de obras



Fonte: Adaptado de Souza (2000)

A primeira fase, conforme proposta por Souza (2000), consiste nas definições preliminares. A partir do projeto do empreendimento e da disponibilidade de tempo para sua execução. É estabelecido um plano estratégico, o qual serve de base para a elaboração de um cronograma físico. Além disso, a localização onde o projeto será executado proporciona dados essenciais para a determinação do processo de produção a ser adotado.

Em seguida, após a definição do projeto de processo, procede-se à quantificação da demanda por materiais, mão de obra e equipamentos, culminando na identificação das necessidades de espaço no canteiro de obras em fase de concepção. O conjunto abrangente de informações resultantes dessa análise fundamenta o processo criativo para a formulação de um layout adequado (SOUZA, 2000).

De forma similar, Saurin e Formoso (2006) definem cinco etapas para garantir a elaboração de um projeto de forma sistemática, conforme elencado abaixo.

- a) Análise preliminar: coleta informações sobre definições técnicas da obra, terreno e entorno, cronograma físico e da mão de obra, consulta o orçamento e delimita

um programa de necessidades com definição de áreas necessárias a partir das informações coletadas;

- b) Arranjo físico geral;
- c) Arranjo físico detalhado;
- d) Detalhamento das instalações, de acordo com padrão da construtora;
- e) Cronograma de implantação.

A seguir são exploradas cada uma dessas etapas, expondo as informações necessárias para sua elaboração e diretrizes propostas para cada uma delas.

3.1 PLANO DE ATAQUE E INFORMAÇÕES INICIAIS

O plano de ataque é a estratégia de execução de uma obra, que considera fatores como características do projeto, prazo, tecnologia, recursos disponíveis, terreno e condições climáticas. Esse plano é desenvolvido após a análise de vantagens e desvantagens de cada alternativa em relação a metas, requisitos, diretrizes e processo construtivo, sendo os principais aspectos avaliados o prazo, custos, acessos, espaço de produção, liberação de frentes de serviço, restrições e interferências entre os serviços (FERREIRA, 1998).

Illingworth (1993) ressaltou duas diretrizes essenciais que devem ser rigorosamente seguidas no processo de planejamento de canteiro de obras restritos:

1. **Priorização da Fronteira Problemática:** É fundamental começar a construção por aquela parte do terreno que apresenta os desafios mais complexos. Isso ajuda a evitar problemas futuros, quando a construção de outras partes do edifício dificultaria o acesso a essa área crítica. Isso pode ser especialmente importante quando há elementos como muros de arrimo, vegetação densa ou terrenos com declives acentuados.
2. **Criação de Espaços no Térreo:** Nas situações em que o subsolo ocupa a maior parte do terreno, é crucial criar áreas utilizáveis no nível do térreo o mais cedo possível. Isso possibilita a instalação de facilidades temporárias e áreas de armazenamento, tornando mais fácil o acesso de veículos e pessoas. Além disso, essa abordagem confere uma estabilidade de longo prazo a essas instalações temporárias.

Em resumo, a proposta enfatiza a importância do planejamento eficiente na construção, priorizando a abordagem de áreas críticas e a criação de espaços utilizáveis desde as fases

iniciais. Essas práticas contribuem para evitar retrabalhos, facilitar a logística no canteiro de obras e aumentar a eficiência geral do projeto de construção.

Quanto à esfera da localização do terreno e entorno, é importante identificar as restrições de espaço físico, acessos e infraestruturas disponíveis a fim de avaliar a necessidade de áreas complementares como edificações ou terrenos vizinhos, para alocar escritório, estande de vendas ou estoque de materiais e centrais de processamento, ou a existência de canteiro central da empresa que abrigam mais serviços referentes às etapas de estocagem e processamento (SOUZA, 2000).

Segundo o mesmo autor, é importante neste caso computar os ônus gerados com a locação, compra ou transportes e analisar a legislação vigente para que não incorram em impostos extras por execução de serviço fora do local de produção.

No que se refere ao cronograma físico da obra, o mesmo fornece informações cruciais para o layout do canteiro, como a coordenação do armazenamento de materiais, a liberação de áreas da obra para uso pelo canteiro de obras e o início de atividades específicas, como a execução das alvenarias. Essas considerações são essenciais para otimizar o planejamento e a execução do projeto (SAURIN; FORMOSO, 2006).

Souza (2000) corrobora com os autores anteriores quando sugere que o cronograma seja definido inicialmente com duas prioridades, conforme abaixo, possibilitando as determinações expostas.

1. Detalhamento semanal: para atividades com maior relevância para a logística, armazenamento e processamento, como estrutura, alvenaria e revestimentos argamassados;
2. Início e término: para as demais atividades.

Além disso, nessa etapa pode-se apurar a necessidade de alterações no cronograma original para melhorar a eficiência do layout. Isso inclui a possibilidade de atrasar a execução de certas partes da obra, como paredes, rampas ou lajes, para acomodar o canteiro de obras de maneira mais eficaz, com cautela para que as alterações sejam mínimas (SAURIN; FORMOSO, 2006).

3.2 ESCOLHAS RELATIVAS AO PROJETO DO PROCESSO

No projeto do processo são definidos como serão executadas cada uma das etapas da produção, para se chegar ao produto final, edificação, caracterizado no projeto do produto. Dessa forma,

com os subsídios adquiridos anteriormente, nessa etapa são definidas, por exemplo, como será feito o fornecimento da argamassa, o equipamento para acesso à fachada ou para o transporte vertical, se serão utilizados vergalhões cortados e dobrados ou estruturas pré-armadas, blocos paletizados, etc.

De forma complementar, Aguiar (2016), na sua proposta de diretrizes para elaboração de plano de gerenciamento logístico do canteiro, apresenta essa etapa como um detalhamento dos serviços, a fim de identificar diferentes alternativas de fornecimento e seus impactos logísticos no canteiro de obras. Um dos resultados proposto para essa etapa é a elaboração de uma matriz de soluções de transporte correlacionando-os a cada material empregado, conforme Figura 5.

Figura 5 - Exemplo de matriz de soluções de transporte por material

| Material | Alternativas de solução de movimentação | | | | | | | | | |
|------------|---|-----------------------------|-------------------------------|-----------|------|--------------------------|-----------------------------|---------------|-----------|------------------|
| | Bombeado por tubulação | Elevador cremalheira padrão | Elevador cremalheira especial | Guindaste | Grua | Empilhadeira à combustão | Paleteira hidráulica manual | Caminhão leve | Guindauto | Retroescavadeira |
| Material A | X | | | | | | | | | |
| Material B | X | X | | | | | | | | |
| Material C | | | | X | X | | | | X | |
| Material D | | | | | X | | | | | |
| Material E | | | | | X | | | | | |
| Material F | | X | | | | X | | X | X | |
| Material G | | X | | | | X | X | X | | |
| Material H | | | | X | X | | | | X | X |

Fonte: Aguiar, 2016

Em posse da matriz de soluções é possível visualizar de forma mais clara quais serão os equipamentos de transporte necessários para a execução da obra que devem estar previstos no projeto do canteiro.

Para a tomada de decisão nessa etapa é importante avaliar o custo direto, os benefícios esperados quanto a produtividade, a qualidade, melhoria da segurança e disponibilidade por parte da empresa. Além disso, no caso dos sistemas de transporte, é preciso avaliar a capacidade do sistema, que supra a demanda no pico da obra (SOUZA, 2000). Como exemplo, abaixo segue um quadro (Quadro 3) de indicadores para avaliação da capacidade de um sistema de transporte vertical, que deve ser elaborada com base nos equipamentos disponíveis no mercado.

Quadro 3 - Exemplos de indicadores de capacidade de transportes verticais

| Equipamento | Duração de 1 ciclo | Capacidade / ciclo |
|----------------------|--------------------|---------------------------------|
| Elevador cremalheira | 5 minutos | 0,25m ³ de concreto |
| | | 1m ² de alvenaria |
| | | 100kg de aço |
| | | 0,13m ³ de argamassa |
| Grua | 5 minutos | 0,5m ³ de concreto |
| | | 8m ² de alvenaria |
| | | 200kg de aço |
| | | 0,25m ³ de argamassa |
| Guincho de coluna | 6 minutos | 0,04m ³ de argamassa |

Fonte: adaptado de Souza, 2000

Essa avaliação está diretamente ligada à demanda de materiais e mão de obra necessárias, a qual será abordada no tópico a seguir.

3.3 DEFINIÇÃO DA DEMANDA DE ESPAÇO DE MATERIAIS, MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS

Para a definição dos espaços é preciso definir a demanda de materiais e mão de obra de acordo com o cronograma físico da obra, conforme exemplo do Quadro 4, demanda dos equipamentos já estimado na fase anterior e as fases da obra em que serão elaborados o projeto de canteiro.

Quadro 4 - Exemplo de cronograma de materiais e mão de obra com base no andamento físico

| Prazo | | 12° sem. | 13° sem. | 14° sem. | 15° sem. |
|--------------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Andamento físico | estrutura tipo | 4° pav | 5° pav | 6° pav | 7° pav |
| | vedação tipo | | 1° pav | 2° pav | 3° pav |
| | instalações | | | | |
| Demanda por materiais | concreto (m ³) | 54 | 54 | 54 | 54 |
| | aço (kg) | 4800 | 4800 | 4800 | 4800 |
| | fôrmas (m ³) | 648 | | | |
| | blocos (un.) | | 7800 | 7800 | 7800 |
| | areia (m ³) | | 10,2 | 10,2 | 10,2 |
| | cimento (sacos) | | 26 | 26 | 26 |
| | cal (sacos) | | 98 | 98 | 98 |
| Demanda por mão de obra | estrutura | 30 | 30 | 30 | 30 |
| | vedação | | 15 | 15 | 15 |
| | instalações | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | TOTAL | 34 | 49 | 49 | 49 |

Fonte: adaptado de Souza, 2000

Os valores totais obtidos no cronograma de materiais e mão de obra são a base para o dimensionamento do espaço necessário no canteiro de obras. No caso da mão de obra, o valor de pico de funcionários por semana é utilizado para a definição dos espaços exigidos para área de vivência, seguindo os parâmetros apresentados no item 2.3 desse trabalho.

Já para a demanda de materiais, faz-se uma comparação dos lotes usuais de compra com as quantidades semanais multiplicadas por um fator de segurança de 1,5, conforme sugerido por Souza (2000), e a partir daí define-se qual o estoque máximo que se terá de cada material.

3.3.1 DEFINIÇÃO DE FASES E SUAS CARACTERÍSTICAS

Definidas as demandas faz-se necessário definir cada uma das fases em que se terá mudanças no layout do canteiro. Segundo Souza (2000), uma possibilidade de divisão e seus principais pontos quando ao canteiro de obras são as descritas abaixo:

1. Movimentação de terra, contenções e fundações: definição dos acessos para caminhões e máquinas pesadas, locação do canteiro em área que será realizada posteriormente ou uso de containers que podem ser realocados após finalização da fase;
2. Estrutura do subsolo e da periferia: similar à fase 1 mas necessário prever o acesso dos equipamentos de transporte vertical;
3. Estrutura da torre: possibilidade de área de estocagem maior caso haja subsolo;
4. Estrutura e alvenaria: aumento da área de estocagem e trabalhadores;
5. Estrutura, alvenaria e revestimentos argamassados: pico das demandas;
6. Finalização da obra: fase de acabamento e desmobilização.

Para a delimitação dessa pesquisa, essa definição de fases pode ser imprópria, uma vez que a existência de subsolos pode não ocorrer e a demanda por espaço continua sendo um gargalo a partir da estrutura do tipo até o pico das operações onde já estão sendo executados os revestimentos e acabamentos junto à finalização da estrutura, o que demanda um espaço de armazenamento coberto muito maior que a projeção da edificação.

3.3.2 DEFINIÇÃO DOS ESPAÇOS

De acordo com Souza et. al. (1997), os principais elementos do canteiro são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Elementos do canteiro de obras

| Tipo | Elemento |
|------------------------|---|
| Ligados à produção | Centrais de produção: formas, armação, argamassa, pré-moldados, pré montagem de instalações |
| De apoio à produção | Almoxarifado de ferramentas |
| | Almoxarifado de empreiteiros |
| | Estoque de agregados |
| | Estoque de barras de aço |
| | Estoque de compensado para formas |
| | Estoque de argamassa ou silo de argamassa |
| | Estoque de ensacados (cal, cimento, argamassa) |
| | Estoque de tubos |
| | Estoque de conexões |
| | Estoque de elevador |
| | Estoque de esquadrias |
| | Estoque de tintas |
| | Estoque de louças |
| | Estoque de metais |
| Sistemas de transporte | Na horizontal: carrinho, jericá, porta-paleta |
| | Na vertical: guincho de coluna, elevador cremalheira |
| | Sem decomposição: Gruas, guindastes, bombas |
| De apoio técnico | Escritório de engenharia, sala de reuniões |
| | Sala do mestre |
| | Recepção/Guarita |
| Áreas de vivência | Refeitório |
| | Ambulatório |
| | Sala de treinamento |
| | Área de lazer |
| | Instalações sanitárias |
| | Vestiário |
| Outros elementos | Entrada de água e coleta de esgoto |
| | Entrada de energia |
| | Portão de materiais |
| | Portão de pedestres |
| | Stand de vendas |

Fonte: Adaptado de Souza et. al (1997)

Como resultado dessa etapa, espera-se a relação de cada um dos elementos com as suas áreas correspondentes de acordo com a demanda de cada fase do canteiro (SOUZA, 2000).

No Quadro 6, procurou-se reunir referências de dimensões mínimas necessárias para alguns elementos segundo as diretrizes propostas por Saurin e Formoso (2006) e Souza (2000). Porém, ressalta-se que é necessário avaliar as recomendações das normas vigentes e do fabricante do material.

Quadro 6 - Dimensões referenciais para elementos do canteiro

| Elemento | Saurin e Formoso (2006) | Souza (2000) |
|---------------------------------|--|--|
| | Considerações | Considerações |
| Bancada de formas | Dimensão da maior viga ou pilar | |
| Baia de agregados | Volume e largura usual de um caminhão. Dimensões: 3,0x3,0x0,8m Área: 7,2m ² | Considerado 10m ³ . Dimensões: altura de 0,8m Área: 12,5m ³ |
| Baia de tubos | Dimensões: 6,0m de comprimento | |
| Estoque de ensacados | Variável de acordo com demanda e programação. Considerar pilhas de 10 sacos. Dimensões: 0,7x0,45m por saco/pilha Área: 6,3m ² para 200 sacos. | Considerar pilhas de 10 sacos. Área: 8,4m ² para 200 sacos. |
| Estoque de bloco | Variável de acordo com demanda e programação. | Altura máxima de 1,4m Dimensões: 14x19x39cm por bloco Área: 7,5m ² para um milheiro |
| Estoque de madeira serrada | | Altura média de 0,6m. Área: 6m ² para 320m. |
| Estoque de azulejo/cerâmica | | Altura média de 1,6m. Área: 4m ² para 100m ² . |
| Estoque de chapas de compensado | | Até 75 chapas sobrepostas. Área: 4,5m ² para 75 chapas. |
| Elevador cremalheira | Distância entre roldana e tambor do guincho 2,5 a 3m; Dimensões: 1,8x2,3m Área: 4,14m ² | |
| Almoxarifado | Área muito variada no decorrer da obra. Proporção aproximada de 2,25% de área do almoxarifado em relação à construída do empreendimento. | |
| Escritório | Depende do porte da obra e número de pessoas. Dimensões: 3,3x3,3m Área: 10,89m ² | |
| Portão de veículos | Deve permitir a passagem do maior caminhão que será recebido; Dimensões: 4,0m de largura e 4,5m de altura | |
| Caminhão betoneira | Raio de curvatura: 5m; Dimensões: 2,7x8,0m | |
| Caçamba | Dimensões: 1,6x2,65m | |

Fonte: Autor (2023)

Para os elementos de área de vivência ambos os autores reforçam o uso das normas já apresentadas anteriormente, no item 2.3 deste trabalho.

3.4 PROPOSTA DE LAYOUT

A busca por uma solução racional de layout para cada uma das fases de uma obra pode seguir as seguintes etapas, conforme proposto por Souza (2000).

1. **Fluxograma dos processos:** identificação dos fluxos e transportes necessários que elucidam os elementos que devem ficar mais próximos entre si;
2. **Tabela de dupla entrada de proximidade desejável entre elementos do canteiro:** relação por nível de importância a proximidade entre elementos do canteiro;
3. **Roteiro de posicionamento dos elementos:** proposta de sequência de posicionamento dos elementos conforme lista abaixo.
 - a. Posicionamento do stand de vendas;
 - b. Escolha do local dos acessos;
 - c. Posicionamento da guarita;
 - d. Escolha do posicionamento de transporte vertical;
 - e. Localização da área de sanitário/refeitório;
 - f. Localização dos almoxarifados;
 - g. Localização em ordem decrescente de prioridade os principais processamentos e seus respectivos estoques;
 - h. Localização do escritório;
4. **Check-list de experiências vividas pela empresa:** recomendações fruto da experiência da empresa;
5. **Esboço das propostas:** trabalhar sobre a planta com malha de 2,0x2,0m para facilitar a percepção das áreas em uma escala de pelo menos 1:200;
6. **Avaliação das propostas de projeto de canteiro:** Utilizar uma matriz de decisão para avaliação das propostas e definição final

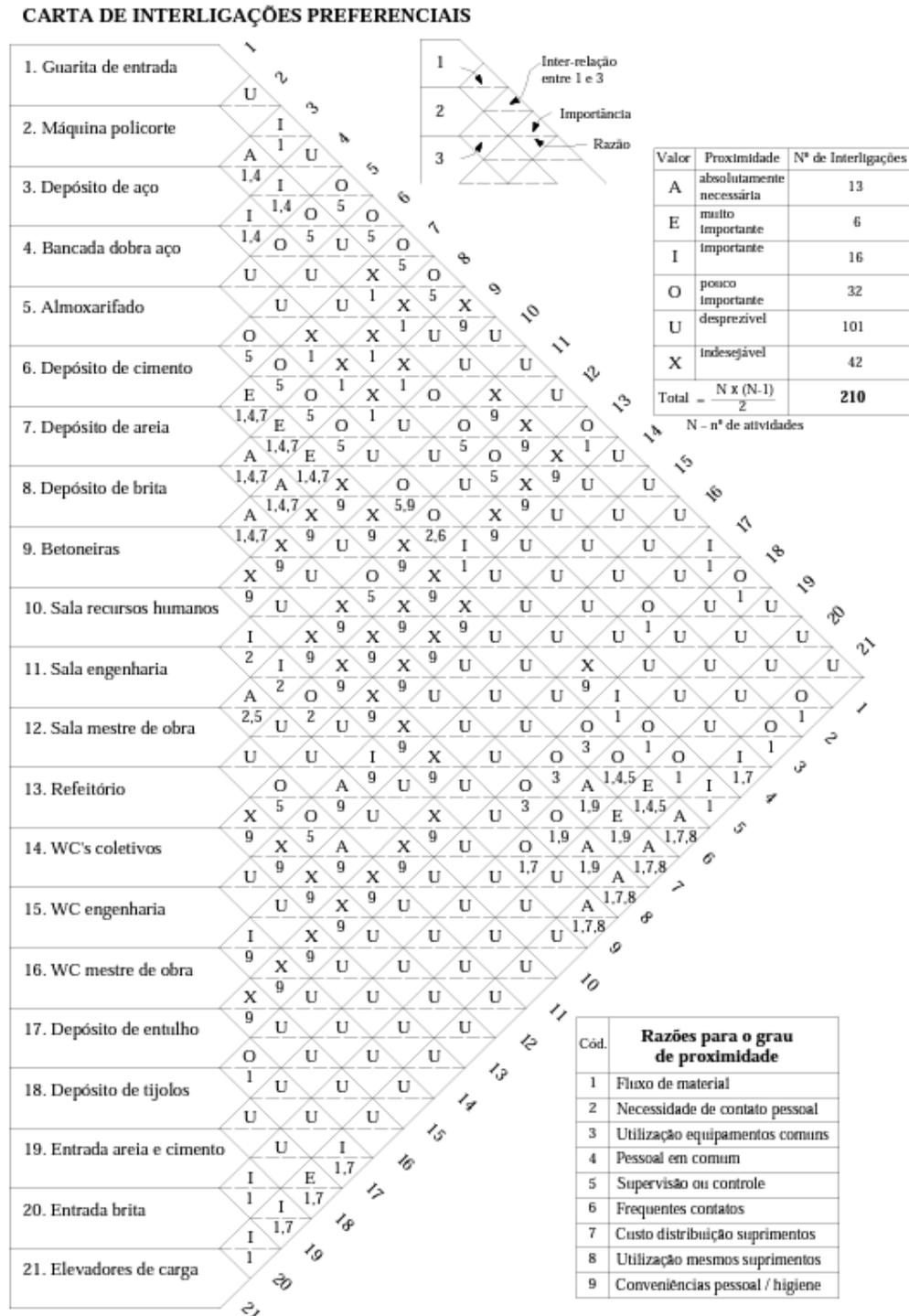
Após a definição final realiza-se o projeto final com detalhamento de cada uma das partes do canteiro e elabora-se um planejamento para sua implantação. Ressalta-se que durante a execução da obra o projeto deve ser avaliado e aperfeiçoado de acordo com as necessidades encontradas (SOUZA, 2000).

De forma similar, Elias et al. (1998) desenvolveram uma abordagem metodológica para a formulação de um layout de canteiro de obras, fundamentada na aplicação do Método

Sistemático de Planejamento de Layout, da sigla SLP do inglês, *Systematic Layout Planning*, desenvolvida por Muther (1978). Este método enfatiza a importância de otimizar a interconexão entre os diversos elementos do canteiro a fim de determinar o fluxo eficiente de materiais. No âmbito da aplicação dessa metodologia, os autores elaboram a Carta de Interligação Preferencial, uma matriz que relaciona os elementos pelo grau de importância de proximidade e a razão. A elaboração da Carta compreende as seguintes etapas:

1. Identificar todas as tarefas;
2. Listar as atividades numa carta de interligação preferencial: produtivas antes dos serviços de apoio;
3. Determinar as interligações entre cada atividade e razões para isso;
4. Montar a carta de interligação preferencial conforme mostra o modelo da Figura 6.

Figura 6 - Carta de Interligações Preferenciais



Fonte: Elias et al. (1998)

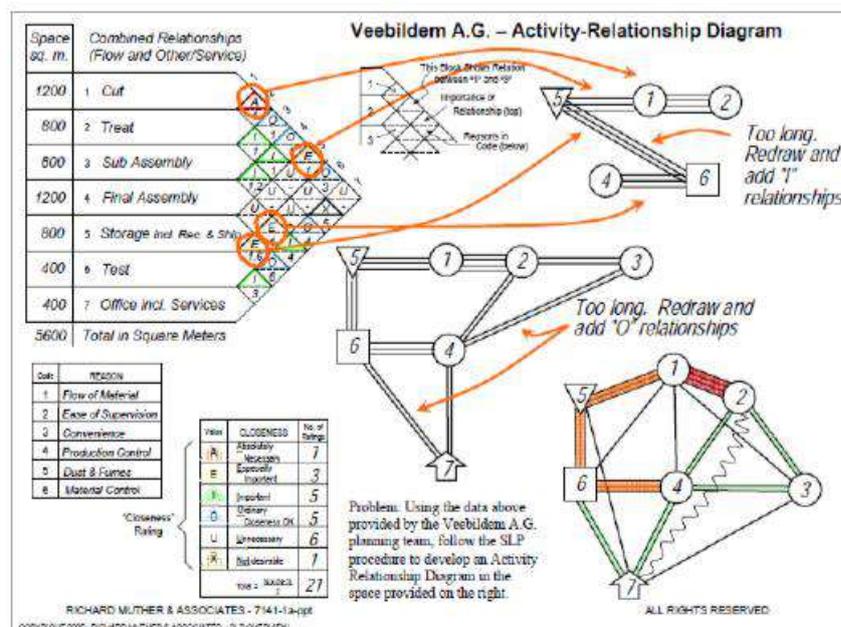
A partir da carta de interligação preferencial e o fluxo de materiais, deve-se seguir os seguintes passos:

- 1. Construção do diagrama de inter-relações:** representa a inter-relação dos elementos teórica ideal, independente da área necessária. Desenha-se primeiro as inter-relações

classe A e as demais em sequência, cada elemento deve ser representado por um retângulo e o número de linhas de ligação entre eles representa a intensidade do fluxo (Figura 7);

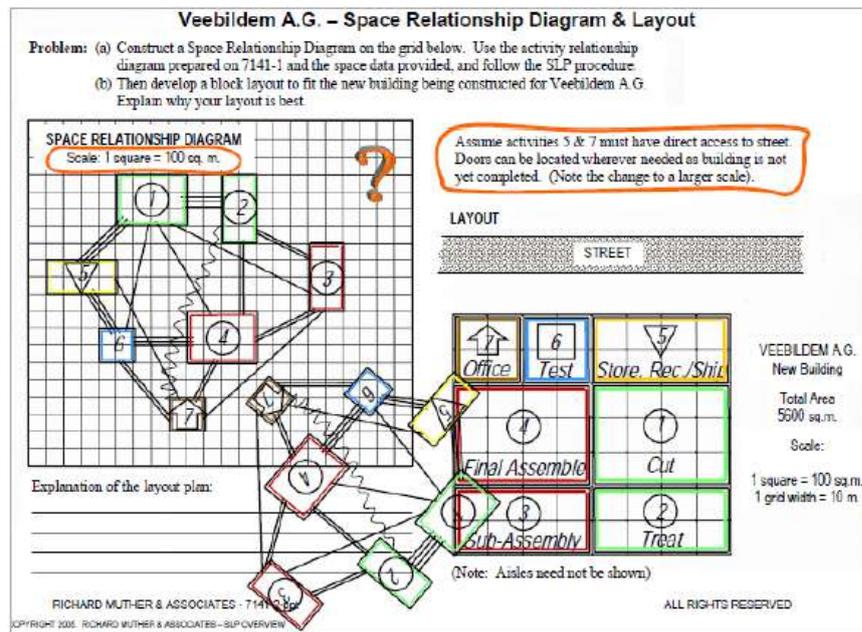
2. **Definição das áreas necessárias para cada elemento;**
3. **Construção do diagrama de inter-relações de espaços:** ajuste do diagrama com desenho em escala dos elementos com base no diagrama de inter-relações teórico ideal (Figura 8);
4. **Escolha do layout:** através de três análises, balanceamento das vantagens e desvantagens de cada layout, matriz de decisão através de análise de fatores ponderados e comparação e justificativa de custos.

Figura 7 - Exemplo Diagrama de Inter-relação



Fonte: Muther (1978)

Figura 8 - Exemplo Diagrama Inter-relação de espaço



Fonte: Muther (1978)

Quando se discute o terceiro tópico da abordagem apresentada por Souza (2000) referente à sequência de disposição dos elementos, Saurin e Formoso (2006) endossam tais orientações, sustentando que a inclusão do elevador de carga deve ser priorizada como um dos elementos iniciais no planejamento do layout do canteiro de obras.

Para auxiliar na tomada de decisão, algumas boas práticas de posicionamento são identificadas por Saurin e Formoso (2006), conforme Quadro 7.

Quadro 7 - Boas práticas de posicionamento de elementos do canteiro por Saurin e Formoso (2006)

| Elemento | Boas práticas |
|-----------------------|---|
| Vestiário | Próximo ao acesso |
| Área de lazer | Não é obrigatória, sugestão que seja no próprio refeitório |
| Almoxarifado | Próximo à descarga de caminhão, próximo ao elevador e próximo à engenharia |
| Estoques | Preferir armazenamentos nos subsolos para possibilitar a permanência da área de vivência no térreo. |
| Guarita | Próximo aos portões de entrada de caminhão e pessoas, e que garanta controle visual das divisas e almoxarifado |
| Escritório | Próximo aos portões de acesso, que permita visão total do canteiro |
| Elevador | Próximo aos estoques e frente de produção |
| Disposição do entulho | De fácil acesso para coleta por caminhão e próximo de duto coletor (ideal para evitar o transporte vertical do entulho e desperdício de mão de obra e equipamentos) ou elevador |

Fonte: Adaptado de Saurin e Formoso (2006)

Além disso, Souza (2000) destaca pontos importantes que devem ser levados em consideração para o posicionamento dos equipamentos de transporte vertical, conforme lista abaixo.

A. Localização da grua

- Furo na laje ou abertura pré existente (como poço do elevador)?;
- Distância às construções vizinhas (giro da lança e contralança);
- Agilidade nos transportes de concreto, aço, blocos, etc;
- Posição mais adequada para fundações da grua;
- Facilidade de montagem e desmontagem.

B. Localização dos elevadores

- Distância ao recebimento, estoques e processamentos intermediários;
- Distância aos pontos de produção;
- Segurança quanto à queda de materiais;
- Proximidade a cada de máquinas;
- Minimização de interferências com outros serviços (paredes com revestimentos cerâmico, instalações);
- Uso de sacadas;
- Chegada em ambiente amplo;
- Localização do segundo elevador próximo ou distante?;
- Análise mudanças de canteiro e de materiais a serem transportados ao longo do tempo (fases).

Ademais, destaca-se a importância de um bom planejamento de aquisição e entrega de materiais para minimização de áreas de estocagem e o desperdício de duplo manuseio pela descarga longe da área de armazenamento final. Porém, para canteiros restritos, há casos em que o duplo manuseio é inevitável, mas pode ser minimizado com a utilização de melhores equipamentos de transporte e diminuição da distância entre áreas de armazenagem (SAURIN; FORMOSO, 2006).

Por fim, Saurin e Formoso (2006) sugerem a identificação das vias de locomoção no projeto de canteiro, e especial atenção às possíveis interferências como reescoramentos da estrutura que podem prejudicar também a locação dos demais elementos.

4. ESTUDOS DE CASO

Os estudos de caso foram realizados com obras da Construtora X, que atendem habitações de interesse social, na cidade de São Paulo, sendo:

- **Caso A:** obra Caso A – obra iniciada em dezembro de 2022 com previsão de término em novembro de 2024 (duração prevista de 24 meses).
- **Caso B:** obra Caso B – obra iniciada em abril de 2021 com término em outubro de 2023 (duração de 30 meses).

A definição das obras partiu das características dos terrenos e projeto, por estarem em execução e pela facilidade em obtenção de dados por parte da autora. As características de cada caso são apresentadas a seguir.

4.1 CARACTERIZAÇÃO

A caracterização das obras, realizada a seguir, conta com a localidade, características do entorno e região, características básicas do empreendimento e suas áreas, e implantação do terreno.

4.1.1 CASO A

O empreendimento Caso A está localizado zona leste da cidade de São Paulo, conforme Figura 9.

Figura 9 - Localização Caso A



Fonte: Google Maps (2023)

As unidades vizinhas são comerciais e residenciais de baixa altura e o terreno possui pequena ligação com outro canteiro da mesma construtora. A via de acesso é de pista local de mão única, conforme apresentado na Figura 10. O local está em zona de alagamento e fora da Zona de Máxima Restrição de Circulação (ZMRC) estabelecida pela Prefeitura Municipal da Cidade de São Paulo.

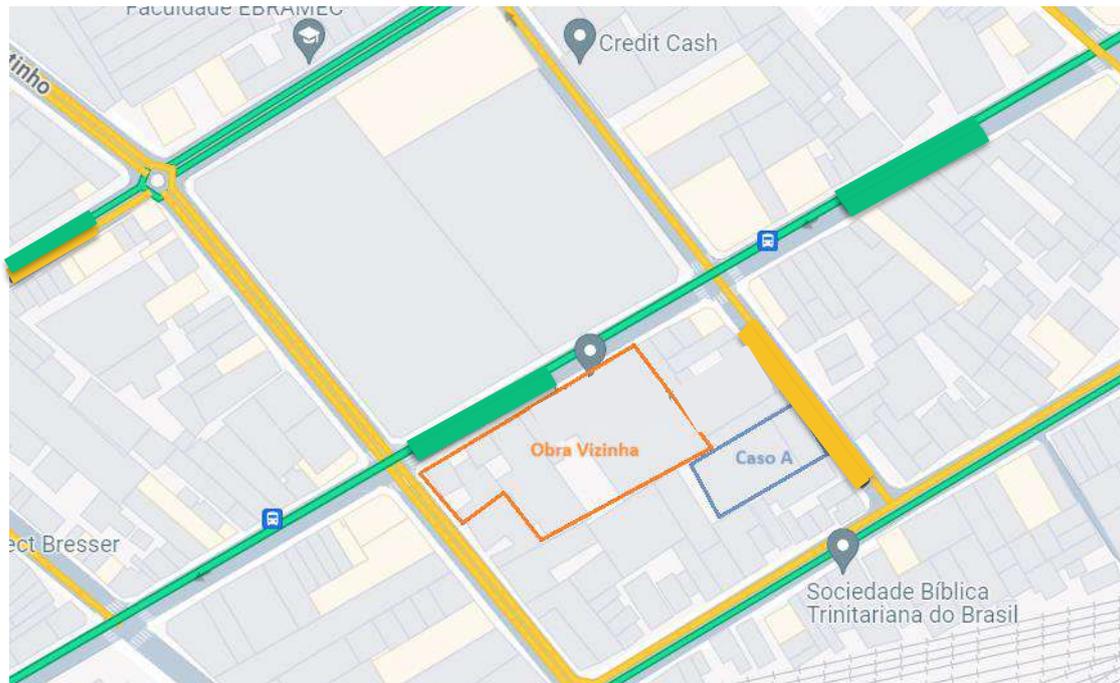
Figura 10 - Via de acesso Caso A



Fonte: Google Maps (2023)

As unidades vizinhas são comerciais e residenciais de baixa altura. O terreno possui pequena ligação com outro canteiro da mesma construtora, como pode ser identificado na Figura 11, que também mostra o trânsito típico das ruas da região durante a semana.

Figura 11- Trânsito típico Caso A

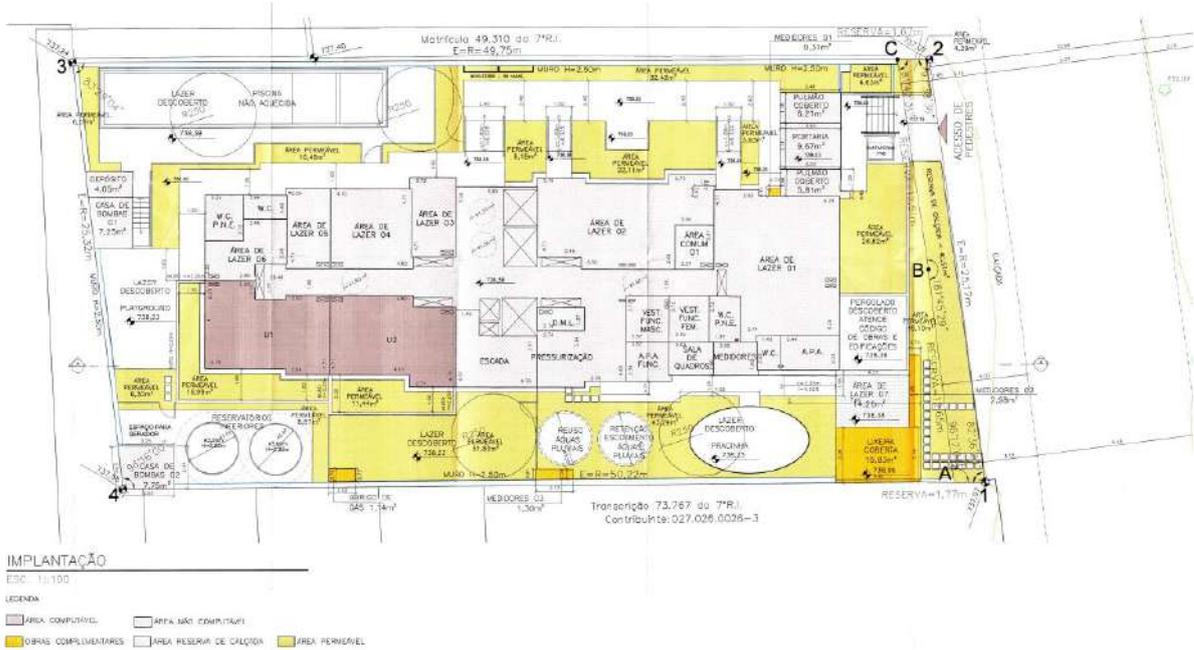


Fonte: adaptado de Google Maps (2024)

O Caso A foi concebido em uma única torre de 19 pavimentos tipo em alvenaria estrutural e térreo em estrutura convencional de concreto armado. Possui dez unidades por andar, totalizando 192 unidades habitacionais.

O empreendimento possui 2 unidades Gardens no térreo e ambientes de lazer como salão de festas, espaço de jogos, coworking e áreas técnicas e na sua implantação áreas de lazer como piscina, churrasqueira, redário, playground, pet place, e casa de bombas, abrigos e reservatório inferior. Na Figura 12 e na Figura 13 são apresentadas a implantação do empreendimento pelo projeto aprovado e imagem de vendas, respectivamente.

Figura 12 - Implantação Caso A



Fonte: Construtora (2023)

Figura 13 - Implantação Caso A - Imagem de vendas



Fonte: Construtora (2024)

No Quadro 8, apresenta-se o resumo das áreas do empreendimento.

Quadro 8 - Áreas do empreendimento Caso A.

| | |
|--|------------------------|
| Área do terreno | 1.252,68m ² |
| Área de ocupação | 473,39m ² |
| Taxa de ocupação | 38% |
| Área total construída | 8.067,87m ² |
| Coefficiente de aproveitamento | 6,44 |
| M ² construído / prazo (previsto orçamento) | 384 |
| M ² construído / prazo (executado) | 336 |

Fonte: Autoria própria.

Apesar de a taxa de ocupação não ser elevada neste caso, os fatores predominantes para ele ter sido considerado do tipo restrito foram seus acessos, os recuos disponíveis e o seu alto coeficiente de aproveitamento.

As Figura 14 e Figura 15 mostram o canteiro implantado na fase de estrutura.

Figura 14 - Vista aérea dos fundos do Caso A



Fonte: autoria própria (2023)

Figura 15 - Vista aérea frontal do Caso A



Fonte: autoria própria (2023)

4.1.2 CASO B

O empreendimento Caso B está localizado na zona oeste da cidade de São Paulo, conforme Figura 16.

Figura 16 - Localização Caso B



Fonte: Google Maps (2023)

As unidades vizinhas são comerciais e residenciais de baixa altura. O empreendimento tem acesso por duas vias, ambas de pista local de mão única, conforme apresentado na Figura 17 e Figura 18.

Figura 17 - Via de acesso Caso B



Fonte: Google Maps (2023)

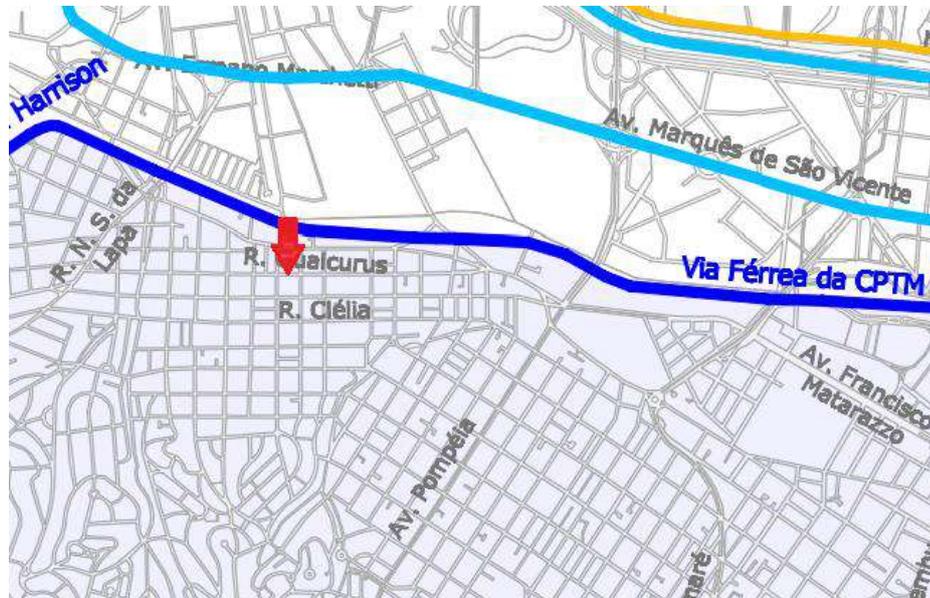
Figura 18 - Via de acesso Caso B



Fonte: Google Maps (2023)

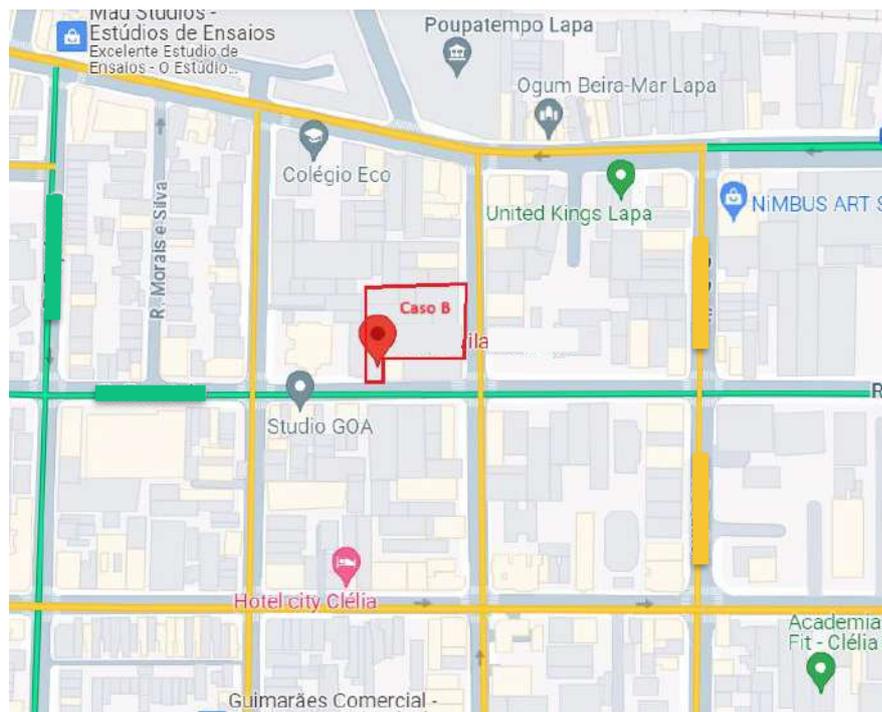
O local está na Zona de Máxima Restrição de Circulação (ZMRC) estabelecida pela Prefeitura Municipal da Cidade de São Paulo, conforme Figura 19, e possui um trânsito típico conforme Figura 20.

Figura 19 - ZMRC - Caso B



Fonte: adaptado de Companhia de Engenharia de Tráfego (2023)

Figura 20 - Trânsito típico Caso B

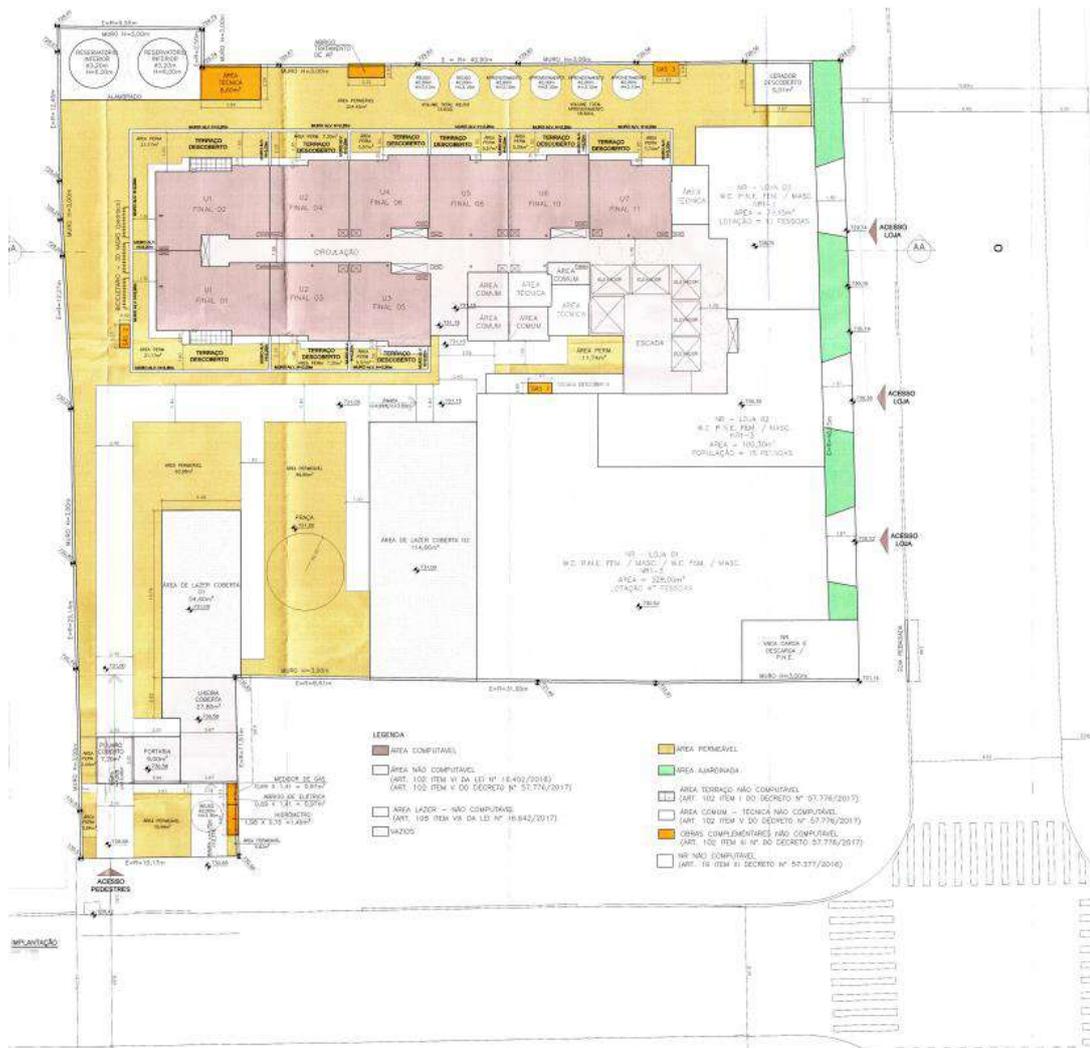


Fonte: adaptado de Google Maps (2024)

O Caso B foi concebido em uma única torre em “L” de 20 pavimentos tipo em alvenaria estrutural, primeiro pavimento e térreo em estrutura convencional de concreto armado. Possui dezoito unidades por andar, totalizando 386 unidades habitacionais. Além disso, o empreendimento possui fachada ativa, com três lojas independentes com frente na rua Caio Graco.

O empreendimento possui no primeiro pavimento áreas de lazer como piscina, brinquedoteca, academia, playground e lavanderia. Na implantação possui: áreas de lazer como churrasqueira, salão de festas, espaço de jogos, coworking, pet place, e áreas técnicas que constam com abrigos de gás, casa de bomba e reservatórios. Na Figura 21 e na Figura 22 são apresentadas a implantação do empreendimento pelo projeto aprovado e imagem de vendas, respectivamente.

Figura 21 - Implantação Caso B



Fonte: Construtora (2023)

Figura 22 - Implantação Caso B - Imagem de vendas



Fonte: Construtora (2024)

No Quadro 9, o resumo das áreas do empreendimento é apresentado.

Quadro 9 - Áreas do empreendimento Caso B.

| | |
|--|-------------------------|
| Área do terreno | 2.138,02m ² |
| Área de ocupação | 1160,58m ² |
| Taxa de ocupação | 54,28% |
| Área total construída | 12.822,88m ² |
| Coefficiente de aproveitamento | 6,00 |
| M ² construído / prazo (previsto orçamento) | 534 |
| M ² construído / prazo (executado) | 427 |

Fonte: Autoria própria.

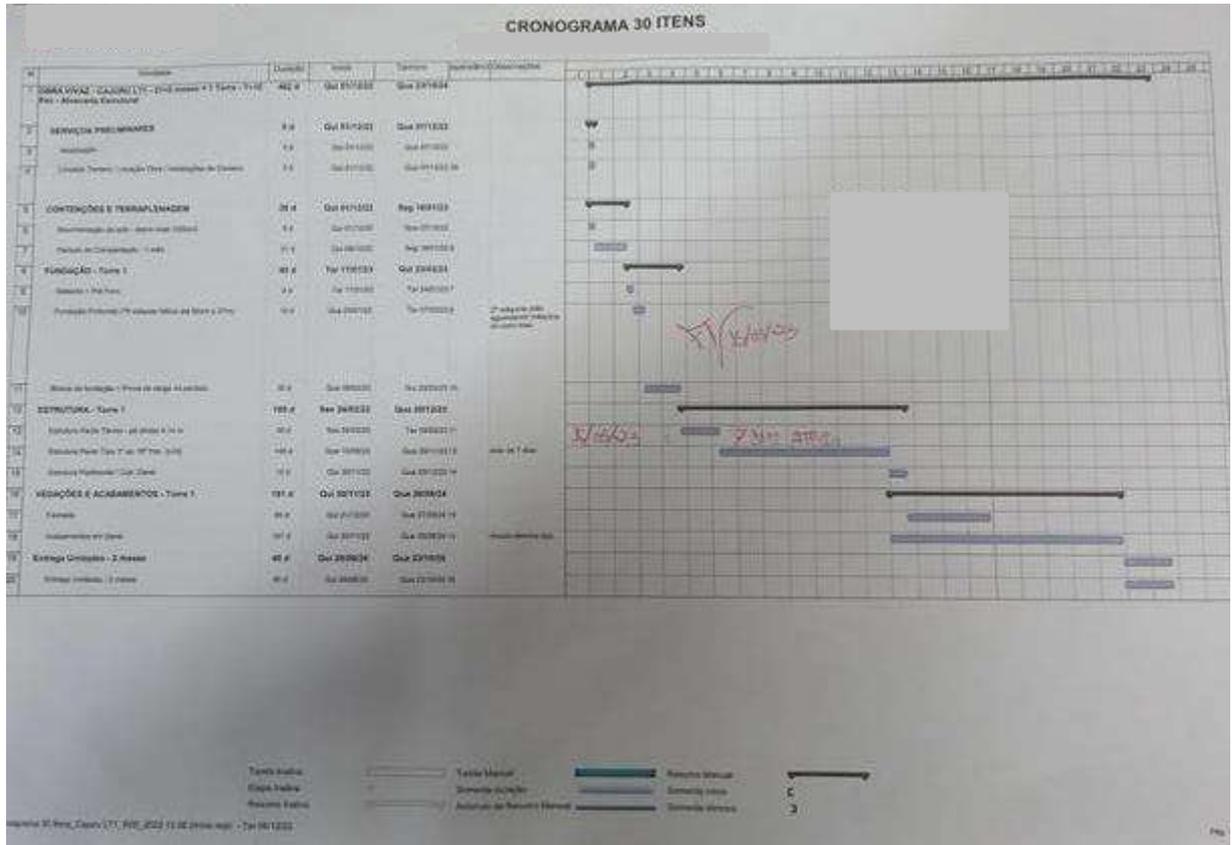
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

4.2.1 CASO A

Durante a etapa de anteprojeto, o orçamentista definido para esse projeto propôs o plano de ataque e o projeto inicial do canteiro. A partir do cronograma de 30 itens (Figura 23) ele define

o prazo de obra. Esse cronograma leva em consideração as características do empreendimento e o histórico de obras já executadas com as mesmas características ou similares.

Figura 23 - Cronograma 30 itens - Caso A



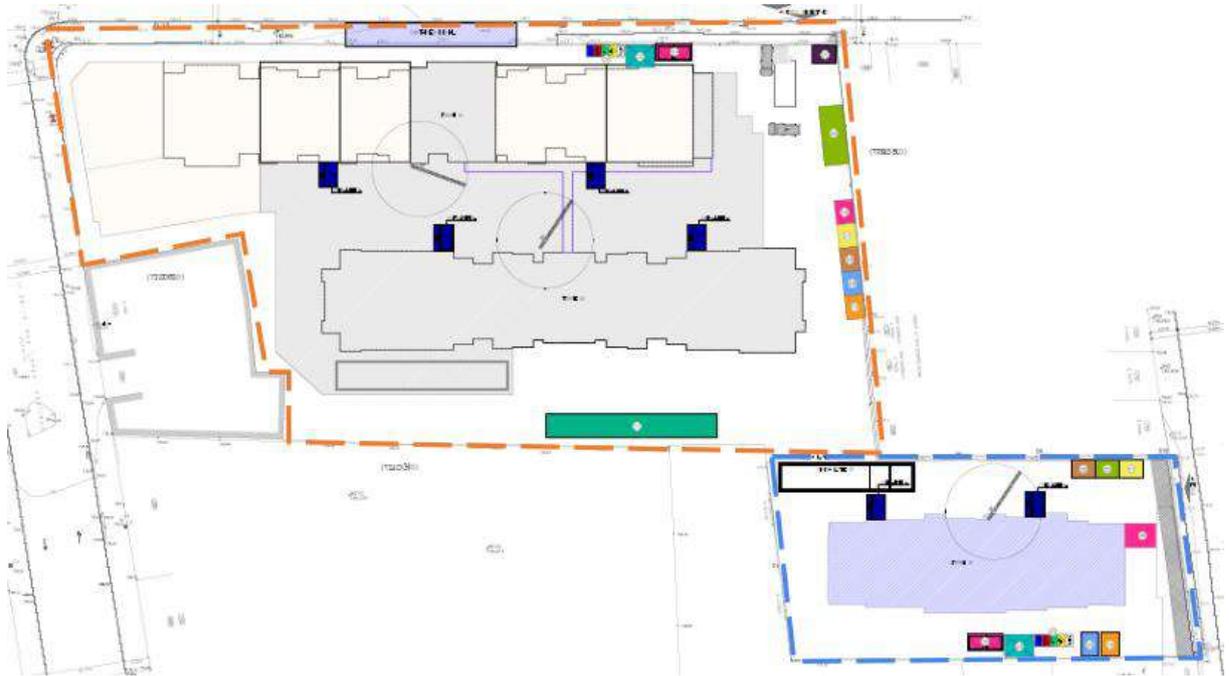
Fonte: Autoria própria (2024)

Para o Caso A o projeto de canteiro inicial foi proposto unificado ao canteiro de outro empreendimento da mesma construtora que teve início simultâneo, conforme será explicitado na discussão da Figura 27.

A definição para a execução da alvenaria estrutural foi com a utilização de argamassa em silo, com transporte vertical em elevador cremalheira e utilização de mini grua para ascensão do aço para armação de pontos de graute e laje.

Na Figura 24, é possível visualizar o projeto inicial proposto, sendo o contorno tracejado em azul a área do empreendimento em estudo, Caso A, e em laranja a obra vizinha que divide o canteiro.

Figura 24 - Projeto de canteiro inicial - Caso A



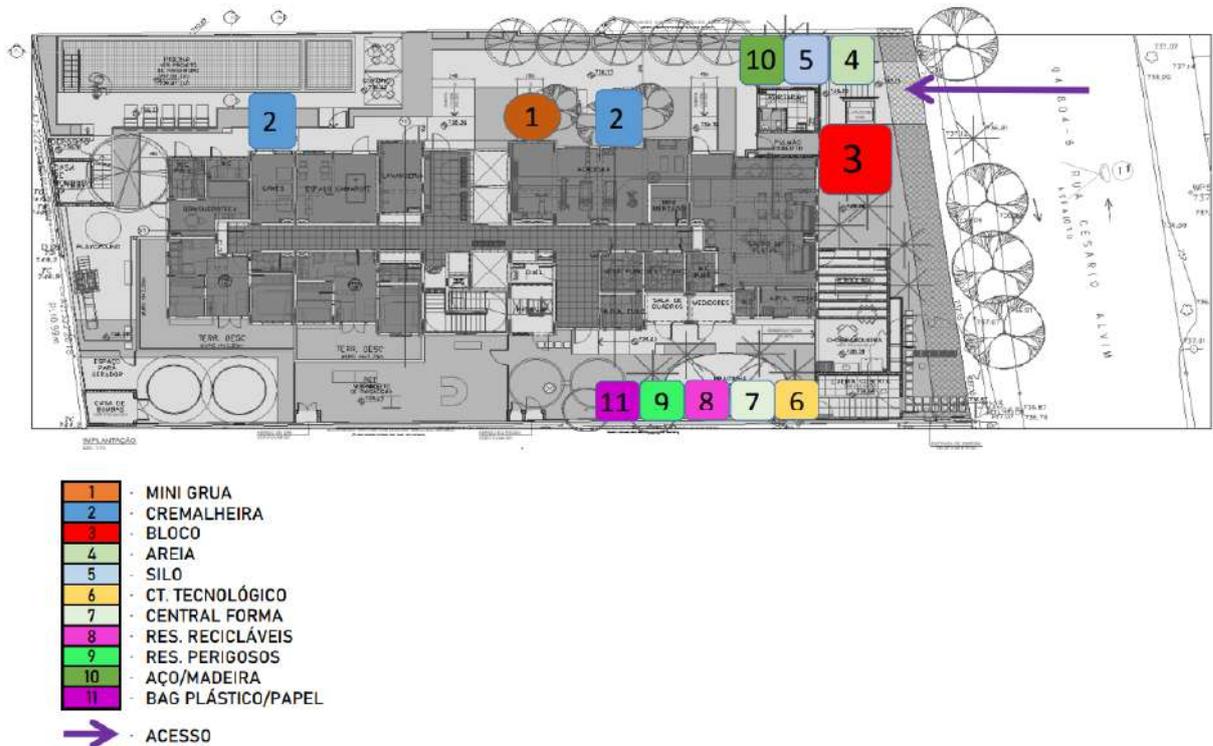
LEGENDA

| | | | |
|---|--|---|----------------------|
|  | PORTARIA / WC |  | AREIA / BRITA |
|  | CENTRAL DE RESÍDUOS PERIGOSOS |  | AÇO / MADEIRA |
|  | CENTRAL DE RESÍDUOS REICLÁVEIS (PAPEL, PLÁSTICO, VIDRO, METAL E MADEIRA) |  | CENTRAL DE FORMA |
|  | BAG (PAPEL / PLÁSTICO) |  | CONTROLE TECNOLÓGICO |
|  | SILÓ |  | BARRAÇÃO |
|  | BLOCOS | | |

Fonte: adaptado de Construtora (2023)

A Figura 25, mostra a ampliação do projeto inicial do Caso A.

Figura 25 - Projeto de canteiro inicial ampliado - Caso A



Fonte: Construtora (2024)

Nessa proposta inicial foram considerados dois elevadores cremalheira e uma mini grua, situados na mesma face da edificação, e dois acessos. O acesso pela rua da obra vizinha, é a de menor trânsito e a mais larga, o que facilita o recebimento de materiais e acesso de caminhões no canteiro, nela também foi feita o acesso de pedestres. O acesso pela outra rua é mais estreita e de mão dupla, que constantemente possui carros estacionados nas duas calçadas.

Além disso, nessa proposta o armazenamento de blocos, aço e silo de argamassa, materiais básicos para a execução da alvenaria estrutural estão alocados próximos ao acesso da rua Cesário e distantes dos meios de transporte vertical em média em 24 metros.

Outro ponto observado é a dimensão prevista para esses armazenamentos, que não foram pré-determinadas através de cálculos de demanda, conforme sugerido na bibliografia, o que dificulta a visualização dos desafios e possíveis interferências que podem existir durante a obra.

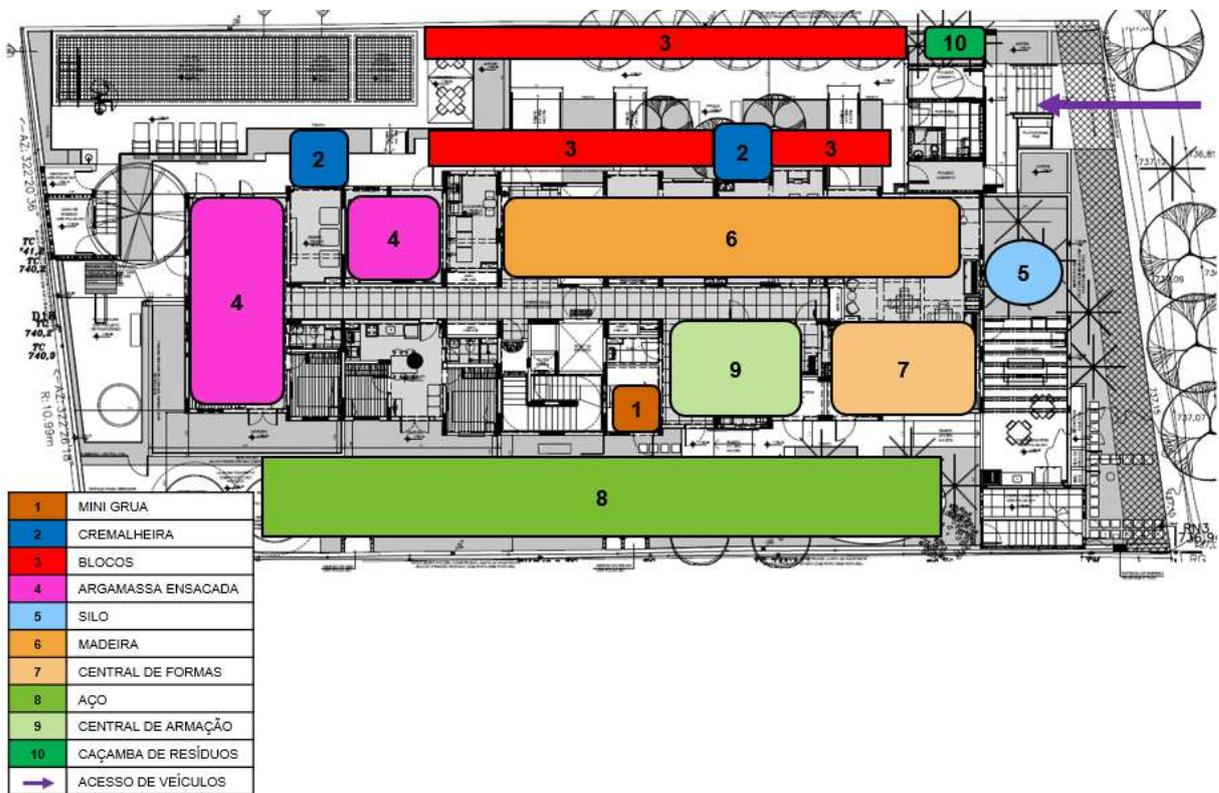
Na fase de projeto executivo, aproximadamente 3 meses antes do início da obra, a empresa estudada tem a cultura de definir a gerência da obra, e por vezes, o engenheiro residente da obra. Para o Caso A, o engenheiro já estava definido nesta etapa e ele foi o responsável pela análise do projeto do canteiro inicial e proposição de alterações para aprovação da gerência

geral e diretoria de operações. Neste caso, não foram feitas outras proposições pelo engenheiro residente e não houve modificações no layout sugerido inicialmente.

No início da obra e uma vez que o planejamento completo, elaborado pelo departamento de Planejamento, tornou-se disponível, foram realizadas modificações no layout inicial proposto para a efetiva implantação do canteiro. Isso incluiu ajustes na posição da mini grua e em outros locais de armazenamento, conforme apresentado na Figura 26.

Essa alteração de layout não possuiu nenhum registro, sendo elaborado pela autora através dos dados obtidos em visita e entrevista.

Figura 26 - Projeto de Canteiro Aplicado – Caso A



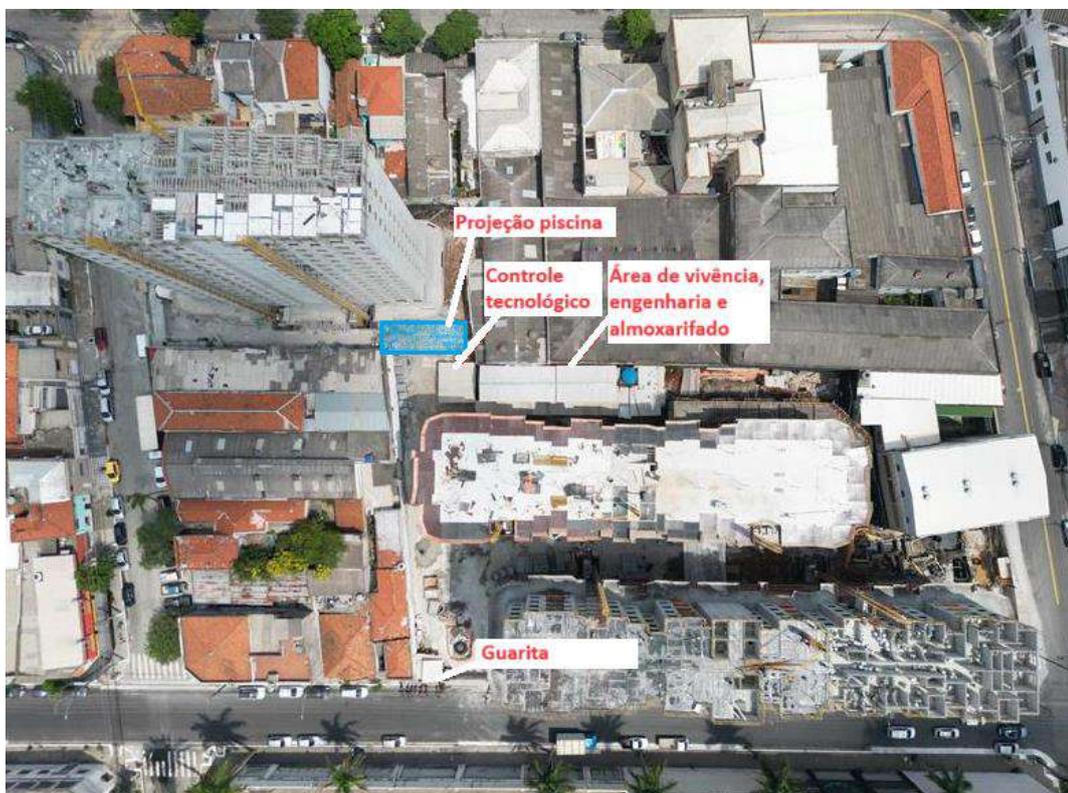
Fonte: Autoria própria (2023)

Os primeiros itens sugeridos pela bibliografia para posicionamento no canteiro são os acessos e a guarita, que nesse caso ficaram definidos com acesso de veículos pela rua principal do empreendimento e acesso de pedestres e guarita na rua Cajuru, do empreendimento vizinho.

Além do controle de acesso de pessoas, foram compartilhadas as áreas de vivência, escritório e controle tecnológico (concreto e sala de prismas para alvenaria estrutural) que ficaram próximos

à ligação entre os dois canteiros durante 10 meses, o que postergou a execução da piscina do empreendimento do Caso A, como identificado na Figura 27.

Figura 27 - Guarita, área de vivência e engenharia - Caso A



Fonte: autoria própria (2023)

Além desses itens de maior impacto, a baía de resíduos perigosos e resíduos recicláveis também ocupou uma área não mais do terreno do Estação Bresser e sim do canteiro da obra vizinha.

Outra dificuldade encontrada para acesso, foi a necessidade de execução do aterro do terreno durante a etapa de terraplenagem, uma vez que o empreendimento foi projetado com uma cota de alagamento, ou seja, acima da cota da rua, por se encontrar em uma região com ocorrência de alagamento. Com isso, a entrada de caminhões ocorre pela lateral do terreno através de uma rampa, conforme mostrado na Figura 28, local onde será a localização da portaria permanente do empreendimento. Dessa forma, o início da construção da portaria é adiado até a conclusão da estrutura, devido ao acesso dos caminhões por essa região.

Figura 28- Acesso caminhões - Caso A



Fonte: autoria própria (2023)

As cremalheiras foram posicionadas conforme havia sido previsto no layout inicial, de forma a abastecer os dois lados da torre e permiti a execução alternada e independente da estrutura entre os trechos, conforme exemplifica a Figura 29. Além disso, foi o local considerado de melhor acesso para sua montagem e desmontagem.

Figura 29 - Divisão da estrutura em trechos - Caso A



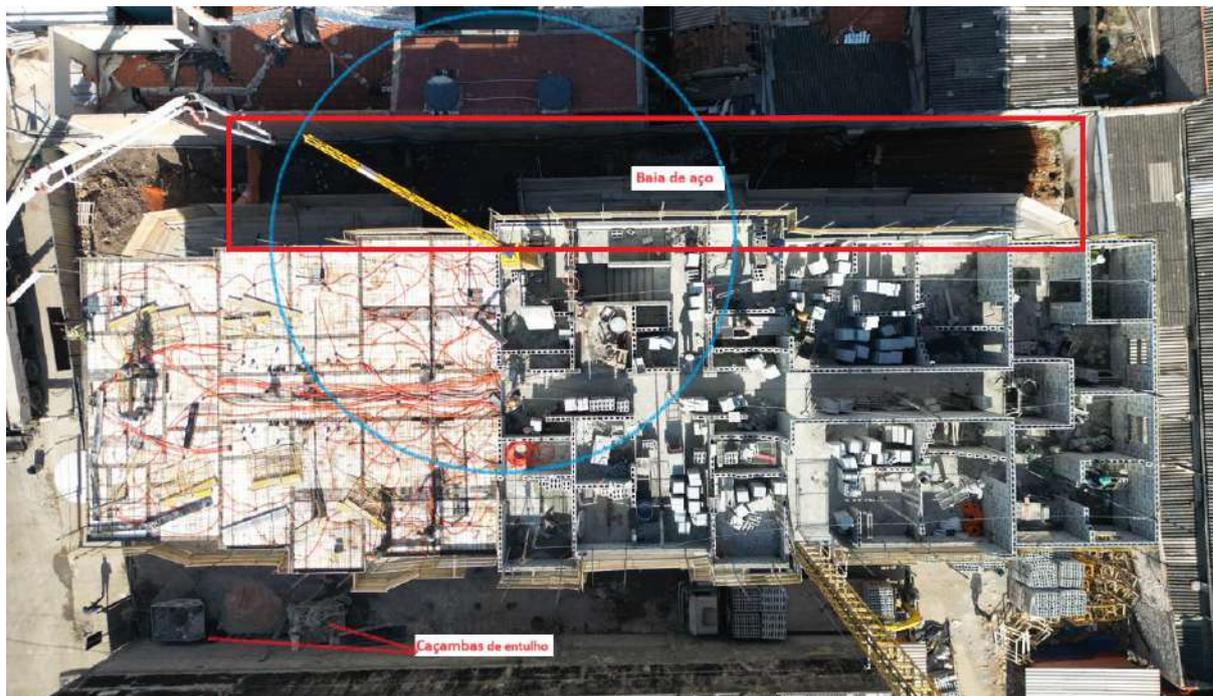
Fonte: autoria própria (2023)

Cada cremalheira foi posicionada no baricentro do referente trecho, de modo a reduzir o deslocamento horizontal, principalmente na fase de acabamento. Porém, na fase da estrutura, impossibilita a execução sequencial da montagem do assoalho e grauteamento do respaldo, uma vez que não é possível se deslocar com carrinhos no pavimento com o assoalho montado. Tal situação pode ter um impacto no prazo da obra.

As cremalheiras foram alocadas nos apartamentos de final 05 e 07, na parede da janela da sala. Desse modo, não há interferência com algumas atividades predecessoras de acabamento, como instalações embutidas, ou revestimento cerâmico.

Denominada mini grua pela empresa, esse equipamento foi deslocado para a outra face do empreendimento, onde ficará o acesso para a churrasqueira e o redário. Para a projeção da grua foi deslocado o armazenamento do aço Figura 30. A partir da mesma figura, foi possível verificar que o equipamento mini grua, na verdade é uma grua, devido ao tamanho da lança ser superior a 6m, conforme definido pela NR 18 (MTE, 2021). Quando foram constatadas condições de uso inadequadas nas chapas compensadas utilizadas na forma da laje, tais como, empenamento, quebra e recortes incorretos, o transporte vertical foi atendido com a grua.

Figura 30 - Baia de aço e raio da grua - Caso A

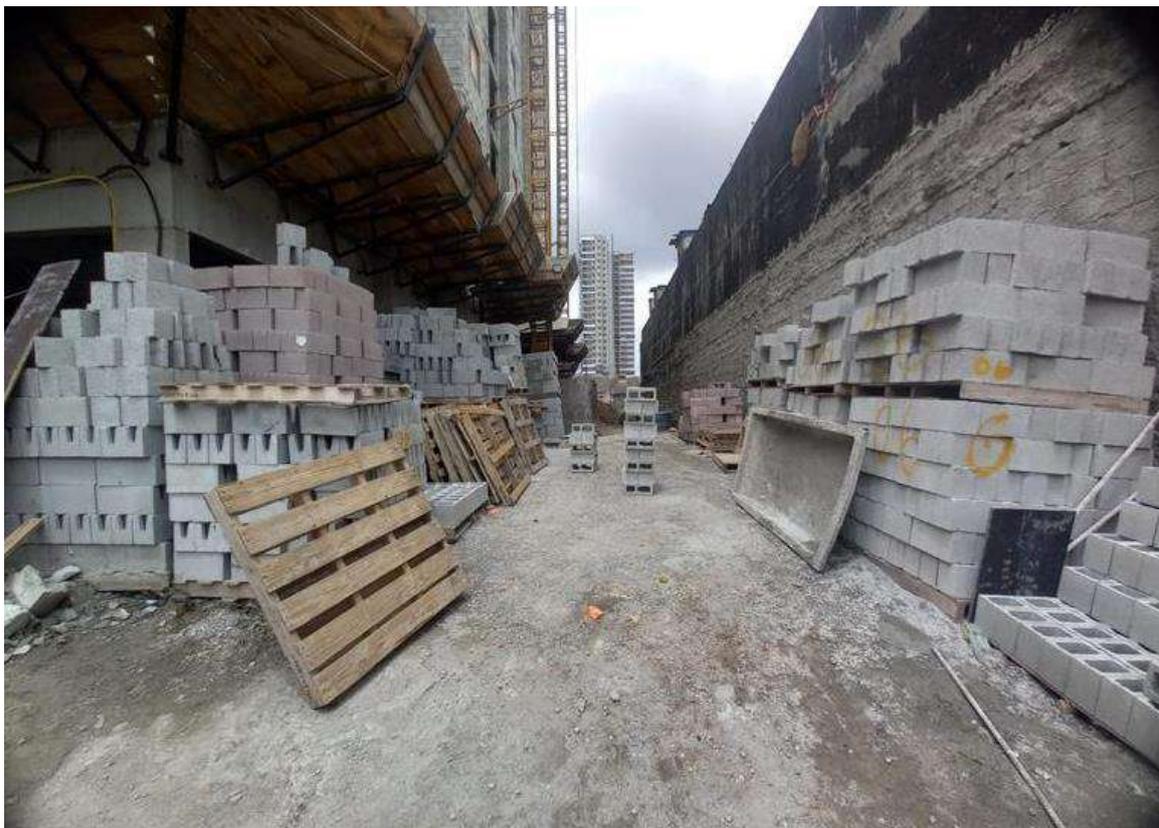


Fonte: autoria própria (2023)

Para a descarga de aço na obra, com a baia no local identificado na Figura 30, foi necessário cerca de 4 funcionários e 6 horas para transporte do material até o local definitivo de armazenamento, aproximadamente 18 metros, o que caracteriza um duplo manuseio. Apesar de ser um desperdício, em comparação à proposta inicial, ao menos o aço se tornou o único material com essa perda em transporte.

Em frente às cremalheiras e em suas laterais ficou disposto o armazenamento dos blocos, criando um caminho para passagem de caminhões (Figura 31). Os blocos foram dispostos dessa maneira pois o descarregamento é feito pela lateral do caminhão, além de ficarem mais próximos ao transporte vertical, em média 8 metros.

Figura 31 - Baias de blocos - Caso A



Fonte: autoria própria (2024)

Já o silo de argamassa, foi alocado na futura área decorada descoberta (churrasqueira), em frente ao salão de festas. Dessa forma, é possível abastecer o silo com caminhão e o deslocamento até os elevadores cremalheiras é de 14 e 23 metros. Como foi instalado apenas um silo o *backup* para possíveis imprevistos é feito através de argamassa ensacada, armazenada na projeção da torre, onde será a brinquedoteca, sala games e unidades térreas.

Outra decisão do processo de produção para a alvenaria estrutural é a utilização de uma baia ou o bombeamento do graute, caso ele seja usinado. Neste caso, utilizou-se de baia pois o volume de graute em cada etapa não viabilizava financeiramente a locação de uma bomba. Outro aspecto que balizou essa decisão foi o domínio por parte da equipe técnica dessa opção. Dessa forma, a estratégia utilizada foi o uso de reservatórios de água adaptados (Figura 32), ao invés da convencional baia em alvenaria.

Figura 32 - Baia de graute - Caso A



Fonte: autoria própria (2024)

Essa opção possibilita um fácil deslocamento da baia, que é interessante para a logística do canteiro restrito, uma vez que possibilita o uso do espaço de maneira mais otimizada.

Além disso, em dias de concretagem a bomba e a betoneira ficam na rua Cesário Alvim, possibilitando o fluxo interno de materiais.

O entulho é transportado por elevador cremalheira e disposto em caçambas que ficam na rua Cesário ou na lateral de acesso. Foi informado que duas caçambas atendem a obra, sendo uma de gesso e outra de entulho.

Com o início dos acabamentos foi necessário prever mais áreas de armazenamento, para ensacados, como cimento, argamassa colante, gesso e cal, cerâmica, tubos de pvc, tintas, esquadrias de alumínio e de madeira, louças, dentre outros.

Os ensacados, cerâmicas, materiais hidráulicos e elétricos eram armazenados no 1º pavimento da torre da obra vizinha mais próxima ao empreendimento Estação Bresser. Dessa forma, além do deslocamento vertical da própria torre do empreendimento, foi necessário um segundo deslocamento vertical, na torre de armazenamento, também por cremalheira. O deslocamento horizontal de aproximadamente era de 40 metros, com caminho com base britada ou de sobras de concreto e graute, ou seja, não é totalmente regular. Esse tipo de base, mesmo não sendo regular, auxilia no transporte se comparado com uma base de solo natural. A descarga dos materiais foi pela rua Cajuru e próximo ao local de armazenamento.

Na projeção da torre, no térreo, no trecho em que foi possível executar as infraestruturas enterradas e o piso de concreto, ficaram principalmente as peças dos elevadores, algumas placas de gesso, latas de impermeabilizantes, alguns ensacados, aço e o controle tecnológico (Figura 33). O primeiro pavimento, nesta fase, ainda se encontrava sem o acabamento fino por conta da área de armazenagem, onde ficaram principalmente os caixilhos de alumínio.

Para os demais materiais, como chapas de gesso, esquadrias de madeira, piso laminado e louças, a prática adotada foi alinhar com fornecedores a distribuição nos pavimentos no mesmo dia da descarga.

Figura 33 - Projeto de Canteiro Fase Acabamento - Caso A



Fonte: Autoria própria (2023)

Considerando a dificuldade de armazenamento, surgiu a boa prática de comunicação preliminar com fornecedores e empreiteiros assim que contratado o serviço ou produto, para alinhamento das práticas que seriam adotadas para contornar a dificuldade logística que o canteiro apresenta.

A execução do piso sobre solo desse empreendimento foi feito durante a execução da estrutura. Essa é uma premissa da construtora, pautada na diluição do prazo de execução dessa atividade ao longo da atividade principal, que é a estrutura.

O engenheiro residente entrevistado informou que uma boa prática poderia ter sido a execução desse piso antes do início da estrutura, tomando como base os deslocamentos de materiais armazenados na projeção, que causaram um grande desperdício de mão de obra e tempo nesse empreendimento. A proposta alinha-se com a recomendação feita por Illingworth (1993) na literatura, que sugere a criação de espaços utilizáveis o mais cedo possível.

Outro elemento indispensável são as baias de agregados, areia e brita, que foram alocados ao lado de onde ficará a piscina. A previsão era que essas baias se mantivessem nesse local até a execução da fachada.

Outra dificuldade enfrentada nesta obra foi a execução de estacas Strauss de divisa e da piscina, que estavam pendentes, por conta de problemas com vizinhos. Para essa execução, além do deslocamento do próprio tripé pelo fundo e lateral do terreno, o deslocamento necessário ao acesso aos materiais básicos (areia, brita e cimento) foi um empecilho. Ademais, por algumas estacas estarem no local das baias de agregados foram necessários mais de dois manuseios para finalização das mesmas., conforme Figura 34. Destaca-se que esse serviço e dificuldades também foram alinhadas previamente à execução entre empreiteiro e equipe da obra.

Figura 34– Movimentação de equipamento e materiais na execução de estaca Strauss – Caso A



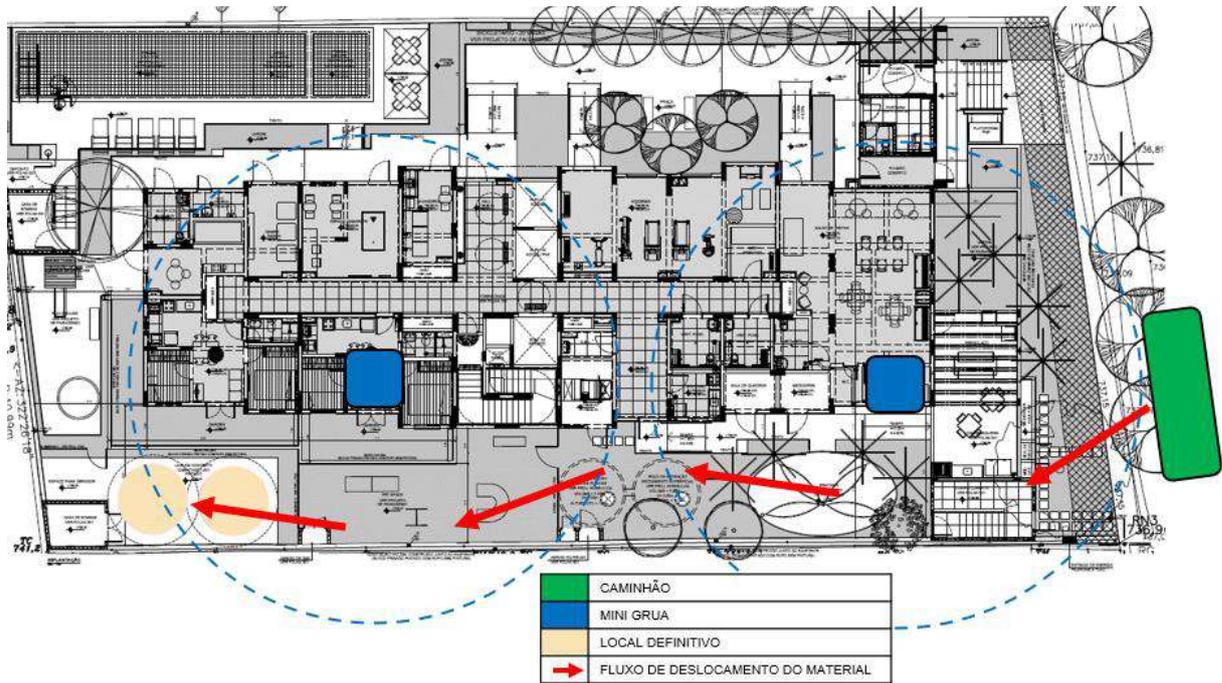
Fonte: Autoria própria (2024)

A descrição da situação supracitada, alinha-se, conforme destacado na bibliografia deste trabalho à diretriz apresentada por Illingworth (1993) que: é fundamental começar a construção por aquela parte do terreno que apresenta os desafios mais complexos. Isso ajuda a evitar problemas futuros, quando a construção de outras partes do edifício dificultaria o acesso a essa área crítica.

Outro desafio que foi destacado foi o posicionamento dos reservatórios inferiores, que são em fibra e estão localizados atrás da torre, local de mais difícil acesso. Os reservatórios possuem cerca de 3 metros de diâmetro e geralmente são içados com guindastes até a posição correta.

Porém, para esse caso, a distância da rua em que o guindaste conseguiria patolar até a base do reservatório está em aproximadamente 50 metros, o que exigiria um guindaste muito grande e realizar o acesso pelo empreendimento vizinho, pela rua Cajuru terá dificuldade com o giro, por conta da torre já finalizada do Bresser e vizinhos, e espaço para patolar, devido à baía de graute da obra vizinha. A opção que se viabilizou foi a montagem de duas mini guas para içamentos da lateral da churrasqueira até a base dos reservatórios e posicionamento final, conforme Figura 35.

Figura 35- Fluxo do transporte dos reservatórios inferiores – Caso A



Fonte: autoria própria (2024).

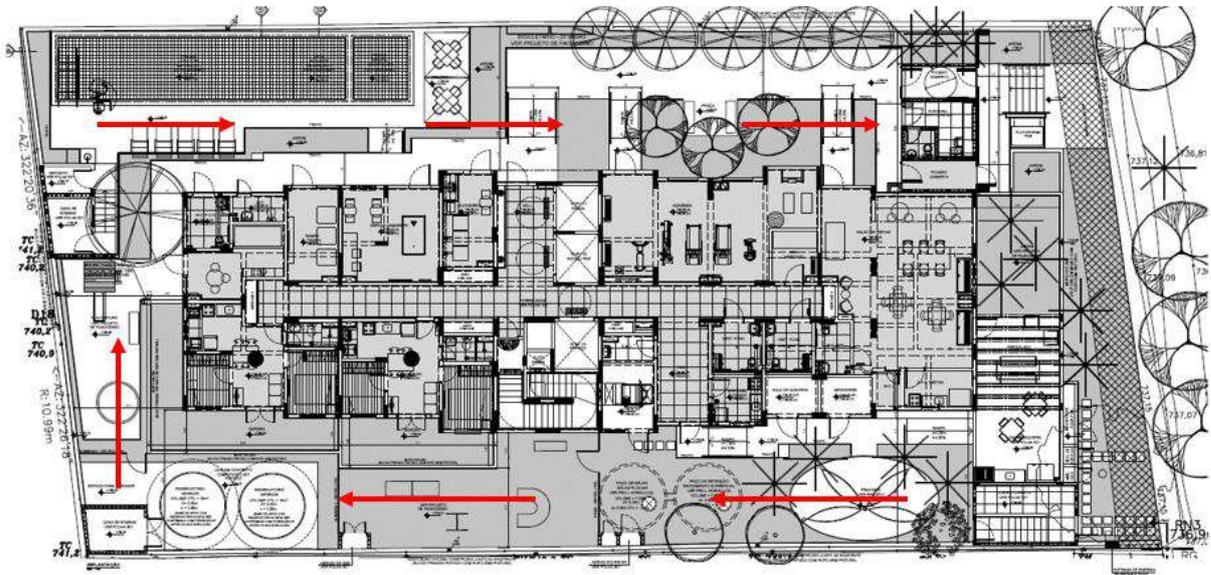
Foi evidenciado que não existem outros layouts já definidos para as próximas fases que terão início, como fachada e infra enterrada, e não há revisão periódica do layout de acordo com as retroalimentações que surgem no decorrer da obra.

Durante o desenvolvimento deste estudo, foi evidenciado que não havia outros layouts definidos para as fases que teriam início, como fachada e infra enterrada, e não havia revisão periódica do layout de acordo com as retroalimentações que surgem no decorrer da obra.

Para a etapa seguinte, de execução de infraestrutura enterrada, existia um plano de ação desenhado, que também se alinhava com a premissa de fronteira de Illingworth (1993), comentada anteriormente. Essa etapa é importante para as ligações de concessionária, aprovação do sistema de incêndio pelo corpo de bombeiros e consequente emissão do Habite-se da obra. Uma vez que a execução dessas infraestruturas fica limitada ao término da circulação de veículos pesados no canteiro, para que não haja rompimento de redes, ela é um grande gargalo para obras sem subsolos.

O plano de ataque foi definido conforme a Figura 36, iniciando do trecho de maior dificuldade de acesso e finalizando na entrada de veículos da obra, local da portaria definitiva.

Figura 36- Plano de ataque Infraestrutura Enterrada - Caso A



Fonte: Autoria própria (2023)

4.2.2 CASO B

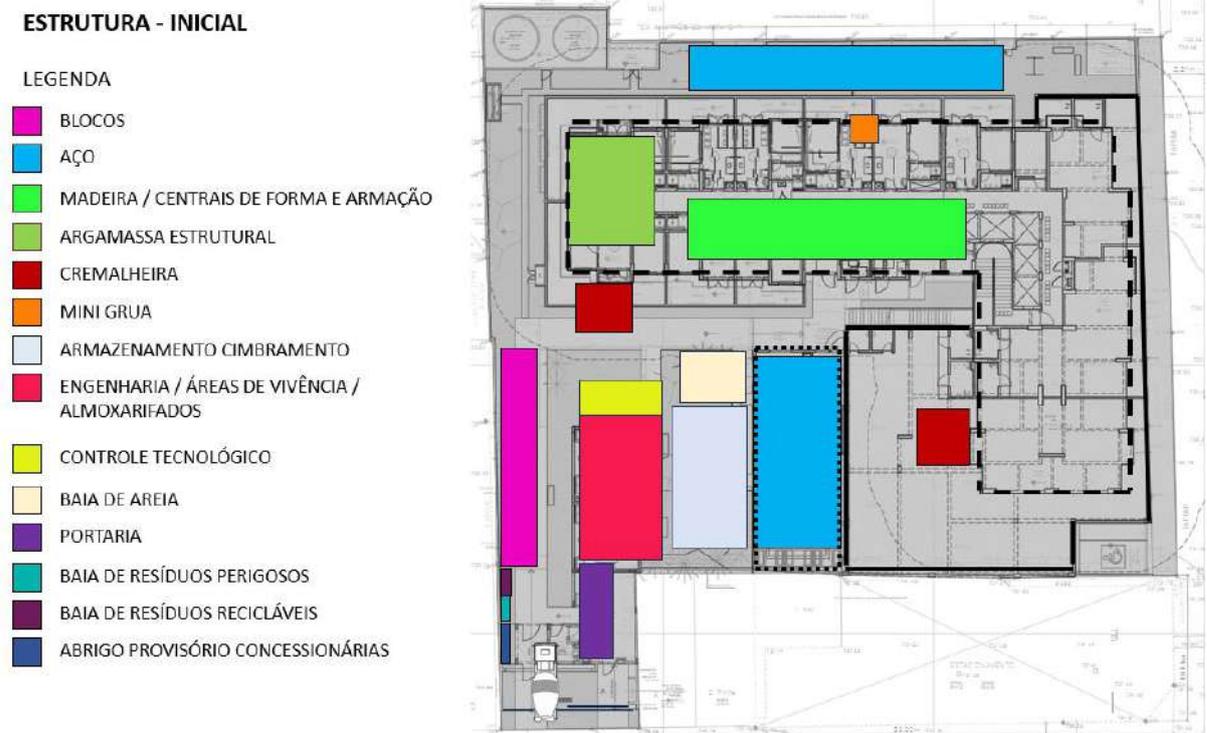
A fase de planejamento do canteiro, definições prévias, para o Caso B ocorreu da mesma forma que o Caso A. Porém, não há registro de documentação do projeto proposto.

Foi evidenciado que para nenhuma das fases de execução do empreendimento foi planejado o layout do canteiro. Dessa forma, os layouts apresentados a seguir são uma estimativa do que de fato foi executado com base em entrevistas com engenharia e gerência e análise fotográfica.

Para o Caso B, não se tornou viável a utilização de área complementar ao terreno. Um diferencial desse empreendimento foi a possibilidade de utilização das áreas que seriam destinadas às três lojas no térreo. Como essas áreas teriam poucos serviços de acabamento a serem executados, elas garantiram uma área coberta por longo prazo para armazenamento. Porém, a execução e liberação dessas áreas só ocorreu no decorrer da execução da estrutura, sendo de fato aproveitadas na fase de acabamento.

O layout inicial do canteiro contava com apenas um acesso, pela rua Faustolo, e áreas de vivência, engenharia e controle tecnológico em estrutura provisória de madeira na região central do terreno, próximo ao acesso, conforme Figura 37.

Figura 37 – Layout de canteiro na fase inicial de obra – Caso B



Fonte: autoria própria (2024)

Apesar das áreas de projeção não possuírem nessa fase piso concretado, foi executado um piso provisório com brita e residuais de concreto na periferia, o que auxiliou no transporte de materiais nessa fase (Figura 38).

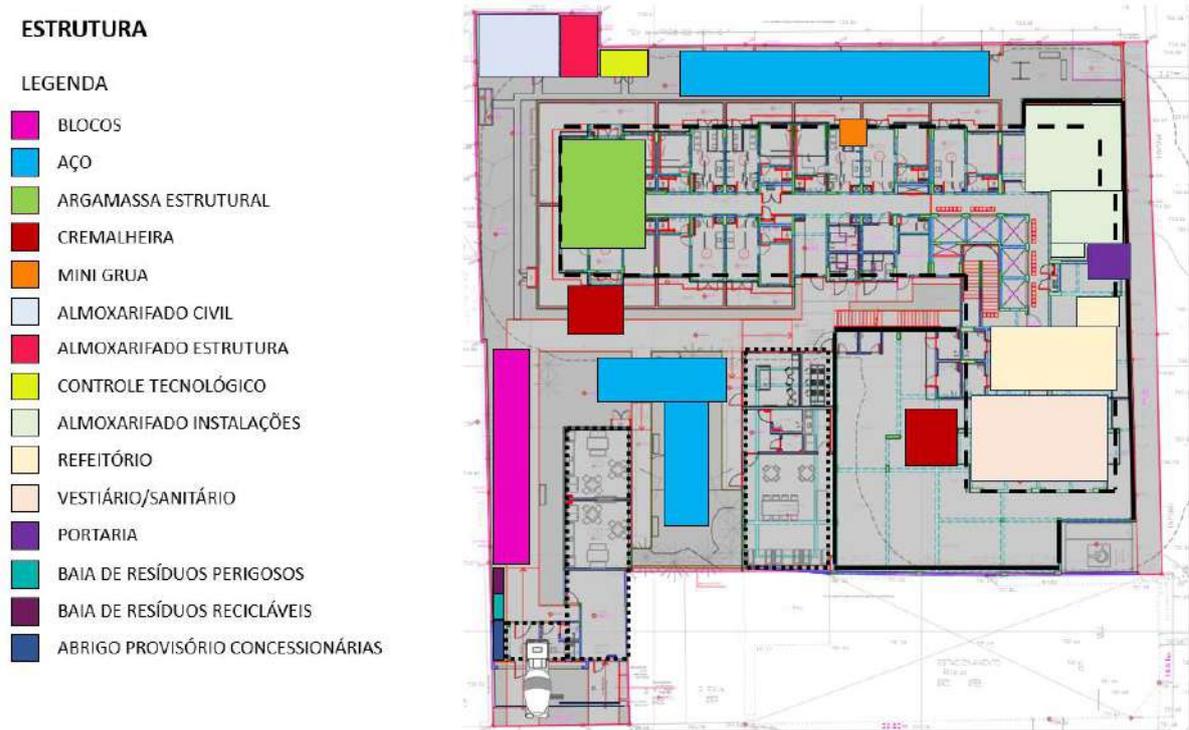
Figura 38 - Circulação fase inicial de estrutura - Caso B



Fonte: adaptado de Construtora (2022)

Com a evolução da estrutura, e liberação do piso acabado das áreas previstas das futuras lojas do empreendimento, além do aumento do efetivo da obra, foi necessário realizar alterações no layout do canteiro para atendimento das novas demandas. O layout existente nessa fase é o apresentado na Figura 39.

Figura 39 - Layout do canteiro na fase de estrutura - Caso B



Fonte: autoria própria (2024)

Quanto aos acessos a essa obra, foram criadas duas entradas: uma de veículos, pela rua de trânsito mais leve (rua Faustolo); e outra de pessoas, pela rua com trânsito mais intenso (rua Caio Graco). Possivelmente, as estruturas e a projeção do empreendimento foram os fatores que mais influenciaram na localização desses acessos.

Na rua Caio Graco, o empreendimento possui uma fachada ativa, são onde estão os acessos das três lojas, conforme Figura 40, enquanto na rua Faustolo existe apenas a estrutura da portaria definitiva e lixeira, dessa forma retardou-se a execução dessa estrutura anexa para permitir o acesso de veículos na obra.

Figura 40- Acesso portaria rua Caio Graco - Caso B



Fonte: adaptado de Construtora (2022)

Nessa etapa, com o piso sobre solo da projeção da torre executado, foi possível alocar o refeitório, vestiário e sanitários em um local em que não precisaria ser realocado de forma breve, apenas próximo à finalização da obra.

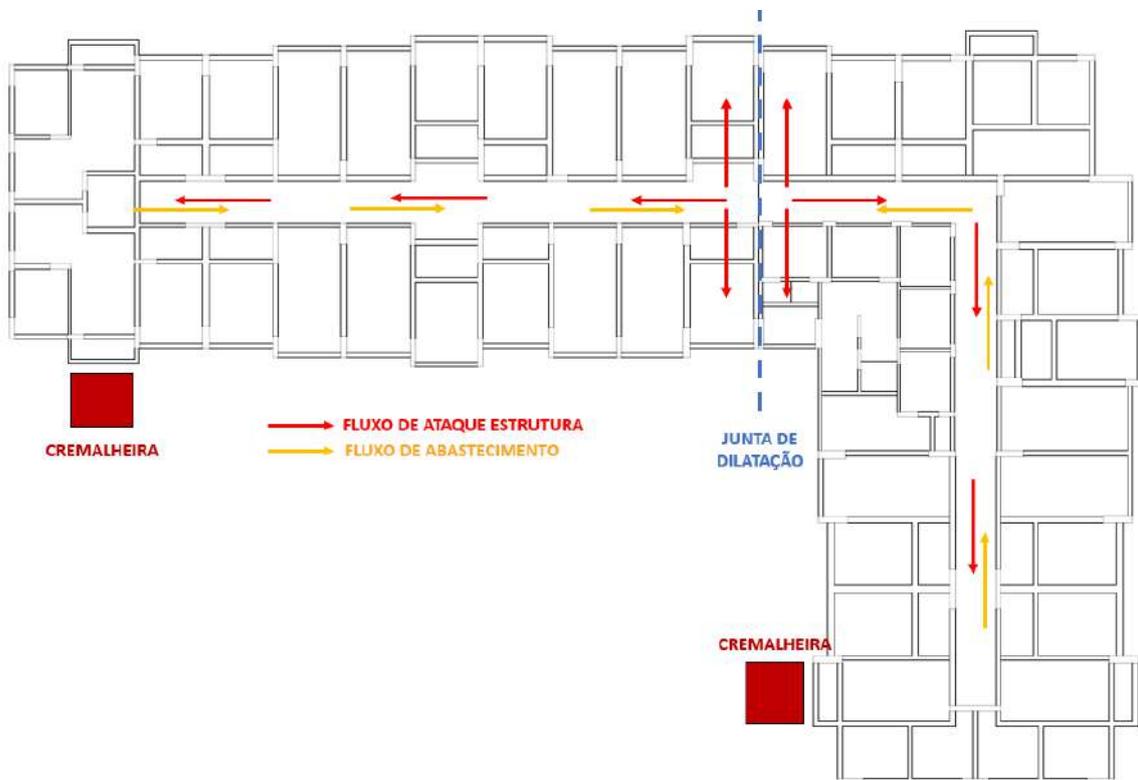
A descrição da situação supracitada, alinha-se, conforme destacado na bibliografia deste trabalho, com a diretriz apresentada por Illingworth (1993) que: é crucial criar áreas utilizáveis no nível do térreo o mais cedo possível. Isso possibilita a instalação de facilidades temporárias e áreas de armazenamento, tornando mais fácil o acesso de veículos e pessoas.

Além disso, essa abordagem confere uma estabilidade de longo prazo a essas instalações temporárias.

A engenharia, nesse momento, havia sido transferida da estrutura provisória de madeira para duas unidades no segundo pavimento, porém essas unidades só possuíam gesso liso, ou seja, não estavam finalizadas e os serviços sucessores foram postergados.

O posicionamento da cremalheira atendeu a premissa de sequenciamento da estrutura (Figura 41). No entanto, na fase de acabamento, ocasionou um impacto no deslocamento horizontal no pavimento, pois, enquanto uma cremalheira ficou muito próxima aos materiais, a outra se distanciou em aproximadamente 40 metros (Figura 42). Todos os materiais utilizaram esse meio de deslocamento vertical, com exceção do aço.

Figura 41 - Fluxo de ataque estrutura x Fluxo de abastecimento - Caso B



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 42 - Posicionamento cremalheiras - Caso B



Fonte: Construtora (2023)

Foi definida a execução da alvenaria estrutural com argamassa ensacada. O armazenamento e o processamento intermediário da argamassa exigiram uma área de aproximadamente 20% da área total coberta disponível no canteiro, que ficou disposta próximo a cremalheira do trecho A. Os blocos tinham área de armazenamento na lateral de acesso de caminhão, de forma a facilitar a descarga do material.

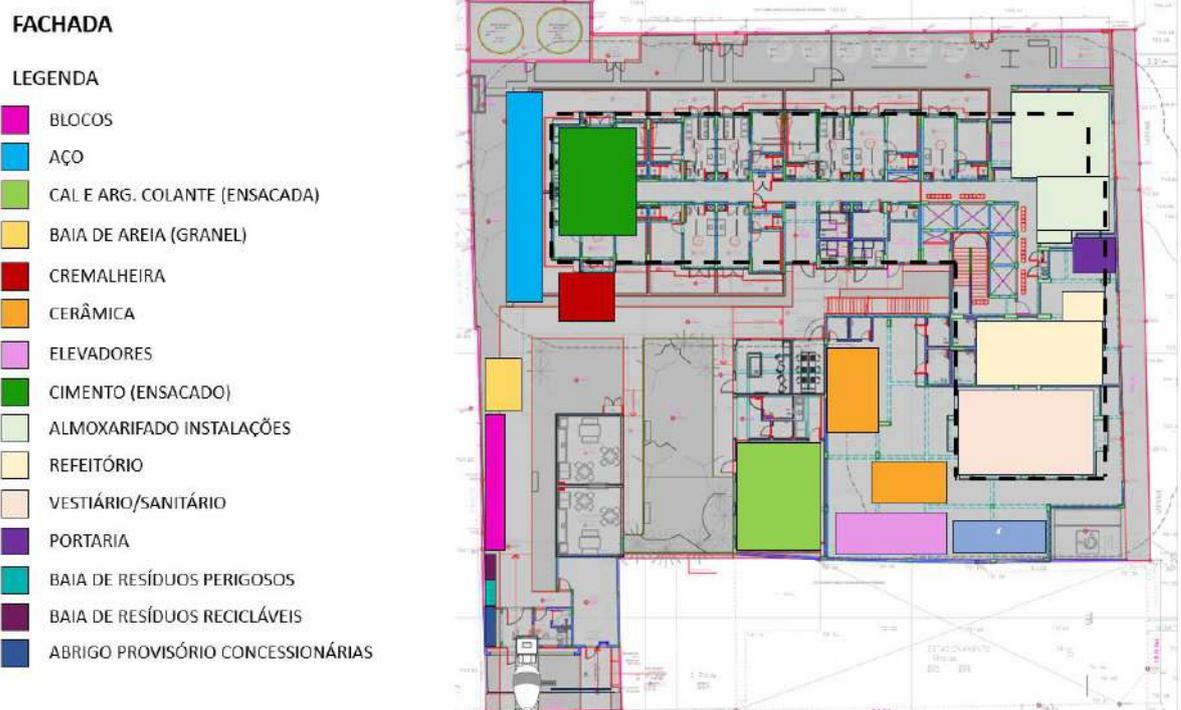
O transporte vertical do aço era feito através de uma mini grua que foi posicionada no trecho A, voltada ao fundo do terreno, onde estava localizado parcialmente um estoque de aço. Essa obra sofreu impacto no fornecimento desse material devido ao aumento de preços durante a pandemia de COVID-19, o que desencadeou a compra e recebimento de todo o aço para execução da estrutura durante o início da mesma, ao invés de recebê-lo diluído no prazo de execução. Essa ação dificultou ainda mais a logística nessa fase.

Outro fator característico da alvenaria estrutural que impacta no canteiro de obras é a demanda por área para armazenamento dos corpos de prova da alvenaria, denominados prismas, para controle tecnológico, que ficou, nessa fase, em um ambiente em madeira, próximo aos almoxarifados.

Os resíduos perigosos, caçambas e baias de resíduos ficaram dispostos próximo ao acesso de veículos, o que facilitava a remoção.

Ao ingressar para a fase de acabamentos e fachada, o layout do canteiro sofreu algumas modificações, conforme Figura 43.

Figura 43 - Layout do canteiro na fase de fachada - Caso B



Fonte: autoria própria (2024)

As centrais de processamento intermediário foram feitas no pavimento tipo, em dois níveis, e os compressores ficavam no térreo, na projeção da torre. Dessa forma, havia um armazenamento intermediário no pavimento em que a central estava instalada de cimento, cal e areia, que era ensacada na implantação e levada ensacada até a central.

As cerâmicas, argamassas colantes, peças dos elevadores foram dispostas na projeção da piscina e áreas decoradas anexas do primeiro pavimento, que foram executadas durante a finalização da estrutura do tipo. Essa área faz parte de uma das lojas do empreendimento.

A cal e a argamassa colante ficaram na projeção do anexo do salão de festas, outra área decorada. O armazenamento nesses ambientes decorados retardou a execução da alvenaria e acabamentos subsequentes dessa área.

Os demais materiais de maior volume, como louças, esquadrias metálicas e de madeira, piso laminado, foram distribuídos nos pavimentos tipos. Nessa etapa, o almoxarifado foi realocado para o primeiro pavimento, assim como outros materiais de menor volume, o que também retardou o início da alvenaria interna das unidades desse pavimento.

Com o avanço da execução dos blocos e baldrames e estrutura dos anexos, os acessos e caminhos de deslocamento pela implantação não estavam cimentados (Figura 44), dessa forma dificultavam o transporte horizontal em períodos com mais chuva. No entanto, nesse período os pisos sobre solo de toda a projeção do tipo estavam executados, o que auxiliou no transporte entre trechos do térreo.

Figura 44 - Acesso de veículos e circulação na implantação fase de acabamento - Caso B



Fonte: adaptado de Construtora (2023)

A área de churrasqueira foi executada nesta etapa, garantindo de forma tardia uma nova área coberta para armazenamento e processamento.

No início da execução da infraestrutura enterrada, após término da fachada, tinha-se o layout exemplificado na Figura 45.

Figura 45 - Layout do canteiro na fase de acabamento e infraestrutura enterrada - Caso B

ACABAMENTO/INFRA ENTERRADA**LEGENDA**

| | |
|---|-------------------------------------|
|  | BLOCOS |
|  | AÇO |
|  | CAL E ARG. COLANTE (ENSACADA) |
|  | BAIA DE AREIA E BRITA (GRANEL) |
|  | CREMALHEIRA |
|  | CERÂMICA |
|  | ELEVADORES |
|  | CIMENTO (ENSACADO) |
|  | CENTRAL DE ARGAMASSA / COMPRESSORES |
|  | ALMOXARIFADO INSTALAÇÕES |
|  | REFEITÓRIO |
|  | VESTIÁRIO/SANITÁRIO |
|  | PORTARIA |
|  | BAIA DE RESÍDUOS PERIGOSOS |
|  | BAIA DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS |
|  | ABRIGO PROVISÓRIO CONCESSIONÁRIAS |

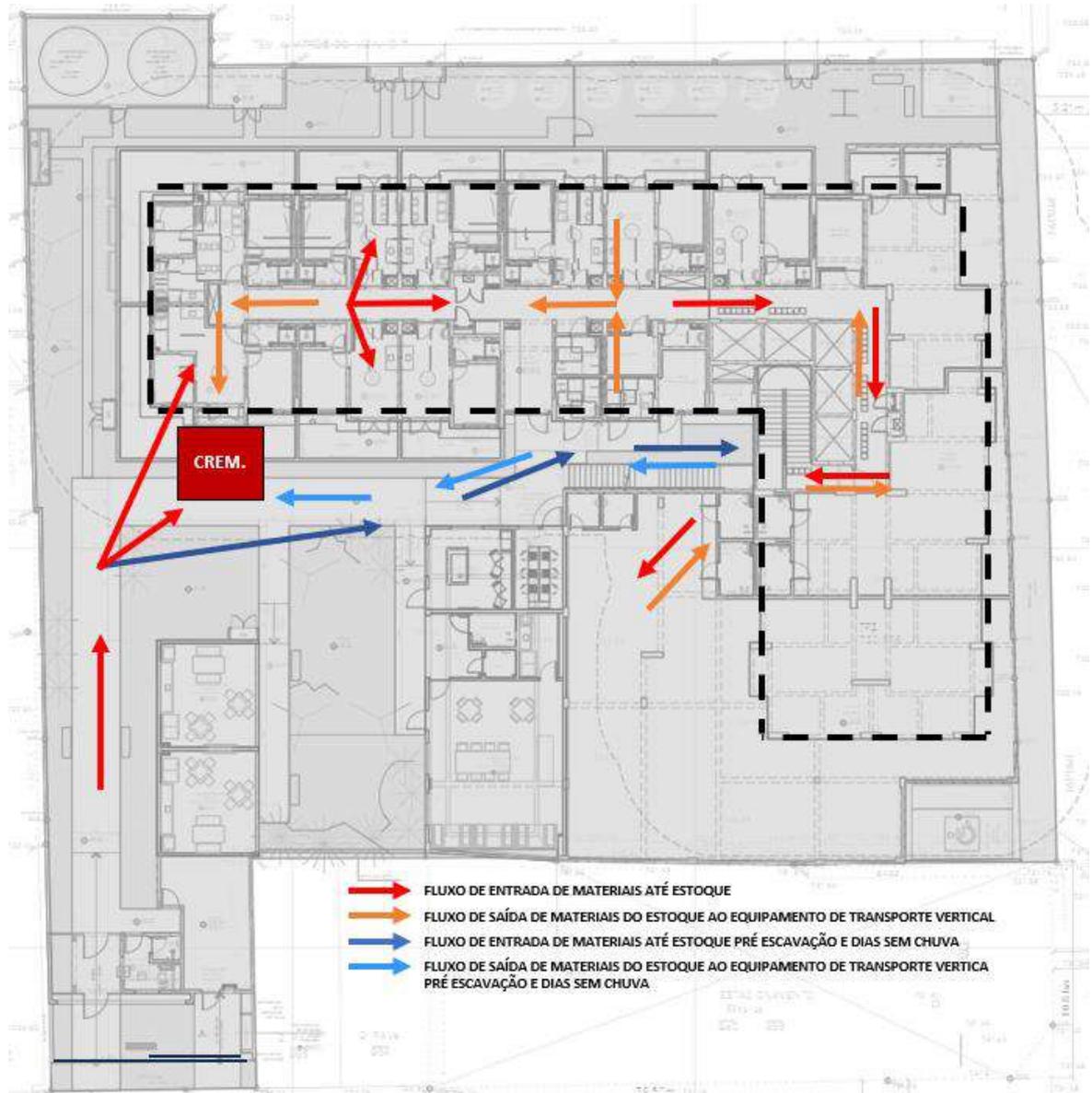


Fonte: autoria própria (2024)

Durante essa etapa, aproximadamente quatro meses antes do término do prazo de obra, ainda era preciso posicionar os reservatórios inferiores com caminhão Munck, receber cargas de ensacados e cerâmica, além de outros materiais de grande dimensão, como a pressurizadora da escadaria, e retirar a cremalheira que estava na obra pelo atraso na liberação dos elevadores definitivos, para assim, executar a estrutura da portaria e liberar a execução da infraestrutura enterrada com auxílio de uma mini escavadeira.

Com materiais dispostos em diversas áreas do térreo, o fluxo de materiais teve grande impacto nessa fase. Na Figura 46, foram representados os fluxos de materiais correntes nessa etapa, tendo grande impacto durante períodos com chuva e durante a escavação de valas, conforme exemplifica a Figura 47, uma vez que o trecho horizontal mais curto ficava interditado.

Figura 46 - Fluxo de transporte de materiais - Caso B



Fonte: autoria própria (2024)

Figura 47 - Trecho utilizado para transporte horizontal interditado - Caso B

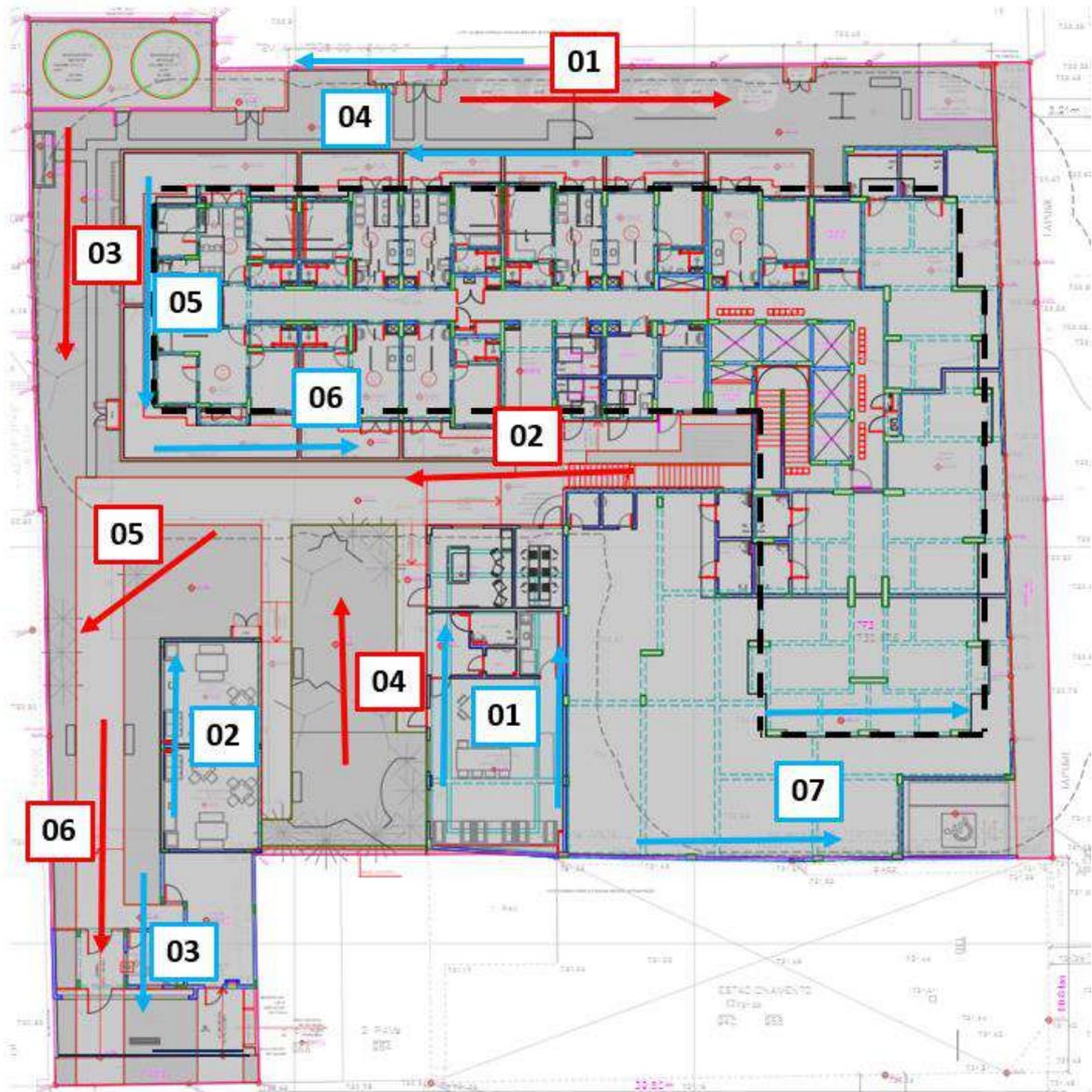


Fonte: autoria própria (2023)

Devido ao impacto que a execução da infra enterrada ocasionaria foi elaborado um plano de ataque, iniciando pelos fundos onde havia seis reservatórios enterrados de retardo e reaproveitando, de quatro metros de profundidade.

Neste plano, também foi considerada toda a estrutura e alvenaria pendente, de forma que não houvesse interferências entre esses serviços. Na Figura 48 é possível observar o plano elaborado. Em vermelho está identificado o fluxo da infraestrutura enterrada e em azul o fluxo da execução das estruturas e vedações pendentes.

Figura 48 - Fluxo de execução da infraestrutura enterrada e estruturas e vedações pendentes - Caso B



Fonte: autoria própria (2024)

Apesar da elaboração do plano de ataque não houve estudo da logística e layout do canteiro nesse momento.

Após a execução da portaria, foi feita uma abertura nos tapumes da rua Caio Graco para recebimento de materiais pela projeção de uma das lojas. Para avançar com os acabamentos das áreas decoradas e unidades do primeiro pavimento foram necessários diversos manuseios de materiais, uma vez que todas as áreas estavam sendo executadas ao mesmo tempo.

Concomitantemente, as lojas que poderiam receber a maior parte dos estoques de materiais também precisavam ter remanejamento constante para finalização da alvenaria pendente. Dessa forma, com o Caso B, demonstrou-se que para que a premissa de Illingworth (1993) funcione

efetivamente a criação de área no terreno mais cedo possível, deve levar em consideração o acabamento final daquela área, ou seja, recomenda-se que uma área seja utilizada como armazenamento, após a finalização dos serviços a serem executados nela, de forma a não causar interferências posteriores.

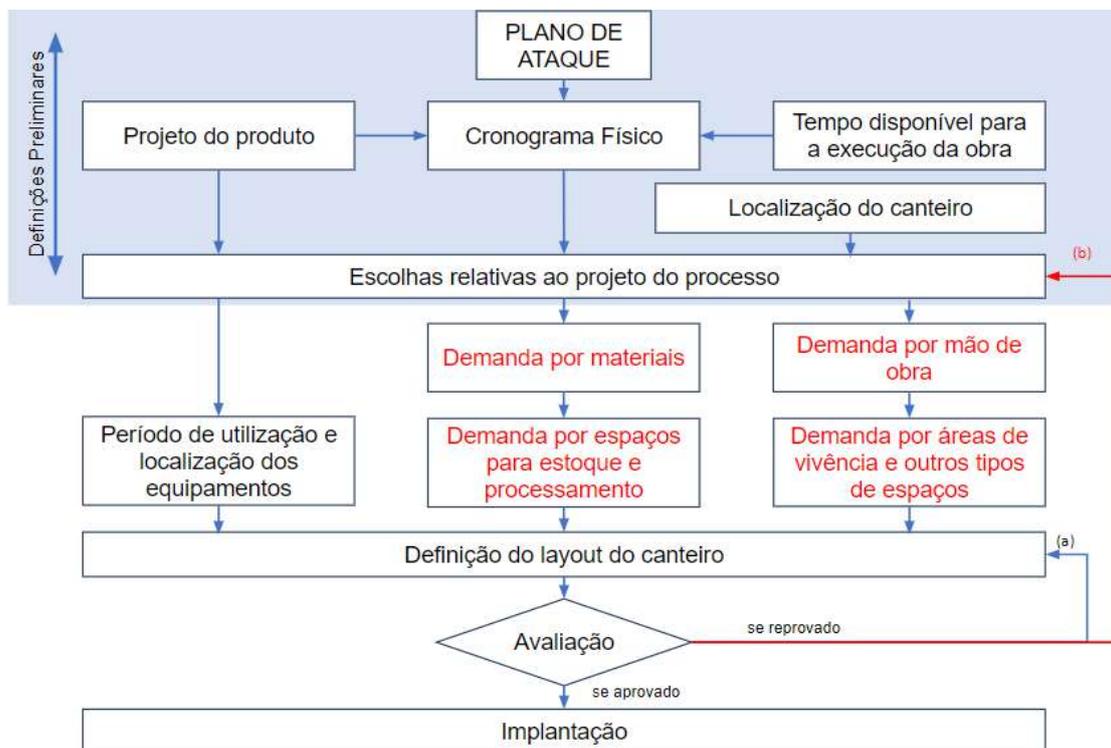
4.3 ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo, são analisados os dados obtidos de cada um dos estudos de caso de forma comparativa com os principais tópicos abordados na revisão bibliográfica. Além disso, são propostas outras soluções para os problemas enfrentados e sintetizados os principais parâmetros e interferências desse tipo de terreno para a fase de estrutura e acabamento da obra.

4.3.1 ANÁLISE COMPARATIVA

Foi possível observar que a etapa de planejamento para a elaboração do projeto do canteiro seguiu o mesmo fluxograma nos Casos A e B. Com base no fluxograma proposto por Souza (2000), na Figura 49, as etapas que não foram executadas ou tiveram alguma divergência do modelo proposto, estão identificadas em vermelho.

Figura 49 – Comparativo do fluxograma de atividades para elaboração do projeto de canteiro proposto por Souza (2000) com o aplicado aos Casos A e B



A grande divergência entre a proposta de Souza (2000) e a realizada nos casos estudados é a utilização apenas de base histórica para estimar meios de transporte necessário e demanda por materiais e mão de obra.

Em ambos os casos, não foi feito o cálculo da demanda e dimensionamento dos espaços na proposta de layout inicial, o que ocasionou alterações no início da obra. Estas alterações foram avaliadas pelo engenheiro responsável, tendo uma base de dados, como projetos e cronograma, mais desenvolvida. Neste momento, foram estudados e revalidados o plano de ataque e decisões relativas ao projeto do processo, porém, novamente sem o dimensionamento das áreas demandadas para o canteiro.

Outro ponto a ser destacado com a análise dos casos é que as fases de mudança de canteiro e seus correspondentes layouts não foram pré-definidos antes do início da obra; sendo considerada apenas a fase de estrutura. Esta conduta ocasionou a necessidade de tomadas de decisões precipitadas no decorrer da obra, gerando certa desorganização, demandando remanejamentos desnecessários de materiais, prejudicando a logística do canteiro, principalmente, na fase de acabamento.

No que se refere ao plano de ataque, apesar de o princípio de priorização da fronteira problemática, sugerido por Illingworth (1993), a ser evidenciado nas etapas analisadas em cada um dos casos, essa prática não foi adotada no início da obra considerando todos os serviços, e da mesma forma, foram criadas poucas áreas no térreo para armazenamento logo no início das atividades.

Para a análise inicial, a bibliografia recomenda o estudo da necessidade de áreas complementares, para o Caso B, não se tem dados registrados dessa análise, porém para o Caso A foi identificado que, na ocasião da definição do projeto, a utilização de área complementar do terreno do empreendimento vizinho seria necessária; dessa forma, não se fez o estudo de outras áreas para locação.

A utilização dessa área complementar liberou cerca de 500m² no terreno do Caso A, o que possibilitou a execução dos serviços sem muitas interferências ou mudança no plano de ataque, sendo o maior impacto negativo o fluxo de materiais e o desperdício com transporte.

Para a elaboração do layout, tanto inicial como o revisado para implantação, observou-se que, em ambos os casos, não houve estudo e registro da identificação de fluxos, de uma matriz de

proximidade desejável e um roteiro pré-definido de posicionamento dos elementos, apenas o histórico da empresa e conhecimento do engenheiro responsável pela sua elaboração.

Foi possível observar que a proposta inicial do layout de canteiro de ambos os casos priorizou o posicionamento do elevador cremalheira conforme sugerido por Saurin e Formoso (2006); a escolha também levou em consideração a chegada em ambiente amplo, nos dois casos a casa de uma unidade. E, para esses casos, o segundo elevador ficou distante do primeiro, para garantir, principalmente, o abastecimento na fase de estrutura da execução em X.

O armazenamento e o processamento dos elementos principais (blocos, argamassa, concreto, graute e aço) variam muito conforme a decisão de seus fornecimentos e logística dentro da obra. Quando à argamassa, por exemplo, ela pode ser fornecida em silo, ensacada ou pronta; pode ser processada no local de aplicação ou em uma central; pode ser transportada em carrinhos, jericas ou bombeada. Decisões similares devem ser tomadas para o fornecimento de bloco e aço e previsão de centrais de processamento e armazenamento.

Para argamassa, no Caso A e B, optaram por processos de produção diferentes, com pontos positivos e negativos em cada um deles.

No Caso A, optou-se pelo fornecimento em silo, com transporte em carrinho por elevador cremalheira, que exige uma área menor no canteiro de obras. No entanto, por precisar de um preparo maior e acesso fácil de caminhão, exigiu que ficasse mais distante dos pontos de transporte vertical.

No Caso B, a área de armazenamento necessária para os ensacados é muito maior que um silo e exigiu uma segunda área de processamento interno, para central de dosagem da argamassa, que ficavam próximas a um dos elevadores cremalheiras.

4.3.2 PROPOSTA DE SOLUÇÕES

Para o Caso A, a principal solução adotada para a implementação do canteiro foi a utilização da área complementar, do terreno vizinho. Caso não houvesse o outro empreendimento para uso complementar dessa área de canteiro, algumas soluções poderiam ser tomadas como a mudança do plano de ataque da obra, que exigiria um estudo mais criterioso e possível impacto no prazo final da obra.

Outro recurso seria o desenvolvimento de um sistema de fornecimento de materiais por demanda, porém essa estratégia exigiria um nível de qualificação dos fornecedores e mão de obra por parte da construtora que, atualmente, é pouco factível. Outra tratativa interessante a se ter com os fornecedores de materiais é o da logística reversa, essa ação pode reduzir área de armazenamento de entulho, além de reduzir custos com descarte desses resíduos.

No nível operacional, uma proposta de solução para o Caso A seria a locação de um equipamento de transporte horizontal, como uma bobcat, que facilitaria e agilizaria a logística desse transporte horizontal. A implementação dessa solução seria viável mediante a criação de um caminho pavimentado, sem grandes desníveis, para a locomoção do equipamento. Ao apresentar essa proposta aos gestores, houve consenso de que tal medida teria contribuído para o progresso da obra, embora tenham alertado quanto ao custo desse equipamento. Para que essa solução se torne viável economicamente, recomenda-se a inclusão desse ponto nas discussões com os fornecedores, considerando a economia de homem-hora na execução do transporte. Além disso, sugere-se que o custo dessa alternativa seja considerado na fase de estudo de viabilidade de empreendimentos situados em terrenos restritos.

Uma solução cabível na fase de estudo de viabilidade do empreendimento, para o caso de não ser possível uma área complementar, seria a alteração do sistema construtivo e do projeto do processo, de modo a demandar uma área menor de armazenamento e processamento. Essa opção requer estudos aprofundados, avaliação cuidadosa durante a fase de estudo de viabilidade do projeto, ou mesmo no momento da aquisição do terreno, para garantir que as condições espaciais atendam às necessidades operacionais da obra.

No Caso B, o estudo da logística e o plano de ataque tiveram grandes impactos no cronograma.

Com base no cronograma da obra, Figura 50, foi realizado um estudo de impacto no prazo com a aplicação da solução de execução de piso sobre solo antes do início da estrutura de concreto armado, sem alteração nos prazos das atividades. O resultado obtido, Figura 51, foi de um atraso para início da atividade de estrutura de 20 dias corridos, ou 3 semanas de trabalho.

Figura 50 - Cronograma da obra - Caso B

| Nome da tarefa | % Completo | Duração | Início | Término |
|--|-------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| OBRA: Vivaz Vila Romana- 389 unidades | 95% | 614 days | seg 03/05/21 9:00 | ter 31/10/23 6:00 |
| Infraestrutura | 100% | 326 days | seg 02/05/22 9:00 | sex 25/08/23 6:00 |
| Redes de Infra | 100% | 307 days | seg 02/05/22 9:00 | seg 31/07/23 6:00 |
| Infra enterrada - Torre Residencial - lojas | 100% | 30 days | sex 17/12/21 9:00 | sex 31/01/22 6:00 |
| Infra enterrada - Torre Residencial - projeção da Torre trecho B | 100% | 73 days | ter 17/05/22 9:00 | sex 26/08/22 6:00 |
| Infra enterrada - Trecho 01 | 100% | 28 days | ter 17/05/22 9:00 | sex 24/06/22 6:00 |
| Infra enterrada - Trecho 02 | 100% | 30 days | seg 04/07/22 9:00 | sex 12/08/22 6:00 |
| Infra enterrada - Trecho 03 | 100% | 40 days | seg 04/07/22 9:00 | sex 26/08/22 6:00 |
| Piso de Concreto | 100% | 377 days | ter 01/02/22 9:00 | seg 14/08/23 6:00 |
| Piso de Concreto Projeção da Torre Residencial (lojas) | 100% | 22 days | ter 01/02/22 9:00 | sex 04/03/22 6:00 |
| Piso de Concreto Projeção da Torre Residencial - Lado B | 100% | 67 days | seg 27/06/22 9:00 | qua 28/09/22 6:00 |
| Estrutura | 100% | 471 days | ter 24/08/21 9:00 | seg 31/07/23 6:00 |
| Estrutura - Torre Residencial (21 pavtos) | 100% | 357 days | ter 24/08/21 9:00 | seg 13/02/23 6:00 |
| Estrutura Convencional | 100% | 71 days | ter 24/08/21 9:00 | seg 06/12/21 6:00 |
| Alvenaria Estrutural - Torre Residencial | 100% | 292 days | seg 29/11/21 9:00 | seg 13/02/23 6:00 |
| Estrutura Periferia - Anexos | 100% | 311 days | ter 26/04/22 9:00 | seg 31/07/23 6:00 |
| Acabamentos | 96% | 614 days | seg 03/05/21 9:00 | ter 31/10/23 6:00 |
| Torre Residencial | 96% | 614 days | seg 03/05/21 9:00 | ter 31/10/23 6:00 |
| Equipamentos de Apoio | 100% | 429 days | qua 22/09/21 9:00 | qui 29/06/23 6:00 |
| Elevadores | 100% | 244 days | seg 19/09/22 9:00 | ter 05/09/23 6:00 |
| Fachada | 100% | 228 days | sex 21/10/22 9:00 | qui 28/09/23 6:00 |

Fonte: Construtora (2023)

Para o estudo foram consideradas as durações de execução de infraestrutura enterrada e piso de concreto, conforme histórico da empresa. Na Figura 51, está grifado em verde a alteração das datas realizada para análise.

Figura 51 - Estudo de prazo para mudança de plano de ataque - Caso B

| Nome da tarefa | % Completo | Duração | Início | Término |
|--|-------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| OBRA: Vivaz Vila Romana- 389 unidades | 95% | 614 days | seg 03/05/21 9:00 | ter 31/10/23 6:00 |
| Fundações | 100% | 456 days | seg 24/05/21 9:00 | qua 05/04/23 6:00 |
| Fundação Rasa | 100% | 418 days | seg 19/07/21 9:00 | qua 05/04/23 6:00 |
| Blocos de fundação + Prova de carga no período | 100% | 59 days | seg 19/07/21 9:00 | sex 08/10/21 6:00 |
| Infraestrutura | 100% | 326 days | seg 02/05/22 9:00 | sex 25/08/23 6:00 |
| Redes de Infra | 100% | 307 days | seg 02/05/22 9:00 | seg 31/07/23 6:00 |
| Infra enterrada - Torre Residencial - lojas | 100% | 15 days | seg 23/08/21 9:00 | sex 10/09/21 6:00 |
| Infra enterrada - Torre Residencial - projeção da Torre trecho B | 100% | 35 days | seg 13/09/21 9:00 | sex 04/10/21 6:00 |
| Piso de Concreto | 100% | 377 days | ter 01/02/22 9:00 | seg 14/08/23 6:00 |
| Piso de Concreto Projeção da Torre Residencial (lojas) | 100% | 10 days | seg 13/09/21 9:00 | sex 24/09/21 6:00 |
| Piso de Concreto Projeção da Torre Residencial - Lado B | 100% | 10 days | seg 20/09/21 9:00 | qua 30/09/21 6:00 |
| Estrutura | 100% | 471 days | ter 24/08/21 9:00 | seg 31/07/23 6:00 |
| Estrutura - Torre Residencial (21 pavtos) | 100% | 357 days | ter 24/08/21 9:00 | seg 13/02/23 6:00 |
| Estrutura Convencional | 100% | 71 days | ter 13/09/21 9:00 | seg 06/12/21 6:00 |
| Estrutura - Térreo - Junta A | 100% | 25 days | ter 13/09/21 9:00 | sex 22/10/21 6:00 |
| Estrutura - Térreo - Junta B | 100% | 26 days | ter 07/10/21 9:00 | qui 11/11/21 6:00 |
| Alvenaria Estrutural - Torre Residencial | 100% | 292 days | seg 29/11/21 9:00 | seg 13/02/23 6:00 |
| Estrutura Periferia - Anexos | 100% | 311 days | ter 26/04/22 9:00 | seg 31/07/23 6:00 |
| Acabamentos | 96% | 614 days | seg 03/05/21 9:00 | ter 31/10/23 6:00 |
| Torre Residencial | 96% | 614 days | seg 03/05/21 9:00 | ter 31/10/23 6:00 |

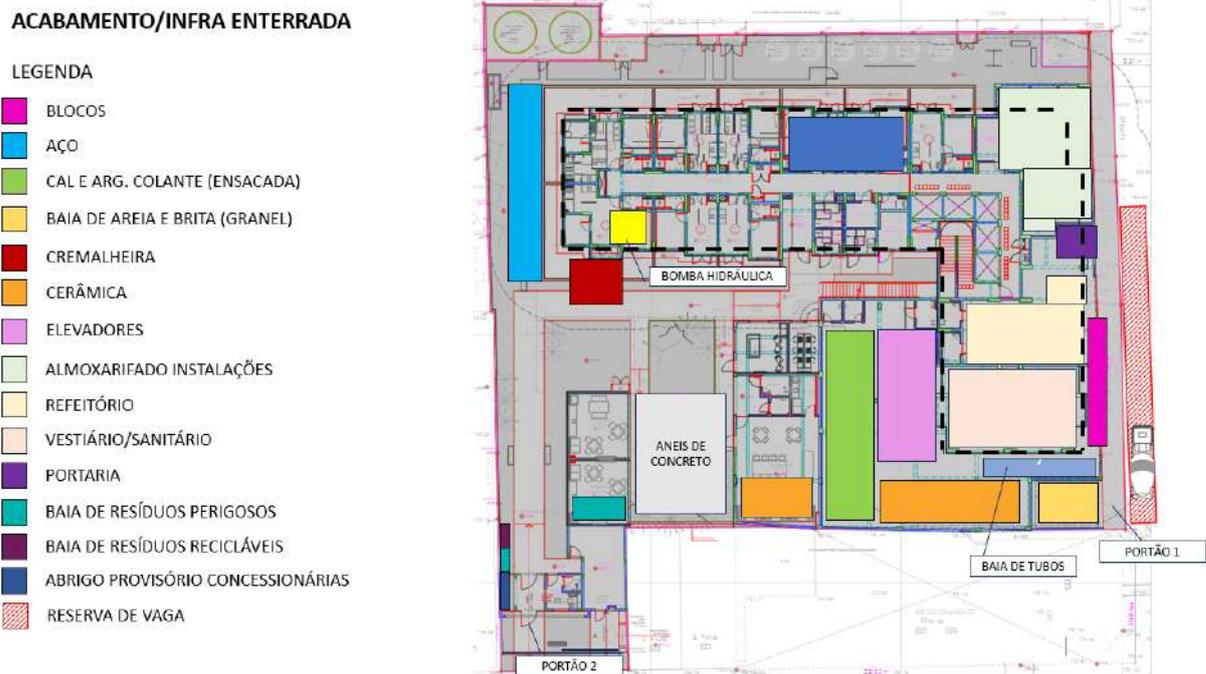
Fonte: Adaptado de Construtora (2024)

Apesar de apresentar a estimativa de atraso no caminho crítico, essa proposta foi bem aceita ao ser apresentada a alguns gestores de obra, devido a:

- a melhoria da logística e armazenamento de materiais, viabilizando a melhoria da produtividade da mão de obra e dos equipamentos;
- a possibilidade de um impacto positivo na redução do prazo de montagem de forma, por estar sendo feita em uma superfície regular;
- o auxílio na redução da perda de concreto, já que dessa forma é muito mais difícil ocorrer algum desnivelamento ou recalque da estrutura provisória de escoramento durante a concretagem, como acontece quando apoiada sobre o solo irregular.

Como alternativa para as fases após estrutura, foi considerada a realização de uma reserva de vaga na rua Caio Graco para carga e descarga de materiais de acabamento e a utilização de carrinhos para transporte interno até os elevadores verticais, de forma a liberar a realização da infraestrutura enterrada e das estruturas anexas, conforme Figura 52.

Figura 52 - Estudo de prazo para mudança de plano de ataque - Caso B



Fonte: Autoria própria (2024)

Nessa proposta, os portões 1 e 2 para carga e descarga são mantidos, mas sem acesso de caminhões no terreno, o que possibilita a abertura de valas. Além disso, o estoque de materiais fica centralizado nas lojas, auxiliando no controle e organização do canteiro.

Essa sugestão de layout, também apresentada para os gestores, é viabilizada pela execução antecipada do piso sobre solo. Quando complementada pela conclusão dos serviços internos antes da utilização do espaço como área de vivência ou estoque, reduz o risco de movimentação posterior dos materiais.

4.3.3 APRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS E INTERFERÊNCIAS

Por fim, foi possível sintetizar os parâmetros e interferências encontrados durante os estudos de caso nas fases de estrutura e alvenaria, apresentados na sequência.

Fase de Estrutura

- **Parâmetros:**

- a) **Estoque Mínimo de Materiais:** o estabelecimento de um estoque mínimo de cada material empregado se mostrou crucial para garantir a continuidade das atividades construtivas e a definição dimensional desse espaço para posicionamento adequado no canteiro de obras;
 - b) **Equipamentos de Transporte e Produção e seus Posicionamentos:** a disposição estratégica dos equipamentos utilizados na fase estrutural impactou diretamente na eficiência e produtividade da obra, destacando a importância de um planejamento cuidadoso nesta área.
- **Interferências:**
 - a) **Área de Estocagem Mínima:** a limitação de espaço para armazenamento de materiais pode gerar interferências significativas, dificultando o acesso aos insumos e comprometendo a fluidez das atividades;
 - b) **Sequência dos Serviços:** o estudo da sequência e prazos dos serviços em ambientes de armazenamento é fundamental para evitar conflitos e garantir que a logística da obra transcorra de forma eficiente.

Fase de Acabamento

- **Parâmetros:**
 - a) **Sequência de Serviços:** a definição de uma sequência, plano de ataque, para a realização dos serviços de acabamento contribui para a otimização dos recursos disponíveis e definição das áreas de estocagem;
 - b) **Estoque Mínimo de Material:** manter um estoque mínimo de materiais, considerando o prazo de entrega junto aos fornecedores e o consumo para a produção considerada em planejamento, é essencial para evitar interrupções no fluxo de trabalho e para a definição das áreas de estocagem;
 - c) **Locais de Estocagem e Fluxo de Transporte:** a escolha adequada dos locais de estocagem e o estabelecimento de um fluxo eficiente de transporte são determinantes para garantir a produtividade.
- **Interferências:**
 - a) **Acessos e Transportes de Materiais x Execução de Infra Enterrada:** a execução de infraestrutura enterrada pode interferir no acesso e no transporte de materiais, de acordo com o projeto do produto, exigindo um planejamento cuidadoso para evitar atrasos e prejuízos;

- b) Entrega Mínima de Materiais: a impossibilidade de entrega de materiais em pequenas quantidades por parte dos fornecedores pode dificultar o armazenamento em canteiros restritos e o controle do estoque;
- c) Controle do Estoque: o controle adequado do estoque, considerando a distribuição dos materiais por pavimento, é fundamental para evitar desperdícios e garantir a disponibilidade dos insumos conforme a demanda.

Dessa forma, recomenda-se a adoção de medidas preventivas e um planejamento detalhado para mitigar os impactos negativos das interferências levantadas, de acordo com os parâmetros definidos como de maior impacto.

5. DIRETRIZES PARA CANTEIROS RESTRITOS

A partir da bibliografia e análise realizada, foi possível propor diretrizes para uma elaboração de projeto de canteiros restrito mais eficiente a fim de minimizar a área necessária para estocagem e aumentar a área disponível.

1) Análise das Áreas Necessárias e Disponíveis

a) Estudo das Áreas ao Longo da Construção

Realizar um estudo detalhado das áreas necessárias em comparação com as áreas que estarão disponíveis ao longo das fases de construção do empreendimento, desde a escavação até a entrega. Avaliar como as necessidades de espaço evoluem e adaptar o planejamento conforme a fase do projeto.

b) Identificação de Terrenos Adjacentes

Considerar a identificação e o orçamento de terrenos próximos ao projeto para abrigar parte do canteiro de obras.

c) Planejamento do Plano de Ataque e Escolhas Referentes ao Sistema Construtivo

Escolher um plano de ataque e/ou método construtivo que minimize a área necessária para estocagem e maximize a área disponível. Considerar ações como:

- **Utilização de materiais que ocupam uma área menor:** por exemplo, o uso de argamassa em silo que reduz a área necessária para armazenamento de argamassa em comparação com o armazenamento de sacos.

- **Iniciar a execução pela fronteira crítica e pelos serviços que liberam áreas de armazenagem:** por exemplo, iniciar o mais cedo possível a execução de pisos sobre solo para aumentar a área disponível.

2) Sistema de Transporte

a) Análise do Sistema de Transporte

Avaliar o sistema de transporte dos materiais para o canteiro de obras. Sistemas eficientes, como guas, podem permitir o armazenamento de blocos diretamente nos andares, promovendo maior flexibilidade no uso do espaço.

3) Planejamento e Compra de Insumos

a) Estratégia de Compra e Estoque

Desenvolver uma estratégia de compra que minimize a área de estoque. Preferir insumos que ocupem menos espaço, como por exemplo a argamassa em silo, que é preferível a argamassa ensacada, que por sua vez é preferível a areia e cimento em termos de espaço de armazenamento.

b) Plano de Suprimentos e Custo

Planejar a programação de suprimentos de acordo com a disponibilidade de estoque e o custo de grandes compras. Avaliar os impactos adicionais, como custo de transporte, atrasos na obra e custos adicionais para fornecedores e empreiteiros. Utilizar das ferramentas de cálculo de demanda.

4) Aplicação da lógica da entrega por demanda

a) Implementação da lógica da entrega por demanda

Aplicar a lógica da entrega de material por demanda para minimizar a quantidade de estoque e ajustar a programação de materiais conforme a demanda. Considerar os benefícios da compra de materiais na quantidade exata necessária para atender aos ciclos de produção.

5) Organização dos Insumos e Layout do Canteiro

a) Proposta de Layout

Desenvolver propostas de layout para o canteiro de obras que otimizem a organização dos insumos, de forma a auxiliar a eficiência do fluxo de trabalho. Avaliar ideias e técnicas que possam melhorar esse fluxo, através de uma matriz de proximidade ideal e análise de fluxos.

A análise das diretrizes deve ser feita de forma concomitante, uma vez que elas estão conectadas e juntas direcionam a uma solução mais assertiva. Além disso, trata-se de um fluxo contínuo e interativo até a proposição de uma solução de projeto de canteiro que mais se encaixe ao caso estudado.

Além disso, é importante que se defina um responsável pela elaboração, implantação e acompanhamento do projeto do canteiro de obras, que seja capaz de avaliar e retroalimentar as áreas envolvidas. É importante que esse responsável tenha acesso ao estudo desde o estudo preliminar, para que consiga incrementar as discussões, inclusive de sistemas construtivos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos Casos A e B revelou algumas lacunas e divergências na elaboração do projeto de canteiro de obras quando comparados com o modelo proposto por Souza (2000). A ausência de cálculos necessários para estimar a demanda por materiais e mão de obra, bem como a falta de predefinição das fases de mudança de canteiro, resultaram em decisões durante a execução da obra que afetaram negativamente a logística e a eficiência do canteiro, especialmente na fase de acabamento.

A não adoção do princípio de priorização da fronteira problemática no início da obra em ambos os casos e a falta de estudo sobre áreas complementares no caso B, também contribuíram para essas dificuldades.

A partir dos problemas identificados em ambos os estudos, foi possível propor algumas soluções diferentes das adotadas para o projeto de canteiro e plano de ataque das obras, considerando os principais parâmetros e interferências nas fases de estrutura e acabamento.

Uma ferramenta não explorada nos casos, mas evidenciada na bibliografia, trata-se da identificação de fluxos e uma matriz de proximidade desejável entre os elementos, ela tem

grande importância para um planejamento detalhado, garantindo uma execução eficiente do projeto de canteiro de obras.

6.1 QUANTO À CONSECUÇÃO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS

No capítulo 4.3.3, “Apresentação dos parâmetros e interferências”, foram discutidos os principais parâmetros e interferências de cada etapa de obra, com base no estudo bibliográfico e as análises dos estudos de caso. A compreensão desses fatores permitiu identificar soluções potenciais para aprimorar a eficiência e a produtividade dos canteiros de obras.

As práticas implantadas nos canteiros restritos da construtora estudada foram discutidas no capítulo 4.2, “Levantamento de dados”. Uma das principais observações foi a presença de práticas similares em ambos os canteiros estudados, destacando-se o uso de ferramentas e equipamentos que auxiliam na logística do canteiro, a elaboração de planos de ataque para atividades críticas e o envolvimento dos fornecedores na etapa da obra, visando à validação desses planos e à proposição de soluções.

Embora não tenha sido identificado o uso de ferramentas específicas para o estudo e controle do canteiro de obras nos estudos de caso, foi possível identificá-las na revisão bibliográfica apresentada no capítulo 3 “Etapas para a elaboração do projeto de canteiro”.

Por fim, no capítulo 5 “Diretrizes para canteiros restritos” foram definidos critérios para o layout de canteiros restritos.

6.2 SUGESTÕES DE TEMAS DE PESQUISA A SEREM ESTUDADOS

Com base na revisão bibliográfica e nos estudos de caso, identificou-se a necessidade de um estudo do impacto em canteiros com projetos elaborados aplicando o Método Sistemático de Planejamento de Layout. Este estudo poderia oferecer resultados valiosos sobre a otimização dos fluxos logísticos e das inter-relações de elementos e espaços.

Para as diretrizes propostas nesta pesquisa, há a necessidade da aplicação em um projeto de canteiro real, a fim de avaliar sua viabilidade, levantar as dificuldades em sua aplicação e aferir os ganhos na produtividade da mão de obra e de equipamentos.

Em síntese, a pesquisa contribui para a compreensão mais ampla das práticas e soluções em canteiros de obras, fornecendo um ponto de partida para o aprimoramento contínuo do setor da construção civil. Espera-se que as conclusões possam servir de inspiração para futuros estudos e para o desenvolvimento de estratégias ainda mais eficazes na gestão de canteiros de obras.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12284 - Áreas de vivência em canteiros de obras**. Rio de Janeiro: ABNT, 1991. 14 p.
- AGUIAR, G. dos S. G de. **Inovação em logística de canteiro de obras na construção de edifícios**. 2016. 126p. Dissertação (Mestrado) – Inovação na Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.
- ELIAS, S. J. B, LEITE, M. O., da SILVA, R. R. T., LOPES, L. C. A. Planejamento do layout de canteiros de obras: aplicação do SLP (Systematic Layout Planning). *In: ENEGEP*, 18., 1998, Fortaleza. **Anais eletrônicos** [...] Fortaleza: ENEGEP, 1998. Artigo 298.
- FERREIRA, E. de A. M.; FRANCO, L. S. **Metodologia para elaboração do projeto do canteiro de obras de edifício**. 1998. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1998.
- GIL, A. C. Como classificar as pesquisas? *In: GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. p. 44–45.
- ILLINGWORTH, J.R. **Construction: methods and planning**. Londres: E&FN Spon, 1993.
- MTE – Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 18: Segurança e saúde no trabalho na indústria da construção**. Brasília: MTE, 2021.
- MTE – Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 24: Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho**. Brasília: MTE, 2019.
- MUTHER, R. **Planejamento do layout: sistema SLP**. São Paulo : Edgard Blücher, 1978.
- PATTON, E.; APPELBAUM, S. H. The case for case studies in management research. **Management Research News**, v. 26, n. 5, p. 60–71, 2003.
- SAURIN, T. A., FORMOSO, C. T. **Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos**. v.3. Porto Alegre: ANTAC (Recomendações Técnicas HABITARE), ANTAC, 2006.
- SOUZA, U. E. L. de. **Projeto e implantação do canteiro**. 3. ed. São Paulo: O nome da Rosa, 2000

SOUZA, U. E. L. et al. **Recomendações gerais quanto à localização e tamanho dos elementos do canteiro de obras**. USP. São Paulo: 1997, BT/PCC/178.

TOLEDO, L. A.; SHIAISHI, G. de F. Estudo de caso em pesquisas exploratórias qualitativas: um ensaio para a proposta de protocolo do estudo de caso. **Revista da FAE**, v. 12, p. 103–109, 2009.

VIEIRA, H. F. **Logística aplicada à construção civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras**. Pini, 2006

APÊNDICE

Participantes das entrevistas:

Engenheiros residentes das obras, gerente de obras, orçamentista, assistentes técnicos, mestres de obras, especialista em projeto de canteiro.

Questionário utilizado:

- 1) Existe um layout de canteiro?
- 2) Por quem foi elaborado e quem participou dessa elaboração?
- 3) Em qual etapa do período do empreendimento o layout foi elaborado?
- 4) Quais informações se tinha disponível quando o layout foi definido?
- 5) Quais foram os maiores desafios na elaboração do layout?
- 6) Quais foram as ferramentas e metodologias utilizadas para a elaboração do layout?
- 7) Houve a proposição de mais de uma versão de layout? Se sim, por que a utilizada foi selecionada?
- 8) Foi necessária a utilização de área complementar, fora do terreno da obra? Se sim, onde ficavam e quais elementos continham?
- 9) O layout proposto foi implantado?
- 10) Quais foram os maiores desafios na implantação do layout?
- 11) Quais foram os maiores desafios de logística ao longo da obra?
- 12) Onde ficaram posicionados os equipamentos de transporte e de produção? Quais os impactos desse posicionamento?
- 13) Foram elaborados diferentes layouts para cada fase da obra? Para quais etapas foram elaborados? E por quem?
- 14) Quais os principais aprendizados com esse canteiro?
- 15) Existem exemplos de práticas que foram implementadas para auxiliar na logística do canteiro?

Documentos consultados

Layouts dos canteiros, documentos comprobatórios do layout e práticas aplicadas (fotos e

registros), levantamentos, cronogramas, projetos do produto.