

4 PROJETO LOGÍSTICO

4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

As características mais relevantes do empreendimento que influenciam diretamente a elaboração do modelo logístico são: local da obra, os materiais utilizados, a origem dos materiais, o modo de construção, o modo de transporte e a sua relação com o processo construtivo. Pretende-se colher dados para a elaboração do projeto logístico buscando atender às necessidades do cliente de forma mais eficiente. Vale relembrar que o cliente neste caso é o construtor da obra e que a missão da logística é colocar produtos e serviços certos, no lugar e instante corretos e na condição que o cliente deseja (BALLOU, 1993).

4.1.1 Aspectos gerais do local da obra

A obra está localizada na Rua Buenos Aires, no Centro da Cidade do Rio de Janeiro, entre os números 190 e 210. Neste logradouro, a movimentação de veículos de carga gera conturbações para o tráfego local. Apesar da legislação que regulamenta a movimentação e permanência dos veículos no Centro, com destaque para a portaria Nº 11.708 e o decreto Nº 14.188, que serão apresentados em 4.4.1.3, o congestionamento é quase permanente, conforme observado na foto da Figura 4.1.



Figura 4.1 – Detalhe da Rua Buenos Aires

A dificuldade quanto ao trânsito já caracteriza um problema para o projeto logístico que deseja proceder a entregas no momento certo. A falta de espaço para a permanência da carreta na obra durante o descarregamento agrava este problema. A carreta deverá permanecer em frente à obra, na calçada e/ou na rua durante o descarregamento. Este procedimento deverá ser o mais rápido possível, a fim de minimizar os transtornos para o trânsito local.

A Figura 4.2 apresenta uma proposta de posicionamento da carreta em frente a obra.

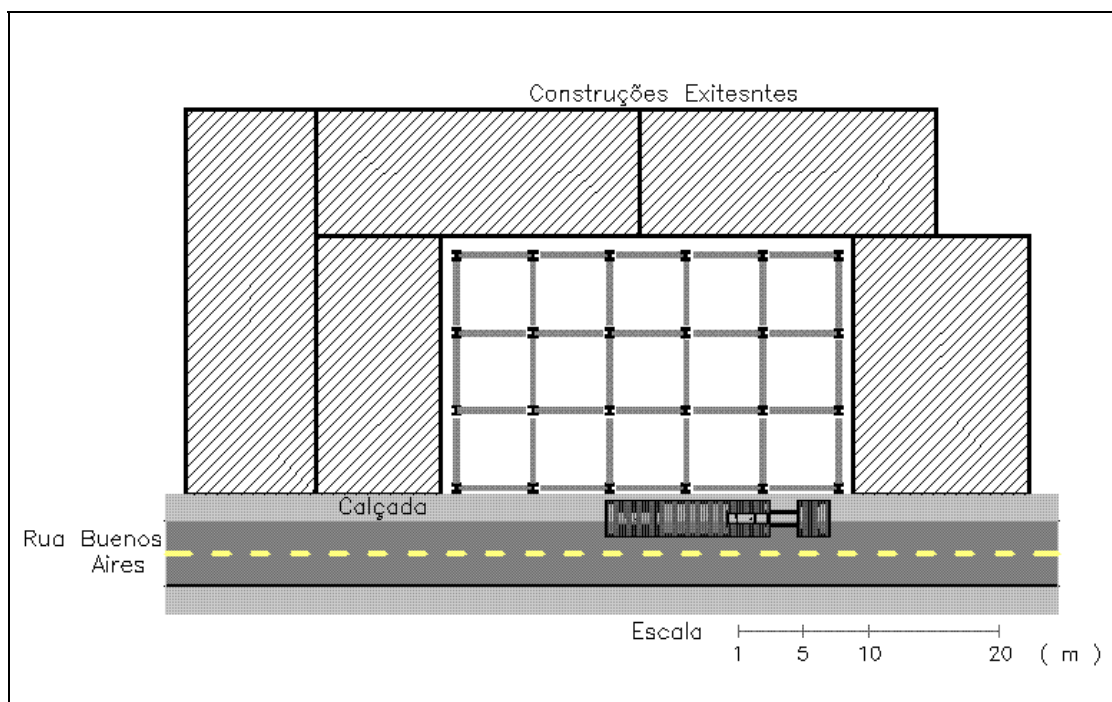


Figura 4.2 – Posicionamento da carreta na obra

Para se conseguir fazer com que a carreta chegue no momento certo, deve-se tentar prever o tempo gasto com o congestionamento. O trânsito é muito variável, havendo risco da carreta chegar antes ou depois do horário previsto. Chegando antes, terá que permanecer na rua. Isto complicaria ainda mais o trânsito local. Se chegar depois, passa a existir desperdício com a espera da mão-de-obra e do guindaste.

Outra característica relevante para o projeto logístico é a acessibilidade das carretas até o local da obra. No Centro, as ruas são estreitas e as carretas necessitam de um raio mínimo para fazer a curva. Este aspecto será discutido

neste capítulo, no item 4.1.5, quando será feita a escolha da carreta para o transporte dos materiais.

O local escolhido para a construção do prédio apresenta características iguais a de outros grandes centros, como: dificuldade de acesso de veículos longos devido a ruas estreitas, grande movimentação de veículos e pedestres, comércio ambulante e restrições de leis quanto ao tempo e horário de permanência de veículos de carga. Podem-se detectar algumas dessas características na Figura 4.3.



Figura 4.3 – Foto da localização prevista para a obra.

Apesar das dificuldades para com as atividades logísticas e com o fato de que o local só possua prédios antigos, há muitas vantagens que possam atrair empreendimento novos, como:

- Próximo ao metrô: a 250 m da Estação Uruguaiana e a 400 m da Estação Presidente Vargas;

- Próximo de diversos órgãos públicos como: DETRAN (200 m), DNER (750 m), DER-RJ (450 m), Ministério Público (650 m), Prefeitura (800 m), FORUM (800 m) e outros;
- Próximo de vários bancos, que estão em sua maioria na Avenida Presidente Vargas e Avenida Rio Branco. Ex. Banco Central (340 m), CEF (160 m), Banco do Brasil (200 m) e vários outros bancos privados;
- Próximo de várias atividades logísticas e centros comerciais;

Essas vantagens podem ser melhor visualizadas na Figura 4.4.

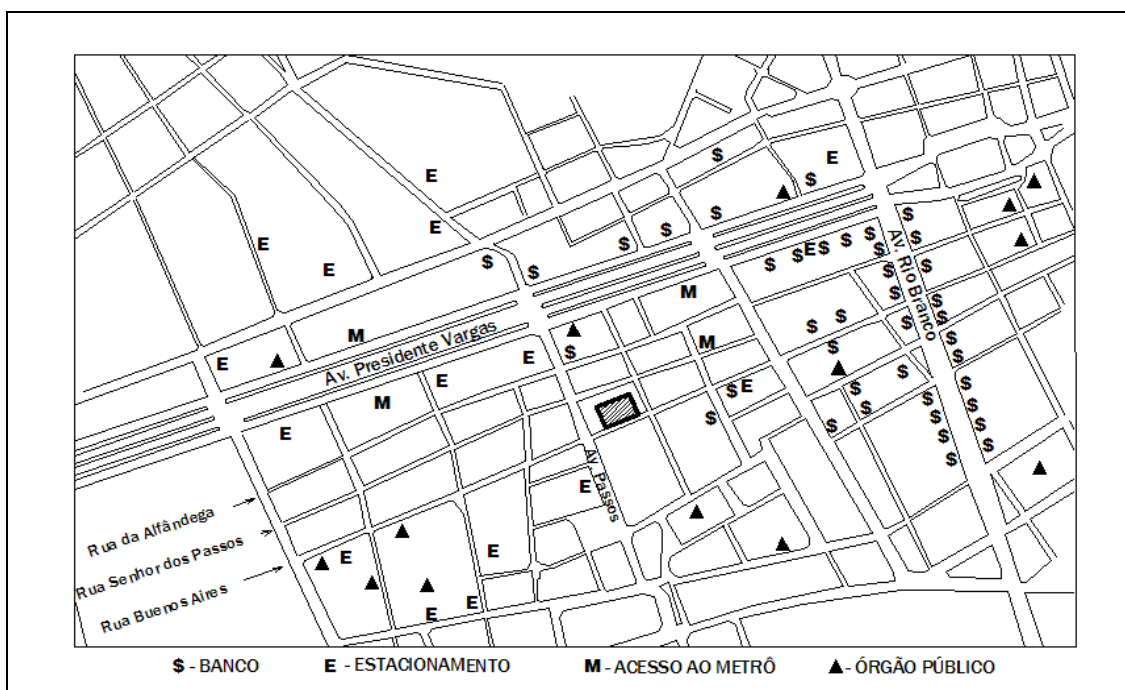


Figura 4.4 – Croqui do centro da cidade com localização da obra, bancos, órgãos públicos, metrô e estacionamentos .

Fonte: PMRJ (2005), adaptado pelo autor.

A escolha do local considerou o possível interesse de grupos econômicos em construir em um local com atributos técnicos para um prédio comercial, porém com dificuldades no suprimento e armazenamento de materiais construtivos.

4.1.2 Os materiais

Os materiais utilizados para a construção de um prédio comercial de oito pavimentos são estruturas metálicas, que consistem em: colunas, vigas, bases,

chumbadores, chapas de ligação, parafusos e outros. Para este planejamento logístico foram consideradas apenas as colunas e vigas, pois representam o maior volume de materiais. As demais peças terão o mesmo tratamento de separação e montagem.

O projeto foi dividido em três etapas, conforme apresentada na Figura 4.5:

- 1ª etapa – 1º e 2º pavimentos;
- 2ª etapa – 3º, 4º e 5º pavimentos;
- 3ª etapa – 6º, 7º e 8º pavimentos.

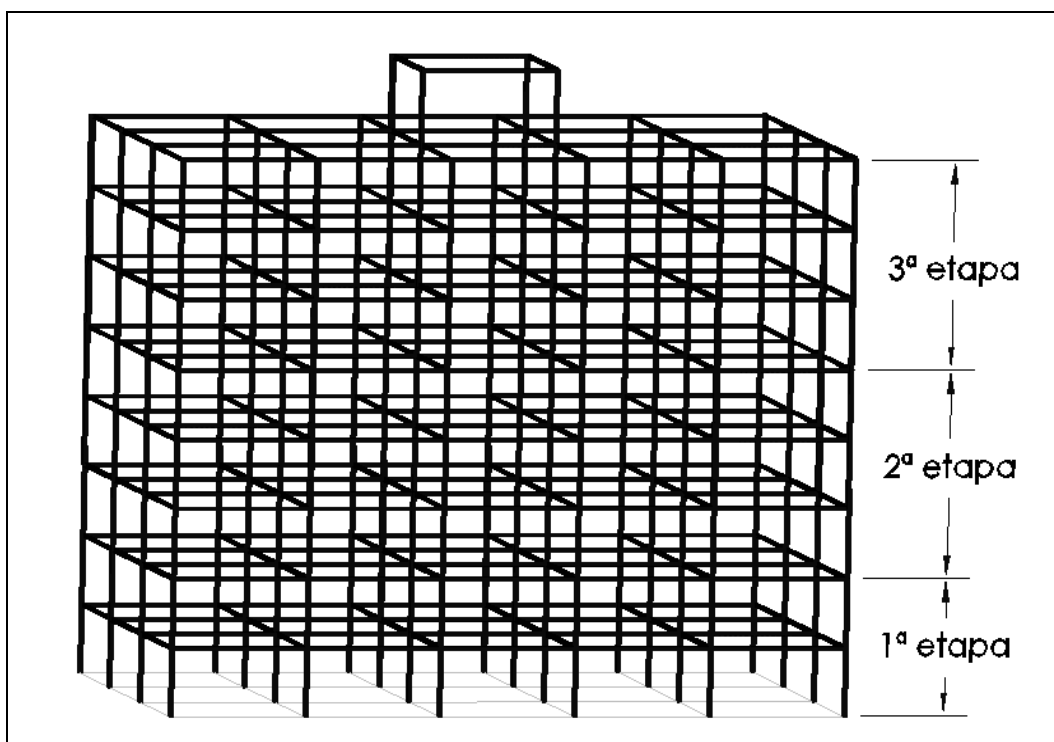


Figura 4.5 – Divisão das etapas de construção do prédio.

Fonte: Bellei (2004), adaptado pelo autor.

A divisão é em função do tamanho das colunas. Por exemplo: na 1ª etapa, elas são de 6 m e completam apenas dois pavimentos, na 2ª e 3ª elas são de 9 m e completam 3 pavimentos. O projeto foi retirado do livro Edifícios de Múltiplos Andares em Aço, de Bellei et al (2004). A lista de material com dimensões, peso e quantidades estão no Anexo 2.

Além da variação de tamanho, há grande variação de seções das colunas e das vigas. Esta variação pode ser melhor identificada na Figura 4.6, que mostra algumas das seções de colunas e vigas deste projeto.

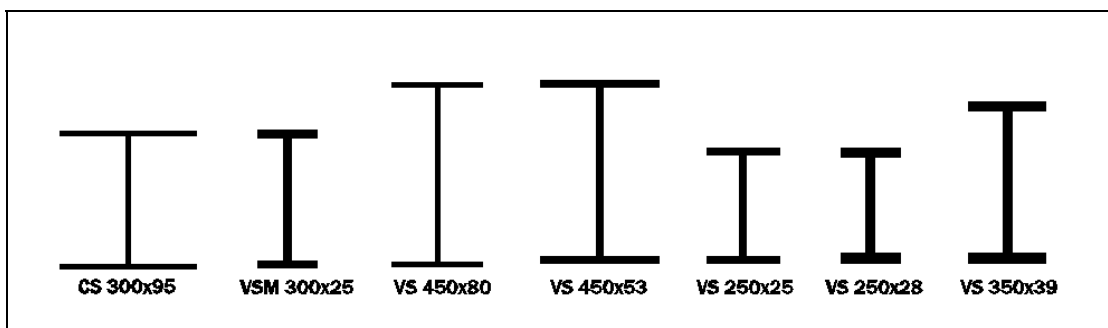


Figura 4.6 – Verificação das seções de vigas e colunas utilizadas no projeto.

As estruturas foram separadas em 48 lotes, segundo o planejamento de montagem do trabalho de Lyra da Silva (2005). São 16 lotes para cada etapa. A lista de materiais com a separação das peças que compõem os lotes estão no anexo 3 .

No Anexo 4 estão o detalhamento do lote mais pesado (lote 17) e o detalhamento do maior lote, dentre os que têm maior número de peças (lote 18).

4.1.3 Origem e forma de disponibilização das estruturas

Não existe nenhum fabricante expressivo na cidade do Rio de Janeiro. As estruturas metálicas deverão ser fabricadas em Minas Gerais ou São Paulo, onde existem pólos siderúrgicos e onde se concentram várias fábricas de estruturas metálicas.

As fábricas de estruturas metálicas, usualmente trabalham sob batelada, ou seja: fabricam um mesmo tipo de peça, da primeira até a última, sem interrupção. O processo de fabricação só é iniciado mediante encomenda, com as especificações e detalhamentos de todas as peças. A partir daí, inicia-se a fabricação de um determinado tipo de estrutura, por exemplo, coluna CS 300x95. Só é feito o *setup* nas máquinas para a fabricação de outras peças quando estiverem terminadas todas as colunas CS 300x95. Em função desta forma de produção, as estruturas são disponibilizadas em lotes da mesma família de produtos, como por exemplo: lotes de vigas VS 450x80, vigas VSM 300x25, colunas CS 300x95 e etc. Conforme demonstrado na Figura 4.7.

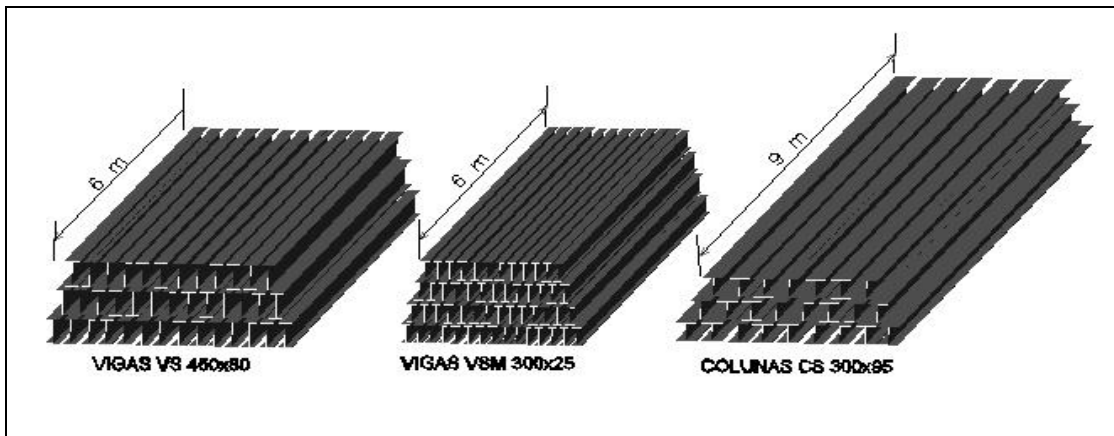


Figura 4.7 – Formato dos lotes de vigas e colunas fornecidos pela fábrica

O processo de fabricação e a disponibilização das estruturas pela fábrica dificulta a forma de construção *lean*, que necessita de lotes pequenos com peças específicas. Cada lote tem uma sequência lógica de peças para garantir a auto-sustentação durante a montagem. Este assunto será discutido no item 4.1.4.

Para se evitar a falta de algum componente no período certo de abastecimento, só se dará início à construção quando todas as peças estiverem fabricadas e entregues no depósito. Dessa forma não haverá risco de paralisação da montagem por falta de componentes.

4.1.4 O processo de construção

O modo de construção do prédio é o *lean construction*, que exige lotes pequenos de estruturas que serão utilizadas num tempo preestabelecido. O planejamento logístico considera o ressuprimento das estruturas metálicas. Este modo foi defendido no trabalho de Lyra da Silva (2005), para o mesmo projeto utilizado neste trabalho. As principais características deste modo de produção que influenciam este projeto logístico são: definição de um grupo de peças específicas (separadas em lotes) e definição do tempo utilizado pelo guindaste para içamento e montagem dessas peças.

Cada lote é composto por peças que se completam na montagem. Como por exemplo, o lote-17, que tem três colunas e as vigas que as unem. Os demais lotes são compostos por peças que dão sequência à mesma lógica, conforme demonstrado na Figura 4.8.

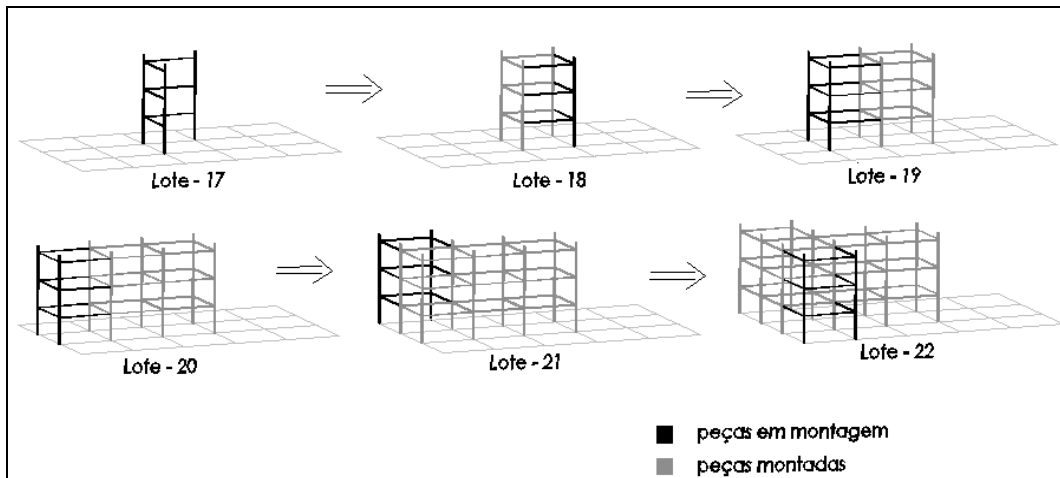


Figura 4.8 – Seqüência de montagem das estruturas. Fonte: Lyra da Silva (2005)

Os componentes construídos (fabricados e montados) têm características estruturais e dimensionais únicas, tendo posicionamento particularizado no ambiente construído: cada peça tem seu tamanho e lugar certo. Para garantir que esta variedade de peças chegue na seqüência certa e no tempo adequado, este projeto logístico deverá ter um planejamento detalhado das atividades de separação, movimentação e transporte, para que não haja erro que gere desperdício ao empreendimento como um todo.

4.1.5 O modo de transporte

A escolha do modal de transporte entre rodoviário, ferroviário ou misto é baseada no confronto entre a análise do custo e as características do serviço. Segundo Figueiredo e Fleury (2003), o preço do transporte rodoviário no Brasil é 1,25 vezes o ferroviário. Na análise de cinco características de serviços: velocidade, consistência, capacitação, disponibilidade e freqüência, o modo rodoviário tem vantagem em quatro, perdendo apenas para a capacitação, onde o ferroviário possibilita o transporte de maior quantidade de peças.

Optou-se pelo transporte rodoviário, pois tem pequena diferença de custo e grande vantagem de serviço. A única desvantagem com relação ao transporte ferroviário é a capacitação, que apesar de possibilitar uma maior quantidade de peças, não tem valor para o cliente que deseja lotes pequenos.

A carreta escolhida foi a do tipo carga-seca de três eixos, com 12.40 m de comprimento e 2.60 m de largura, conforme Figura 4.9. Esta carreta pode

transportar a maior peça do projeto de Bellei et alli (2004), utilizado neste trabalho, que é a coluna CS 300x62 com 11.78 m.

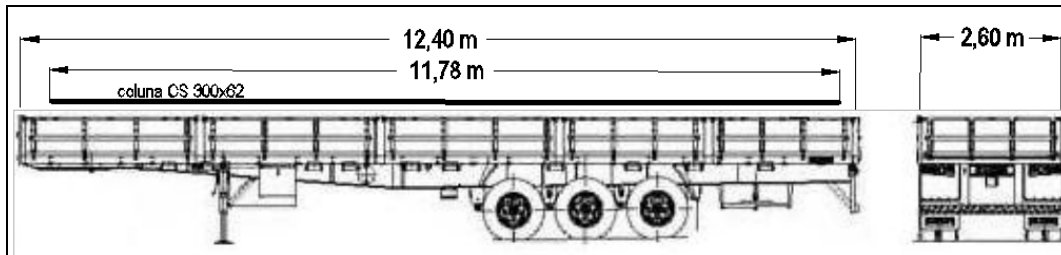


Figura 4.9 – Detalhe da carreta tipo carga seca de três eixos.

Fonte: RANDON S.A. Implementos e Sistemas Automotivos (2005), adaptado pelo autor.

Pode-se utilizar também a carreta de dois eixos, desde que tenha as dimensões de 12.4 x 2.6 m. Geralmente a diferença está na capacidade de carga, que é menor. Este fator não trará problemas, pois o lote de maior peso tem 5,5 toneladas, conforme mostrado no Anexo 5. A capacidade da carreta de dois eixos é de vinte e sete toneladas.

A análise de manobrabilidade foi feita com a carreta de três eixos, cuja manobra requer mais espaço.

A Figura 4.10 apresenta alguns raios mínimos necessário para manobra da carreta de três eixos em curva.

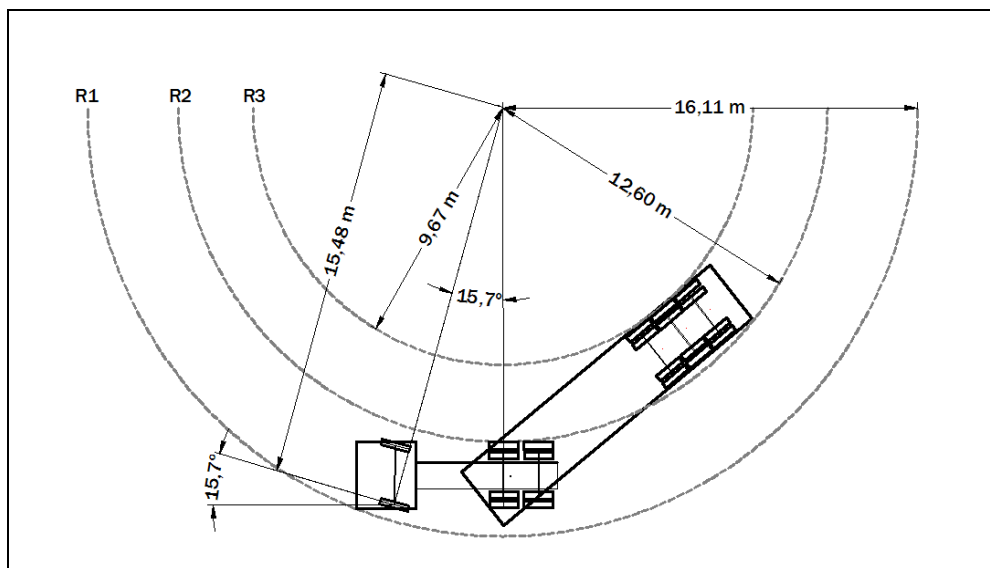


Figura 4.10 – Definição do raio mínimo para manobra da carreta de três eixos.

Fonte: GUERRA S.A. Implementos Rodoviários (2005), adaptado pelo autor.

Onde:

- R1 é o raio que define o ponto de tangência do cavalo;
- R2 é o raio que define o ponto de tangência da roda traseira interna do cavalo;
- R3 é o raio que define o ponto de tangência da roda traseira interna da carreta.

O estudo da GUERRA S.A prevê um cavalo com cabine pequena, e na pesquisa observou-se que o caminhão da VOLVO S.A, modelo FM 12 6x4 apresentado na Figura 4.11, se adequou a esta medidas.

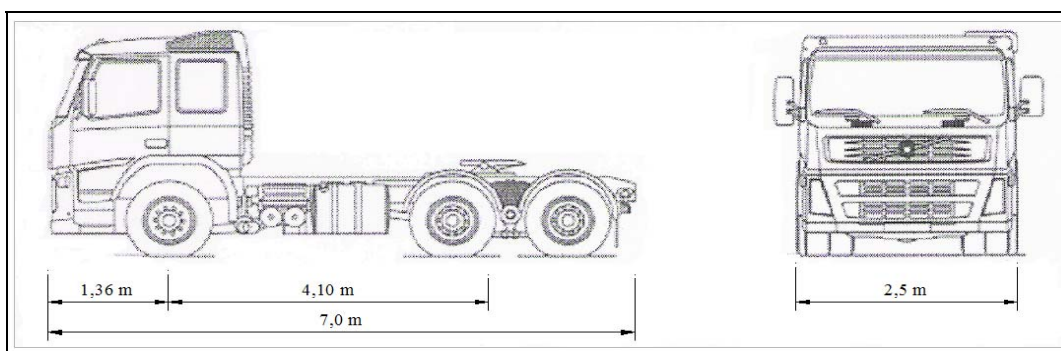


Figura 4.11 – Detalhes do caminhão VOLVO FM 12 6X4.

Fonte: VOLVO S.A. Implementos Rodoviários (2005), adaptado pelo autor.

O Volvo FM 12 6x4 é um veículo que incorpora vários itens necessários a um caminhão que opera no transporte de carga. Nele, a sobrecarga é apenas mais um detalhe, pois possui motor eletrônico com 420 Cv de potência, cabine avançada que tem vantagens para circulação em área urbana, além de outros itens que tornam o modelo bem-sucedido.

De acordo com Geraldo (2005), está se tornando cada vez mais comum ouvir falar em especialização do transporte rodoviário de cargas, produto específico para cada aplicação, custo-benefício e valorização do profissional do volante, entre outros itens diretamente ligados à atividade. Cada vez mais, as particularidades e características inerentes a cada tipo de transporte determinam o perfil técnico do caminhão, de acordo com o trabalho em que ele vai ser aplicado a fim de se obter maior produtividade.

O Volvo FM 6X4 é um veículo que oferece várias aplicações, nas quais proporciona melhores resultados, devido a suas características técnicas, tais como:

- Fácil acesso à cabine, na qual o motorista entra e sai várias vezes durante uma jornada de trabalho, sendo que esta operação é facilitada pelo fato de haver apenas dois degraus;
- Vem equipado com ar condicionado, trava e levantadores de vidros elétricos, que são fatores que contribuem para a produtividade do motorista;
- Apresenta baixo nível de ruído do motor;
- A boléia balança pouco quando o caminhão está em operação, apesar de trafegar em estradas sem pavimentação;
- A cabine avançada apresenta vantagens na operação para ambiente de canteiro de obra, pois o motorista trabalha num ponto mais alto e tem maior visão ao seu redor, facilitando assim, o desvio de obstáculos durante as manobras.

Todos estes itens, não somente valorizam o trabalho do motorista como também o preservam, deixando-o em melhores condições para o desempenho de seu trabalho no dia-a-dia.

A caixa de marchas é a SR 1900 Volvo, de 12 marchas (6+6), cujos engates não exigem nenhum esforço. A transmissão tem o botão *split* que diminui o número de trocas movimentando a alavanca. O motorista conta, ainda, com um banco de amortecimento pneumático que dispensa a regulagem pelo trilho na troca de motoristas. Dispõe também de regulagem lombar, um item importante para quem fica sentado por longo período. A coluna de direção tem várias regulagens de altura e de profundidade.

O motor de 420 Cv de potência arrasta com eficiência a composição (um caminhão rígido pode arrastar até dois semi-reboques). Mesmo nos trechos de aclave é possível parar e arrancar com o veículo carregado, tal é a performance do seu engenho propulsor. Um computador de bordo monitora diversas funções do caminhão e possibilita sempre uma checagem para verificar se há algum tipo de falha no veículo.

Para os trechos de descida, o sistema de freio motor VEB, utilizado pelos caminhões da marca, chega a desenvolver 390 Cv de potência no segundo estágio para segurar o conjunto na descida. O equipamento, com botão no painel, é eficiente e transmite segurança, além de evitar o aquecimento e desgaste das lonas de freio.

É possível utilizar o cavalo com dois eixos e de outras marcas, desde que possa transportar carga acima de 5,5 toneladas e que possa se acoplar a carreta especificada. A manobrabilidade é maior que a do caminhão que tem três eixos.

4.2 PLANEJAMENTO DA LOGÍSTICA BALANCEADA COM O PROCESSO PRODUTIVO

O objetivo deste item é analisar as características gerais do empreendimento e propor um planejamento logístico que atenda às necessidades do cliente, dentro da coerência que os pesquisadores de logística propõem.

A obra será executada no sistema *Lean Construction* e necessitará de lotes pequenos, compostos por vários tipos de peças que possam ser utilizadas em sua totalidade, logo que chegarem à obra. O tamanho dos lotes e o tempo de operação (içamento e montagem) foram definidos no trabalho de Lyra da Silva (2005). A definição dos lotes está no anexo 1 e o tempo de operação dos guindastes para cada lote é de 5 horas.

A fábrica de estruturas fornece as peças em bateladas, ou seja: um grande fornecimento com todas as vigas de mesma característica, por exemplo, VS 450x60, um outro fornecimento em batelada com todas as colunas CS 300x95, e assim sucessivamente.

As estruturas necessitam passar por um processo de separação e conferência antes de serem encaminhadas para a obra, conforme questionado na Figura 4.12. Estas atividades serão executadas num depósito. A discussão sobre o melhor lugar e layout do depósito será feita no item 4.3.

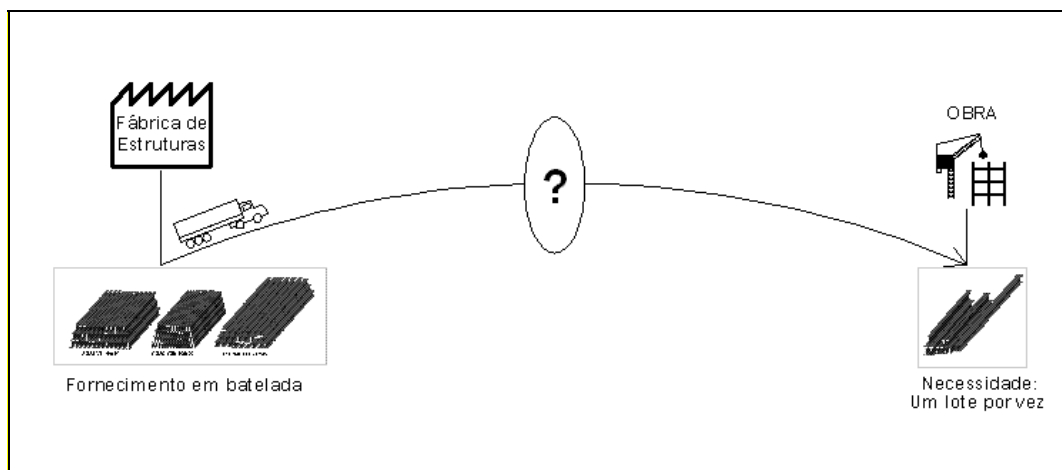


Figura 4.12 – Modo de fornecimento de estruturas da fábrica versus necessidade da obra.

O importante para o planejamento logístico é estabelecer um ritmo de abastecimento dos lotes balanceado com o ritmo de trabalho na obra. Para a concepção *lean*, isto é proporcionar fluxo aos materiais. Deveria ser feito desde a etapa de fabricação até a utilização final, porém, esta ainda não é a realidade da construção civil. O planejamento do fluxo dos materiais será feito a partir do depósito, onde se receberão as estruturas com o devido controle sobre sua movimentação.

A referência para o planejamento do ritmo de abastecimento da obra é a produtividade do guindaste. Segundo o trabalho de Lyra da Silva (2005), as peças de cada lote serão içadas e dispostas próximo ao local de montagem, sendo que a última peça do lote será içada e, aproveitando o seu carregamento, será montada imediatamente. Depois serão montadas as outras peças já içadas. Quando terminar a montagem desse lote, o guindaste estará disponível para o içamento de um novo lote. O tempo de içamento e montagem de cada lote foram calculados em cinco horas.

A Figura 4.13 apresenta o mapeamento quando da chegada das estruturas na obra, não indicando o mapeamento das atividade de carregamento e transporte. Os tempos de operação foram baseados no trabalho de Lyra da Silva (2005), e são assinalados em centésimos de hora.

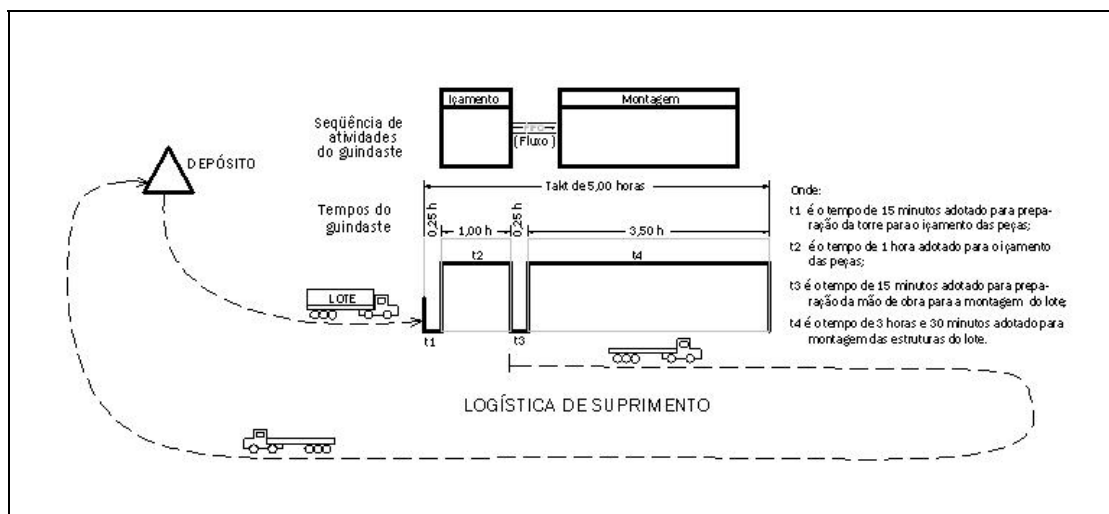


Figura 4.13 – Atividade do guindaste, seus tempos e logística de suprimento.

Pode-se analisar que após a saída da carreta tem-se um intervalo de tempo de 3,75 horas para a chegada do lote seguinte. O planejamento logístico terá que garantir a chegada do novo lote. Se tal não ocorrer, haverá a paralização da obra. Para garantir o ressuprimento terá que existir um levantamento detalhado dos tempos de retorno da carreta, carregamento das estruturas e transporte até a obra. Isso será possível após a definição do local do depósito e da rota a ser utilizada. Estes assuntos serão discutidos nos itens 4.3 e 4.4.

O mapeamento propicia a visualização de todas as atividades executadas com os materiais e os tempos que elas demandam. Com esta ferramenta pode-se detectar movimentos desnecessários ou atividades que não agregam valor e devem, na medida do possível, ser eliminadas. Com o auxílio desta ferramenta, este trabalho pretende fazer o detalhamento das atividades logísticas necessárias para o transporte das estruturas do depósito até a obra, de acordo com as necessidades do modo de construção *lean*.

4.3 DEPÓSITO

Deve-se incluir um depósito no projeto de um sistema logístico, sempre que possa proporcionar vantagens de serviços ou custo (BOWERSOX e CLOSS, 2001). A utilização de um depósito influencia diretamente a atividade de transporte. Todas as atividades planejadas em conjunto devem atuar buscando o menor custo dentro da necessidade requerida pelo cliente. O

transporte de pequenos lotes da fábrica até a obra é muito dispendioso. Não dá para perder a economia do transporte de grandes quantidades (observar Figura 4.14). Sob o ponto de vista de custo, o depósito na própria obra seria mais conveniente, porém isso não é possível. A proposta é utilizar um depósito pouco afastado da obra, que diminua o tempo de ciclo das carretas. O local depende da disponibilidade de espaço e recurso financeiro destinado para esse fim. Geralmente, locais que apresentam estas características ficam afastados do centro pelo menos uns 40 km.

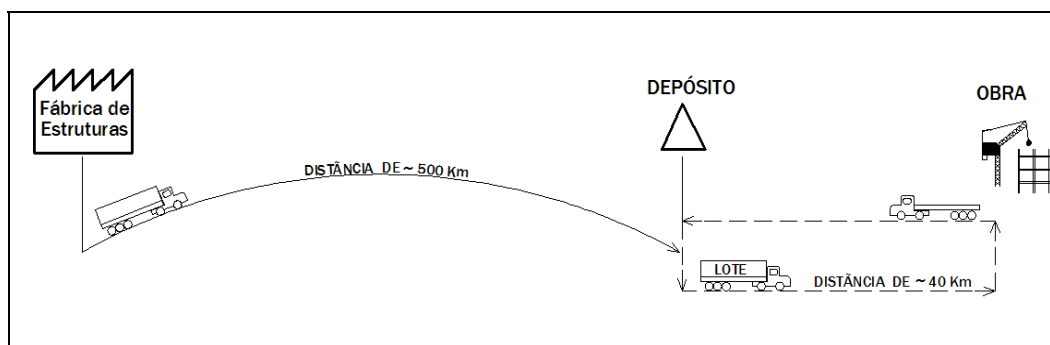


Figura 4.14 – Transporte das estruturas entre fábrica/depósito/obra

Além das vantagens de custo, a utilização de um depósito, neste projeto logístico, traz vantagens de serviço. Pois na construção predial em estruturas metálicas, as peças têm características estruturais e dimensionais únicas tendo posicionamento particularizado no ambiente construído: cada peça tem seu tamanho, furação e lugar certo. A necessidade de se utilizar um depósito para se organizar as peças é indiscutível. A dúvida passa a ser o local onde implantá-lo.

4.3.1 Localização do depósito

Para a escolha do local do depósito foi utilizado um método que consiste em observações de casos reais e históricos, de onde se podem retirar razões, leis ou motivos que levaram ao sucesso ou insucesso da utilização do local, método indutivo apresentado por Dias (1996). A partir das análises e conclusões destas observações, tem-se uma série de recomendações, que resumem a experiências anteriores. Com base neste método foi descartada uma área na Avenida Brasil, bairro de Ramos, onde poderia atender os requisitos de dimensões e custo. Este ponto não oferece segurança à mão-de-

obra e possui risco de subtração de algumas peças, como já ocorrido com empresas que ali se instalaram.

Outro método, também apresentado por Dias (1996), consiste em estabelecer um modelo representativo da realidade, passível de tratamento matemático, é o método dedutivo. Este método faz uma análise de custo, e apesar deste trabalho não se aprofundar na análise de custo, serviu para descartar a possibilidade do depósito ficar em algum terreno no centro ou proximidades, uma vez que, naquela área, haveria alto custo do terreno.

Decidiu-se, então, por uma área na Rodovia Washington Luiz, no Município de Duque de Caxias-RJ, ou na Rodovia Presidente Dutra no Município de Belford Roxo-RJ, conforme apresentado na Figura 4.15. Os dois lugares apresentam distâncias parecidas e possuem áreas livres que possam atender os requisitos de tamanho. A decisão de qual dos dois lugares será utilizado dependerá da escolha do fornecedor. Usualmente, se posiciona o depósito na rota Fábrica / Obra.

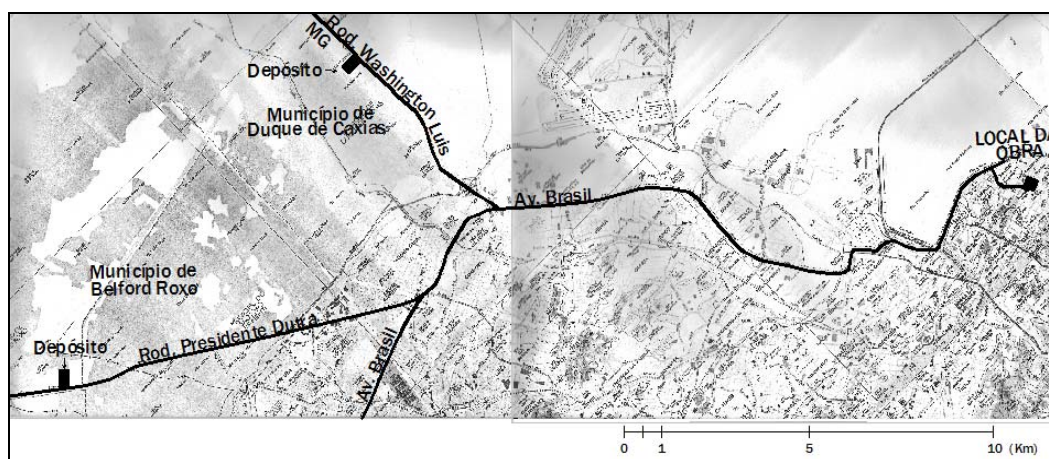


Figura 4.15 – Mapa com a rota depósito/obra.

Fonte: PMRJ (2005), adaptado pelo autor.

Outras opções, que possam surgir e que satisfaçam os pré-requisitos apresentados, poderão ser utilizadas.

4.3.2 Características do terreno

Algumas características do terreno do depósito podem influenciar nas atividades de manuseio dos materiais, como: a topografia do terreno e o tipo de solo.

Foi escolhido um terreno na cidade de Belford Roxo, Rodovia Presidente Dutra, conforme discutido no item 4.3.1. O terreno é nivelado, porém podem aparecer pequenas deformações (buracos) causadas pela circulação de veículos de carga no período de chuvas, devido ao menor grau de estabilidade do solo quando molhado.



Figura 4.16 – Foto do local do depósito

Fonte: Google Earth

O solo do depósito é argiloso. É composto por grãos muito finos que se aderem firmemente um a outro. Ou seja, o solo possui baixa granulometria, com espaços vazios entre as partículas muito pequenos. Este tipo de solo é denominado solo coesivo. Devido à sua estrutura apresenta resistência à penetração de água, absorvendo-a muito lentamente. Ao receber água, tendem a tornar-se plástico (lamacento). Apresenta maior grau de estabilidade quando seco.

4.3.3 Armazenagem

No depósito serão executadas atividades de armazenagem e manuseio de materiais que fazem parte de uma área da logística diferente das outras áreas. Elas têm uma dependência entre si, pois as mercadorias (estruturas) necessitam ser armazenada em momentos específicos durante o processo logístico. A forma de armazenar influencia o manuseio eficiente das estruturas.

Para descarregar as peças no depósito e carregá-las na carreta para serem encaminhadas à obra é necessário uma forma de armazenagem que

facilite o manuseio das estruturas. O layout apresentado na Figura 4.17 atende a este requisito. A eficiência é alcançada quando há planejamento do acesso da carreta, do acesso do equipamento de descarregamento/carregamento, do local onde serão dispostas às estruturas e da forma como as estruturas são armazenadas.

A armazenagem diz respeito ao espaço e forma de acomodar os materiais no depósito com o objetivo de dar melhor eficiência à atividade de manuseio no depósito. Para isso, propôs-se uma área para cada lote onde as estruturas seriam descarregadas em suas posições certas assim que chegassem da fábrica.

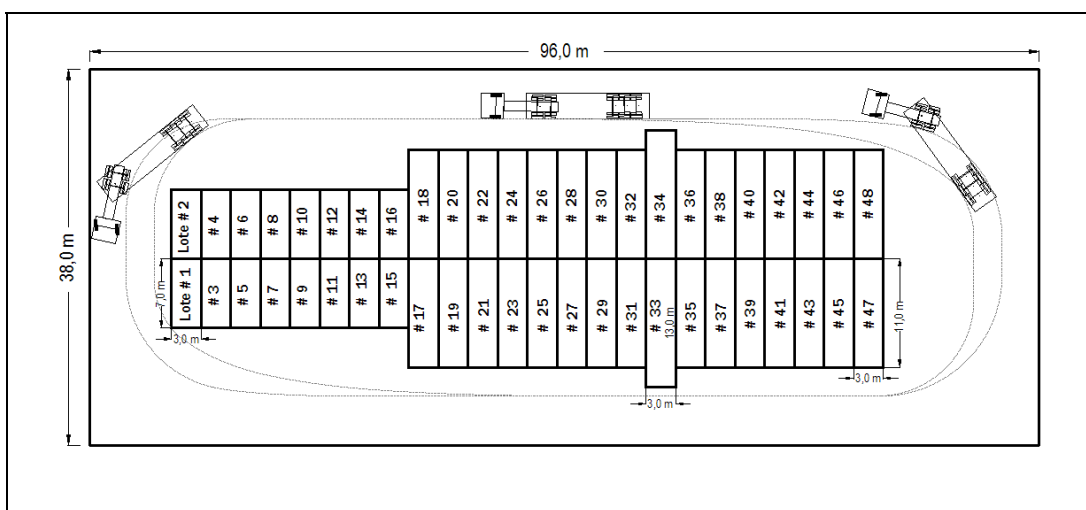


Figura 4.17 – Layout do depósito

As estruturas serão armazenadas no chão sobre caibros de madeira. O espaço reservado para cada lote tem a largura da prancha da carreta (mais folga de 0,60m), com o objetivo de facilitar a movimentação do ajudante na hora de descarregar e carregar as estruturas.

A proposta do layout da Figura 4.17 possibilita o acesso da carreta e do equipamento de movimentação (guindaste que será discutido no item 4.3.4.1) em cada área reservada para o lote. A facilidade de acesso destes equipamentos dentro do depósito foi considerada, deixando o espaço para manobra da carreta e do guindaste, conforme apresentado nas Figuras 4.18 e 4.19.

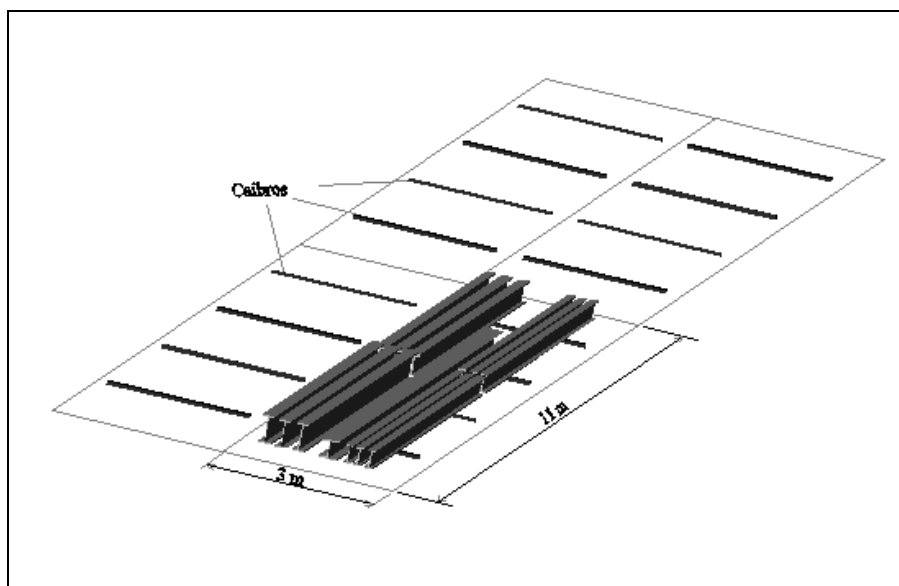


Figura 4.18 – Forma de armazenagem das estruturas no depósito

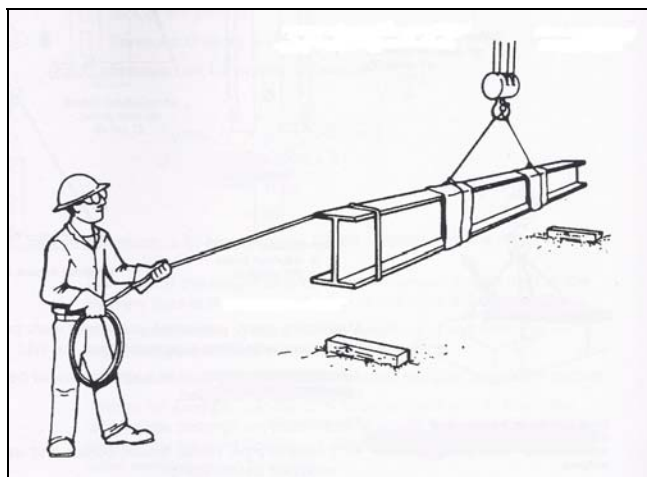


Figura 4.19 – Armazenagem das estruturas.

Fonte: Court et all (1997)

As peças sobre os caibros facilitam o manuseio das estruturas, pois o espaço entre o chão e a estrutura facilitará o trabalho de colocação e retirada dos cabos de aço, caso seja necessário este procedimento. Os caibros também servem para proteger as estruturas, evitando o contato direto com o solo.

4.3.4 Manuseio das estruturas

A atividade de manuseio tem como principal preocupação o fluxo de entrada e de saída de produtos. Para isso busca a utilização de equipamentos adequados, que possibilite um rendimento de trabalho compatível com o

rendimento das demais etapas do projeto logístico.

O manuseio dos materiais, normalmente, se divide em: recebimento, manuseio interno e expedição. Porém, pela proposta de armazenagem, onde as estruturas serão recebidas e colocadas no local preestabelecido, não existirá a etapa de manuseio interno..

As estruturas chegarão em bateladas de mesmo tipo de peças e serão descarregadas em suas devidas posições nos espaços reservados para cada lote. Dessa forma a atividade de separação estará sendo feita junto com o descarregamento das estruturas. Para eficiência no manuseio, foi elaborado um formulário apresentado no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Formulário de separação das peças para a 1ª etapa.

DESIGNATIVO DAS PEÇAS		QUANTIDADE DE PEÇAS POR LOTE															
		Lote -1	Lote -2	Lote -3	Lote -4	Lote -5	Lote -6	Lote -7	Lote -8	Lote -9	Lote -10	Lote -11	Lote -12	Lote -13	Lote -14	Lote -15	Lote -16
COLUNAS	CS 300x 95 (6,32 m)					1	1									1	1
	CS 300x 62 (6,32m)					1	1	1	1	1	1		1	1			
	CS 300x115 (6,32 m)				2										2		
	CS 300x 102 (6,32 m)	3	1	2								2					
	CS 300x 95 (9,00 m)																
	CS 300x 62 (9,00 m)																
	CS 300x115 (9,00 m)																
	CS 300x 102 (9,00 m)																
	CS 300x 62 (11,78 m)																
	CS 300x 62 (8,73 m)																
VIGAS	VSM 300x 25					2	2	2	2	2	2		2	2		2	2
	VSM 350x 31																
	VS 250x 25																
	VSM 300x 30			6	6	2	2	2	2	2	2	6	2	2	6	2	2
	VSM 250x 28																
	VSM 350x 38																
	VS 450x 51				2	2	2								2	2	2
	VS 350x 38			2		2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2
	VS 350x 39																
	VS 450x 80																

O planejamento do recebimento e separação das peças baseou-se na proposta de agrupamento de estruturas em lotes pequenos, apresentada no trabalho de Lyra da Silva (2005). Foi desenvolvido um formulário, cuja finalidade é auxiliar na separação das peças durante o descarregamento.

O formulário para o planejamento de separação das peças da 1ª etapa da obra é apresentado no Quadro 4.1. Nele, se especifica o local onde cada peça deve ser armazenada. Este formulário facilita o trabalho do operador do guindaste e o encarregado pelo manuseio durante a separação das estruturas, pois quando chega um grande lote de peças iguais, o operador do guindaste de posse do formulário de separação saberá onde colocar cada peça. Os formulários de separação dos trechos 2 e 3 estão no Anexo 8.

4.3.4.1 Escolha do equipamento de manuseio

O equipamento para manuseio das estruturas interfere diretamente na produtividade no depósito. Devido às características de dimensões e tipo de solo do depósito, alguns requisitos iniciais devem ser considerados:

- ◆ O equipamento deve ser “leve”, ou seja, seu peso próprio deve permitir que sua locomoção seja ágil;
- ◆ O equipamento deve ter condições de se locomover caso ocorra alagamento ou afundamento do terreno devido à chuva;
- ◆ O equipamento deve ter dimensões tais que permita uma confortável trabalhabilidade do mesmo, ou seja, raios de manobra coerentes com os da carreta utilizada para o transporte dos lotes da indústria ao depósito.

A análise dos equipamentos fornecidos pelo mercado depara-se com imensa variedade, contudo sob o enfoque das dimensões física dos materiais, da forma proposta para o manuseio e de informações colhidas com profissionais experientes do setor de movimentação de cargas encontra-se uma solução respaldada em fatores técnicos e econômicos que levam em consideração a modernização dos equipamentos.

O processo de escolha foi baseado em uma série de questões técnicas, tais como: o peso e dimensões da carga a ser içada, o posicionamento da

carga em relação ao guindaste, o tipo de terreno em que se dará o içamento e a movimentação da carga e a existência de interferências entre a carreta e o local de armazenagem.

Observadas as restrições acima, que envolvem uma pré-análise dos parâmetros envolvidos no estudo de logística e as demais considerações, conclui-se que há três tipos básicos de guindastes que viabilizam este estudo: guindaste sobre esteira e de lança treliçada, guindaste sobre chassi móvel e de lança telescópica e guindaste autopropelidos.

GUINDASTES SOBRE ESTEIRA E DE LANÇA TRELIÇADA (Figura 4.20) – este tipo de guindaste tem peso próprio elevado. Atualmente são dimensionados para grandes cargas (acima de 50 t). Os de menor capacidade de carga que ainda atuam no mercado saiu da linha de fabricação. Seu estado de conservação depende diretamente de seu proprietário. As peças de reposição estão praticamente extintas. Por ser de lança treliçada, tem extensão fixa, e em uma eventual necessidade não poderia ser estendida ou recolhida com tamanha agilidade de uma lança telescópica. Para sua locomoção, o terreno necessita estar devidamente nivelado e compactado. Locomovê-lo em terreno alagado ou com afundamentos requer calçamento com pranchões, dormentes e, em alguns casos, se torna impraticável.



Figura 4.20 – Guindaste sobre esteira de lança treliçada.

Fonte: Azevedo (2005 - trabalho em fase de conclusão)

GUINDASTES SOBRE CHASSI MÓVEL E DE LANÇA TELESCÓPICA (Figura 4.21) – também conhecidos como *truck cranes*. São guindastes mais modernos, capazes de se locomover com agilidade em rodovias, pois possuem chassi de caminhão. Devido a essa composição de sua superestrutura, seu peso próprio não é tão elevado como os guindastes sobre esteira, contudo assim como estes, em caso de afundamento ou alagamento do terreno, necessita-se o

calçamento com pranchões e dormentes. São guindastes de pequeno a médio porte e que necessitam se estabilizar durante a operação de movimentação de cargas, sobre patolas. São dimensionados para cargas a partir de 25 t. Assim como no caso anterior há ainda operando no mercado, porém semelhantemente não há peças de reposição.



Figura 4.21 – Guindaste sobre chassi móvel de lança telescópica

Fonte: Azevedo (2005 - trabalho em fase de conclusão)

GUINDASTES AUTOPROPELIDOS (Figura 4.22) – este tipo de guindaste em muito se parece com o *truck crane*. Um dos detalhes diferente é a cabine única, tanto para operação de movimentação e içamento de cargas como para locomoção. Por ter única cabine, o mesmo apresenta dimensões menores, operando com certo conforto em espaços limitados, sendo assim muitas vezes chamado de guindaste compacto. Possui tração nas quatro rodas, ideal para terrenos irregulares como canteiros de obras. Destaca-se como facilitador, caso o terreno se encontre com afundamentos ou alagamento devido à ação da chuva. São dimensionados para cargas de pequeno a médio porte como os *truck cranes* (aproximadamente 25 t), são muito indicados para o uso em construção civil.



Figura 4.22 – Guindaste autopropelido

Fonte: Azevedo (2005 - trabalho em fase de conclusão)

De acordo com os dados expostos anteriormente, dar-se-á enfoque aos modelos mais novos. Estes são equipados com um sistema computadorizado, que limita automaticamente o momento, indicando a relação entre o momento de carga real e o momento nominal máximo suportado pelo equipamento, permitindo ainda ao operador do guindaste fazer as configurações necessárias a cada operação e obter os resultados mostrados na tela ou visor na cabine de operação. Este tipo de acessório está ligado a um sinalizador sonoro que, igualando-se a relação entre o momento de carga real e o momento nominal máximo suportado pelo equipamento, trava o mesmo e impede que a operação prossiga, garantindo a estabilidade do conjunto.

Finalizada a abordagem dos estudos de logística e definido o foco da operação de içamento e movimentação de cargas, optou-se pelo guindaste tipo autopropelido, por suas características mecânicas, que melhor satisfazem as condições impostas por este trabalho.

Quanto à marca do fabricante do equipamento, o critério de escolha se traduz em estudos de viabilidade econômica, uma vez que a determinação do equipamento a ser utilizado se baseia em fatores técnicos. Sendo assim, comparando-se modelos similares, que atendam satisfatoriamente todas as condições ora impostas, o critério de desempate será o menor preço de aquisição do equipamento.

Como o objetivo deste trabalho não enfatiza fatores econômicos e está voltado para aplicações práticas, determinado o tipo de guindaste, a escolha da marca do fabricante se baseou na menor capacidade de carga do equipamento, que em sua maioria atinge a marca das 25 t, não tendo sido encontrado equipamento de capacidade inferior.

Considerando as dificuldades de pesquisa sobre o tema abordado, a escolha da marca do fabricante vinculou-se ainda à divulgação de cada empresa na internet, com disponibilização de acervo técnico dos equipamentos de içamento e movimentação de cargas.

O guindaste escolhido foi o autopropelido **GROVE RT 525E**, apresentado na Figura 4.23.



Figura 4.23 – Guindaste autopropelido Grove RTE 525 E

- ◆ Capacidade máxima de içamento: 25,00 t
- ◆ Comprimento de lança totalmente entendida: 22,90 m
- ◆ Comprimento de lança totalmente recolhida: 9,40 m
- ◆ Motor: 113 kW
- ◆ Tração / Direção: 4x4x4
- ◆ Velocidade Máxima: 39 km / h

Definido o tipo de guindaste a ser utilizado para o içamento e a movimentação de cargas, determinar-se-á a capacidade de carga limite aplicada ao equipamento, ou seja, a maior capacidade de carga a que o guindaste deve estar submetido quando posicionado em situação mais desfavorável prevista pelo plano de içamento e movimentação de carga de forma segura e eficaz.

Toda a operação de içamento e movimentação de cargas é antes verificada de acordo com a tabela de cargas do equipamento a ser utilizado, sendo todo o Plano de Içamento e Movimentação de Cargas baseado nos dados que a mesma fornece. Logo, a interpretação da mesma é um dos principais objetos fatores do Plano de Rigging.

4.3.4.2 Interpretação da tabela de carga do guindaste Grove RT525E

A tabela de carga do guindaste Grove RT525E utiliza uma simbologia para apresentação dos elementos estruturais, como: lança telescópica, JIB, estabilizadores, pneus, giro da lança sobre o chassi, contrapeso, raio de operação e extensão da lança, conforme Figura 4.24.

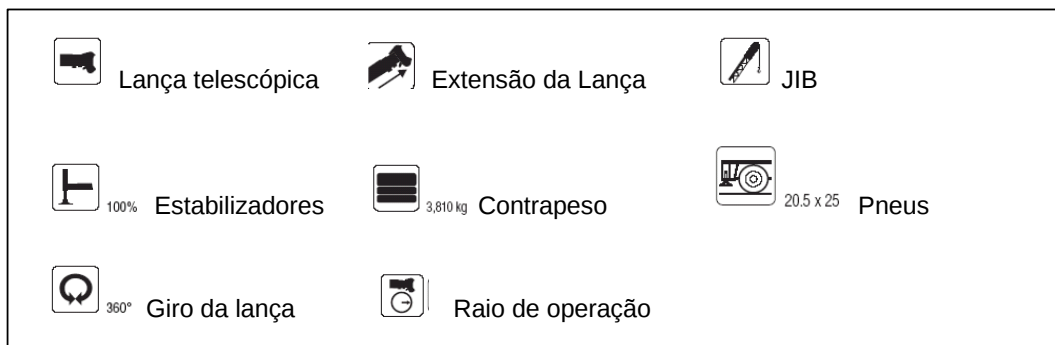


Figura 4.24– Simbologia utilizada na tabela de carga do guindaste Grove RT525E.

Fonte: Azevedo (2006), adaptado pelo autor.

Lança telescópica

Informa a variação do comprimento da lança, ou seja, informa o comprimento mínimo de lança em sua posição totalmente recolhida e o comprimento máximo de extensão da lança, em sua posição totalmente entendida.

Comprimento da lança totalmente recolhida: 9,40 m

Comprimento da lança totalmente entendida: 22,90

JIB

JIB é uma extensão treliçada para a lança telescópica. Ela é fixa, portanto é utilizada com frequência para ganho de altura ou de raio, dado que a tabela de cargas prevê a inclinação máxima a qual este tipo de acessório pode ser utilizado.

Estabilizadores

Estabilizadores ou patolas tem a função de dissipar para o solo as tensões atuantes no guindaste quando este está em operação, tanto no içamento como na movimentação de cargas.

Normalmente um mesmo equipamento exibe tabelas de cargas configuradas para estabilizadores totalmente entendidos, estabilizadores totalmente recolhidos e operações realizadas sobre pneus.

Operações realizadas com patolas totalmente recolhidas garantem que as mesmas toquem o solo em lugar dos pneus. Os esforços suportados pelo equipamento serão transferidos para o solo unicamente através das patolas. Entretanto, operações realizadas sobre pneus conferem que os mesmos toquem o solo e a transferência dos esforços se dê através destes, por isso a necessidade de mantê-lo sempre calibrados de acordo com o manual do fabricante.

Pneus

Este símbolo indica que os dados da tabela de carga são referentes a operações de içamento e movimentação de carga realizada sobre pneus. Não sendo permitido que o equipamento se locomova enquanto a carga estiver suspensa pela lança.

Giro da Lança sobre o Chassi

Alguns equipamentos possuem tabelas específicas para operações realizadas sobre a frente, lateral ou traseira do guindaste. Em outros casos fabricante restringe a área de operação de movimentação e içamento de cargas. Na tabela de carga do guindaste está sinalizado 360° ao lado do símbolo, indicando que a tabela de cargas será a mesma para qualquer posicionamento da lança sobre o chassi do guindaste, não havendo necessidade de um prévio planejamento determinando a posição da lança no momento da operação.

Contrapeso

O contrapeso do equipamento é o acessório que confere o equilíbrio ao sistema carga x equipamento além de seu peso próprio. Visa garantir estabilidade durante o giro do conjunto formado pela cabine de operação e lança telescópica.

O contrapeso utilizado no equipamento é 3.810 Kg.

Raio de Operação

Entende-se por raio de operação a distância compreendida entre o centro de giro do guindaste e o centro da carga.

A tabela de carga prevê o raio mínimo de operação que pode haver entre equipamento e carga, levando em consideração o raio próprio do guindaste, que é a distância do centro de giro do guindaste até o chassi, que é o corpo físico que impede uma maior aproximação da carga a ser içada e o centro de giro.

Caso haja um valor intermediário de raio de operação entre os valores fornecidos pela tabela de cargas, adota-se o raio de operação de maior valor, o que reduzirá a capacidade de carga, fazendo que se trabalhe sempre a favor da segurança.

Extensão de Lança

Toda tabela de cargas indica a relação entre o raio de operação e o comprimento de extensão de lança. Conforme se aumenta o raio de operação se aumenta a abertura de lança. A tabela de cargas simplifica essa relação fornecendo-a, para que o usuário não tenha que calculá-la.

Antes do uso da tabela, algumas considerações devem ser destacadas:

a) As capacidades de elevação foram estabelecidas de acordo com 85% da capacidade de tombamento do guindaste. Ou seja, este equipamento está dimensionado de forma a operar apenas no regime de tombamento, não prevendo limites de carga para a resistência do material a 75%.

b) As capacidades de carga estabelecidas nas tabelas em 85% contra o tombamento do equipamento são normalizadas internacionalmente, além de preverem as condições de estabilizadores 100% estendidos, no intervalo 50% a 100% estendidos, o qual deverá se utilizar a tabela para estabilizadores 50% estendidos e intervalo de 0% a 50% estendidos, o que se deverá utilizar a tabela para estabilizadores 0% estendidos.

c) As cargas indicadas não incluem o peso dos ganchos e equipamentos auxiliares e aparelhos de elevação. Seus pesos devem ser adicionados ao peso da carga a ser içada ao consultarmos a tabela de cargas. Quando se

utiliza um número de pernas de cabo superior ao necessário, o peso adicional do cabo deve ser considerado como parte da carga.

d) Todas as capacidades correspondem ao guindaste situado sobre terreno firme nivelado e uniforme. A natureza do terreno pode fazer necessário colocar embaixo dos apoios dos estabilizadores calços como pranchões e dormentes fazendo com que os elementos estruturais dos estabilizadores distribuam a carga sobre uma maior superfície de apoio.

e) Quando se trabalha com extensão de lança e raios de carga, valores intermediários entre os valores fornecidos na tabela, devem ser consideradas da seguinte forma: considerar-se-á a carga imediatamente inferior à indicada pelo raio e à imediatamente superior indicada pela extensão de lança. Para valores intermediários aos fornecidos pela tabela de cargas, a situação escolhida será sempre a mais desfavorável, o maior raio e a maior extensão de lança.

f) Para operações realizadas sobre estabilizadores: todos os estabilizadores devem estar totalmente entendidos e os pneus sem tocar o solo antes de se estender a lança ou içar cargas. Operações sobre patolas devem ser previstas com as mesmas totalmente entendidas. Neste caso os pneus não devem tocar o solo. Em qualquer outra configuração dos estabilizadores, deve-se consultar a tabela adequada ao içamento ou movimentação de carga.

g) Os pneus devem estar calibrados de acordo com precisão recomendada antes de se içar cargas sobre pneus. O fabricante prevê uma tabela de cargas apenas para operações sobre pneus, onde a distribuição de tensões para o solo se fará exclusivamente pelos mesmos.

Seguindo as configurações estabelecidas por este estudo e tendo em vista que o espaço físico do terreno permite a abertura total de patolas, adotar-se-á a tabela de cargas a qual prevê estabilizadores 100% estendidos.

No conjunto de tabelas fornecido pelo fabricante pode se identificar esta tabela através do símbolo que representa os estabilizadores do guindaste, ele possui uma indicação de 100%, o que confirma o uso da tabela de cargas para estabilizadores 100% estendidos, ou na linguagem usada em campo, patolas 100% abertas, ou totalmente abertas.

Recorrendo a tabela de cargas, Figura 4.25, pode-se observar que a situação mais desfavorável ocorre quando a lança está totalmente entendida e o raio de operação é de 20,00 metros, logo ao se elaborar o plano de içamento e movimentação de cargas tem-se de antemão a situação crítica de movimentação e içamento.

m	9.4	12.1	15.2	18.3	21.3	22.9	22.9+7.9 ext
3.0	25,000	19,425	17,750				
3.5	19,075	17,925	16,725	14,250			
4.0	16,300	16,200	15,625	13,650			
4.5	14,475	14,425	14,525	12,750	11,475		
5.0	12,975	12,975	13,125	12,025	10,925	7,345	
6.0	10,425	10,675	10,850	10,675	9,645	7,345	
7.0	8,755	8,905	9,020	9,105	8,580	6,565	5,735
8.0		7,410	7,490	7,675	7,515	5,795	5,135
9.0		6,265	6,375	6,515	6,415	5,160	4,865
10.0		4,075	5,395	5,520	5,520	4,645	4,590
12.0			4,005	4,115	4,190	3,850	3,980
14.0				3,120	3,190	3,205	3,440
16.0				2,010	2,435	2,500	3,300
18.0					1,875	1,950	3,065
20.0						1,525	2,635
22.0							2,325
24.0							2,035
26.0							1,725
28.0							1,465

Figura 4.25– Tabela de carga do guindaste Grove RT525E

Fonte: Azevedo (2006).

Com o auxílio do JIB o raio de operação alcançado pode ser de 28,00 metros e a diminuição de capacidade de carga é pouco expressiva.

Quadro 4.2: Resumo de configurações críticas de movimentação e içamento do projeto. Fonte: Azevedo (2006).

Configurações	Lança Telescópica	Lança Telescópica +JIB
Raio de Operação	20,00 m	28,00 m
Extensão de Lança	22,90 m	-
Extensão de Lança + JIB	-	22,90 + 7,90 m
Capacidade de Carga	1.525 Kg	1.465 Kg

4.3.4.3 Plano de içamento e movimentação de cargas

Também conhecido como Plano de *Rigging*, o Plano de Movimentação de Cargas é o “documento” no qual pode-se visualizar e detalhar toda o

operação com o equipamento e a carga, antes da mesma ser executada. É um planejamento prévio, onde se determinará a forma mais eficaz e segura de se executar o serviço.

Antes do início de qualquer operação de içamento e movimentação de cargas se faz necessário uma discussão entre as pessoas envolvidas na operação, ou seja, é necessário que todos os profissionais envolvidos na operação estejam inteirados das circunstâncias em que a mesma ocorrerá, seja dentro dos padrões técnicos ou dos padrões de segurança. Isso faz com que o operador do guindaste e o encarregado da operação estejam sintonizados para o desenvolvimento e segurança da operação.

As Figuras 4.26 e 4.27 mostram o posicionamento do guindaste e da carreta durante a movimentação de cargas dos lotes 33 até o 47. Este planejamento ajuda a detectar algum problema de interferência que possa ocorrer durante o manuseio.

No Anexo 10 são apresentados plantas e cortes para a movimentação das estruturas para os 1º e 2º trechos.

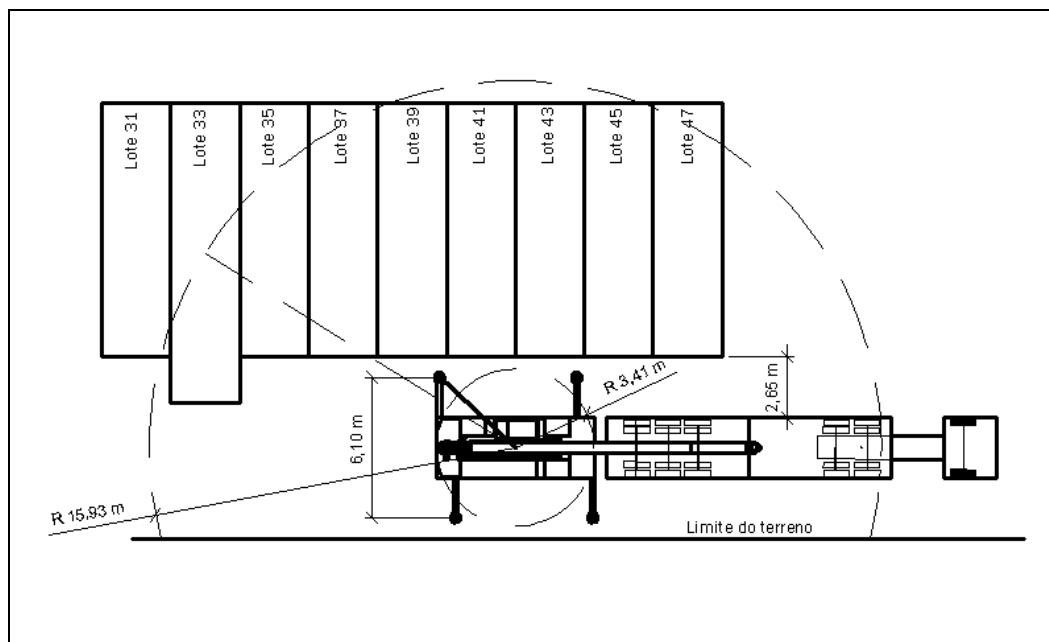


Figura 4.26– Planta com o posicionamento do guindaste e carreta para a movimentação de carga nos lotes 33 a 47.

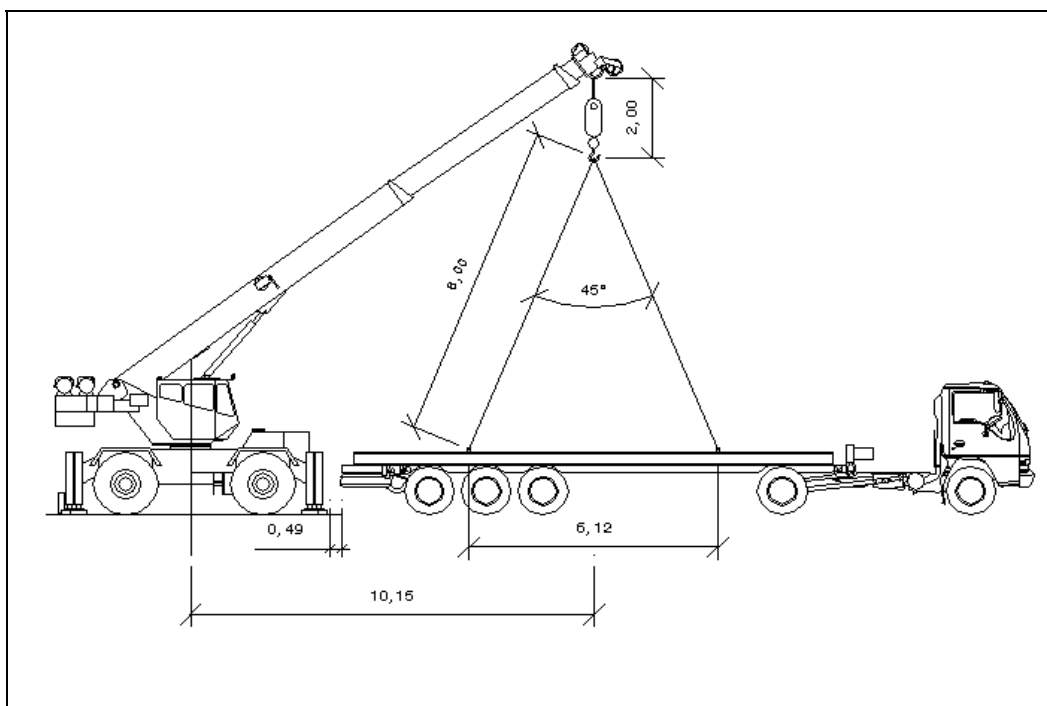


Figura 4.27 – Corte com o posicionamento do guindaste e carreta para a movimentação de carga nos lotes 33 a 47.

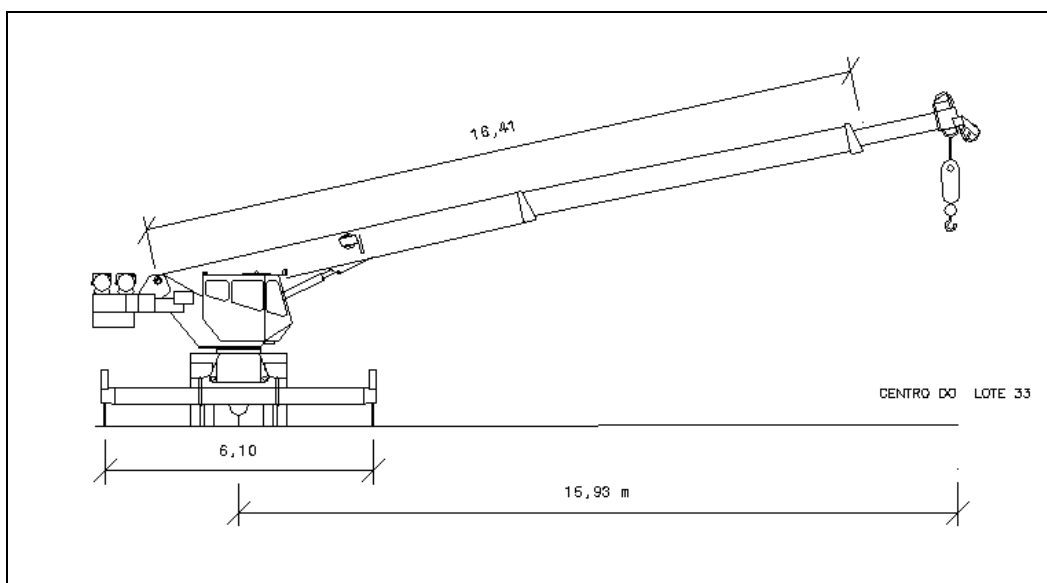


Figura 4.28 – Corte com o posicionamento do guindaste para a movimentação de carga no lotes 33. Fonte: Azevedo (2006).

4.3.4.4 Amarração da carga

É muito comum o uso de acessórios utilizados em amarrações quando

se trata de movimentação de cargas. São também chamados de acessórios de lingar. Eles se apresentam em uma grande variedade, e para se fazer a escolha do acessório adequado deve-se saber, primeiramente, as características do material a ser movimentado.

Todas as peças são perfis do tipo I, a amarração destas para o descarregamento no depósito é determinada em função de sua posição sobre o caminhão quando este chega ao depósito. Isso quer dizer que é necessário conhecermos o posicionamento do perfil no momento do descarregamento, se ele se encontra na posição de formato I ou na posição de formato H.

Para ambas as posições podem-se usar os mesmos acessórios de amarração e de lingar, apenas seu posicionamento durante o içamento será diferente.

Existem vários tipos de acessórios e equipamentos de lingar, no entanto enfocaremos neste manual os cabos estropos, cintas, ganchos, clips, manilhas e um acessório especial para içamento de vigas I ou H, conforme detalhado nas Figuras 4.29 e 4.30.

Este acessório normalmente é dimensionado de acordo com a carga a ser movimentada e pode ser elaborado em campo, pois não é uma peça industrializada, apenas um artifício visando facilitar o içamento da carga.

Normalmente este acessório é chamado de pega-chapa e pode ser usado sozinho ou aos pares, conforme a necessidade durante o içamento.

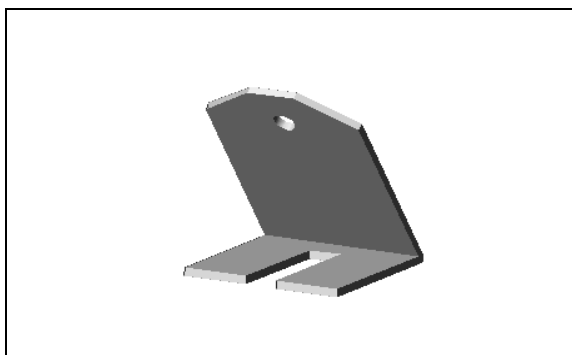


Figura 4.29 – Detalhe do pega chapa.

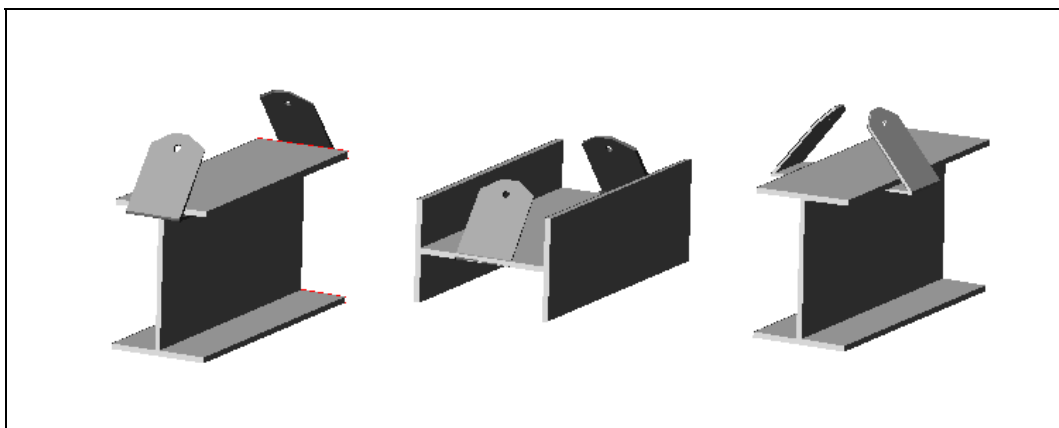


Figura 4.30 – Formas de utilização do pega chapa.

Devido a grande variedade de acessórios de lingar encontrada no mercado, decidiu-se apresentar os mais usuais: estropos, cintas, manilhas e ganchos. De forma abrangente pode-se dizer que estes acessórios tem as seguintes definições:

- Estropos – São cabos de aço de tamanhos pré-definidos que podem ser trançados a mão ou prensados mecanicamente. De baixa flexibilidade podem apresentar elevado peso dependendo da bitola utilizada para sua confecção.
- Cintas – Mais leves e maleáveis que os cabos estropos, preservam as mesmas propriedades que estes, além de evitar que o atrito com a carga danifique a mesma, pois não formam a carga os chamados “cantos vivos”.
- Manilhas – Unem os cabos estropos ou cintas às peças a serem içadas ou a outro acessório de içamento, possuindo trava roscável.
- Ganchos – Assim como as manilhas auxiliam no içamento, porém com o objetivo de dar mais agilidade à operação.

A Figura 4.31 apresenta os alguns exemplos de acessórios de amarração.

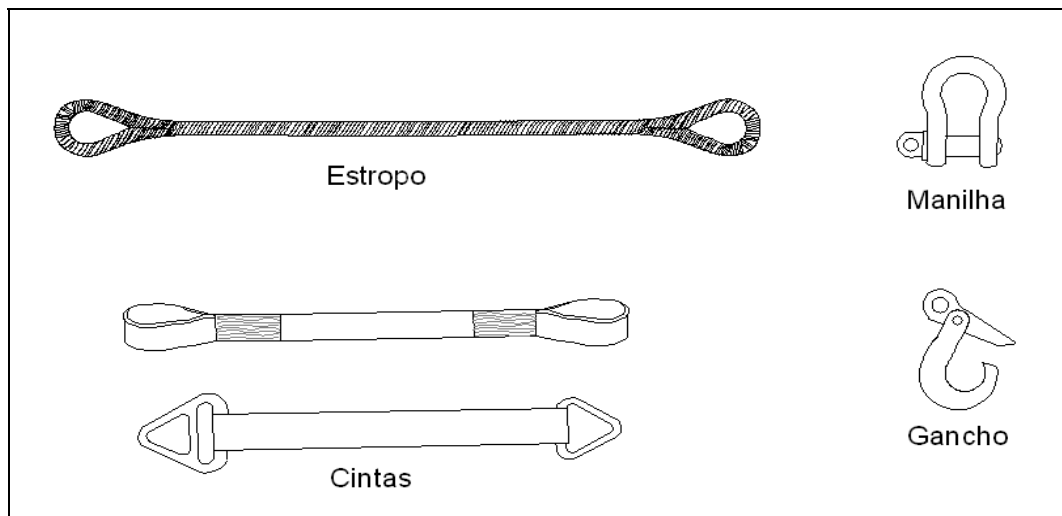


Figura 4.31 – Exemplo de acessórios de amarração.

4.4 PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE

O transporte é a área operacional da logística que posiciona geograficamente o estoque. Seu objetivo é movimentar produtos de um local de origem até um determinado destino, buscando o menor custo possível (BOWERSOX e CLOSS, 2003). Entretanto, “o custo de transporte é entre um a dois terços do total dos custos logísticos” (BALLOU, 1993). Nesse contexto, a eficiência com a utilização máxima do equipamento e do pessoal de transporte é de grande interesse, porém a busca desta eficiência é restringida pela estratégia logística que procura atender às necessidades do cliente: que no caso deste trabalho estará exigindo uma quantidade menor do que a capacidade da carreta, pois se presta a atender a quantidade exata de peças exigida pelo processo construtivo – Construção Enxuta.

A busca pelo menor custo é focada em todo o planejamento logístico, e não isoladamente em cada atividade. No transporte, é dada atenção à eliminação de movimentos desnecessários e à eliminação de atrasos na entrega; para isso são analisados as rotas e outros fatores que podem influenciar no tempo de transporte.

4.4.1 Fatores externos que influenciam o transporte

A forma de construção *Lean* impõe uma grande responsabilidade para a logística de suprimento, pois, ao final do intervalo de cinco horas, a falta de

estruturas trará prejuízos para a produtividade do empreendimento, uma vez que toda a mão-de-obra e equipamentos estarão aguardando a chegada de um lote específico para dar sequência à montagem das estruturas.

O planejamento do transporte objetiva evitar falhas no fluxo dos materiais. Contudo, alguns fatores estão além da capacidade de controle, como por exemplo, o trânsito. Quanto a este fato, o posicionamento da logística é o de estudar o comportamento dos fatores externos existentes e tomar procedimentos que minimizem seus impactos no fluxo desejado. Neste trabalho destacaram-se três fatores externos: a acessibilidade da carreta, o trânsito e a legislação que regulamenta o transporte de carga em centro de cidade.

4.4.1.1 Acessibilidade da carreta

A acessibilidade de veículos grandes em centro antigo, onde a maioria das ruas é estreita, é um problema que pode impedir a chegada dos materiais. Com base nesta preocupação, a análise de acessibilidade do conjunto cavalo/carreta se fez necessário, sendo apresentada na Figura 4.32.

A análise baseou-se no estudo da empresa GUERRA S/A, apresentado em 4.1.5, aplicado para o acesso à Rua Buenos Aires pela Av. Passos. Analisou-se a trajetória da carreta na curva utilizando-se o *software* Auto Cad com os dados de larguras das ruas, dimensões do conjunto carreta/cavalo e do raio mínimo fornecido pela GUERRA S/A.

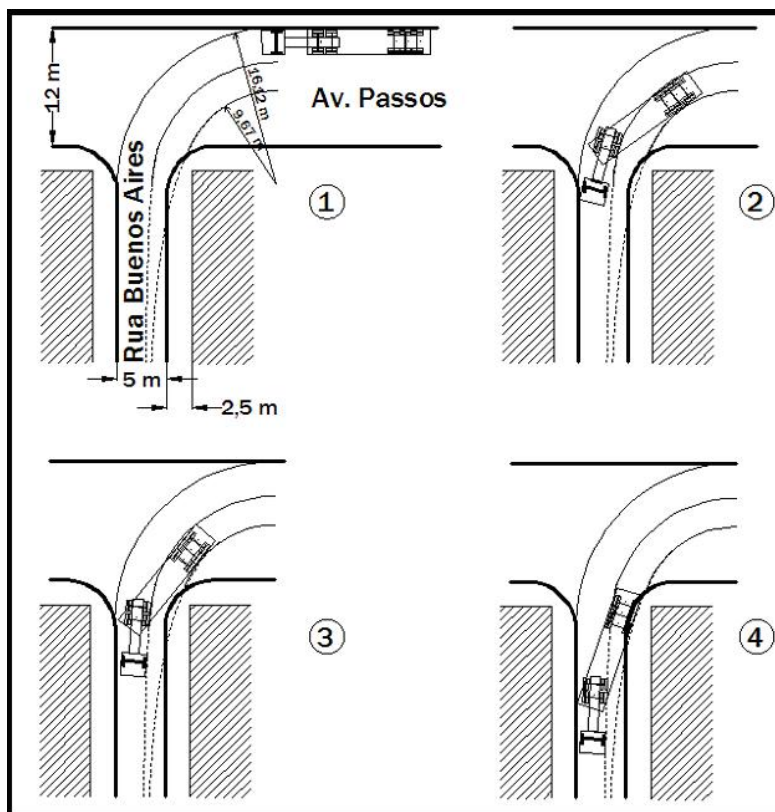


Figura 4.32 – Estudo de acesso da carreta à rua Buenos Aires

Foi definida uma trajetória entre a curva e a nova reta, que inicia-se quando o cavalo começa o processo de realinhamento com a carreta. As rodas da carreta fazem uma trajetória diferente das rodas do cavalo, e exigem um certo espaço de ocupação. Neste caso, houve necessidade de ocupação de uma pequena parte da calçada.

A questão da acessibilidade é um detalhe aparentemente pequeno, mas pode impossibilitar a chegada do veículo, e conseqüentemente tornar inviável todo um planejamento. Pode-se fazer um teste no local com a carreta escolhida, o que substituiria a análise demonstrada na figura 4.31. O importante é verificar a acessibilidade do veículo e garantir a sua chegada ao local da obra.

4.4.1.2 Trânsito

O congestionamento urbano é outro fator que pode interferir na precisão do horário de entrega das estruturas na obra. Para tratar deste fator será utilizado um indicador de desempenho, Índice de Mobilidade, definido pela

Gerência de Informações de Tráfego – GIT, que é o setor da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro responsável pelas informações de indicadores de trânsito.

Mobilidade foi definida por Lomax et al (1997) no estudo “*Quantifying Congestion*” como “a capacidade de movimentação de pessoas e mercadorias de forma rápida, fácil e econômica para o destino desejado a uma velocidade de fluxo livre ou comparavelmente melhor em condições de alta qualidade”. Esta definição, inadequada para análises, como salientado por pesquisadores da Universidade do Texas, foi modificada para: “mobilidade é a capacidade de alcançar um destino num tempo e custo satisfatórios”.

O indicador apresentado pela GIT, o Índice de Mobilidade - IM, expressa a relação da velocidade praticada por um veículo num determinado trecho em relação à velocidade de fluxo livre (velocidade máxima permitida na via).

$$IM = \frac{\text{Velocidade Prática}}{\text{Velocidade de Fluxo}} \quad (\text{Equação 4.1})$$

A Figura 4.33 apresenta o Índice de Mobilidade da Av. Brasil, para o pico da tarde, no primeiro semestre de 2004, ou seja: fluxo de veículos do Centro da Cidade para o subúrbio.

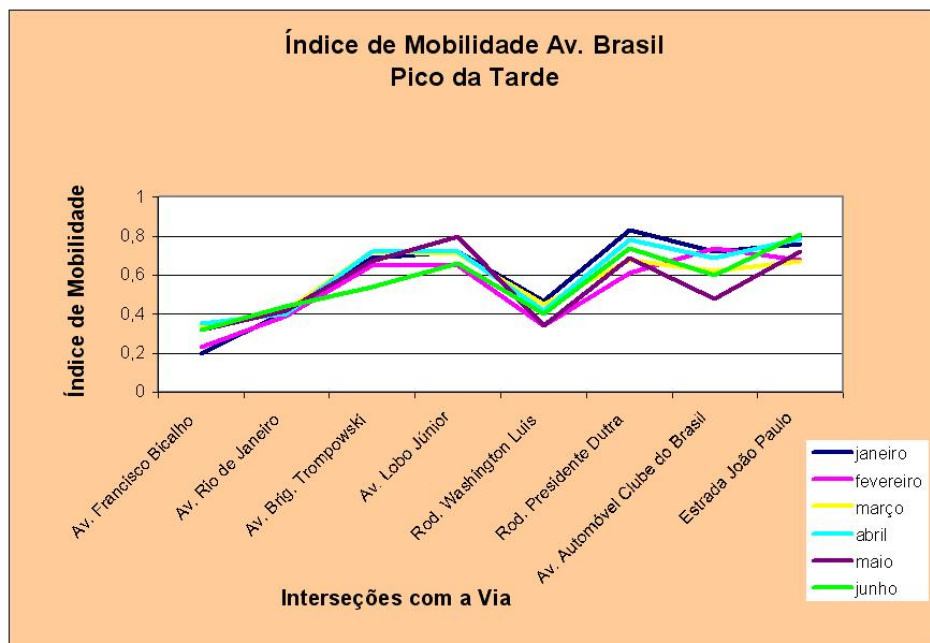


Figura 4.33 –Índice de Mobilidade da Av. Brasil

Fonte: Gerência de Informação de Tráfego da PMRJ (2005)

Observa-se que quando o veículo está com a velocidade praticada igual à velocidade máxima permitida o IM é 1, mas, se parado, o IM é 0. O Anexo 11 mostra os gráficos com os IMs da Av. Brasil no pico da manhã e os IMs da Av. Francisco Bicalho nos picos da manhã e da tarde.

4.4.1.3 Legislação sobre transporte de carga no centro da cidade

A regulamentação da circulação, operação de carga e descarga e a permanência de veículos de carga no Centro da Cidade do Rio de Janeiro é feita pela PORTARIA TR/SUB/CRV nº 11.708, de 02/06/99 e pelo DECRETO nº 14188, de 01/09/1995.

A PORTARIA nº11.708 estabelece corredores de tráfego para restrições de operação de carga e descarga. Desta portaria, o que mais afeta este projeto logístico é a proibição da circulação de veículos de carga com tara acima de 2,2 toneladas, no período compreendido entre 8h e 19h (dias úteis), na pista de tráfego lateral da Av. Presidente Vargas, sentido Zona Norte/Centro, conforme apresentado na Figura 4.34.

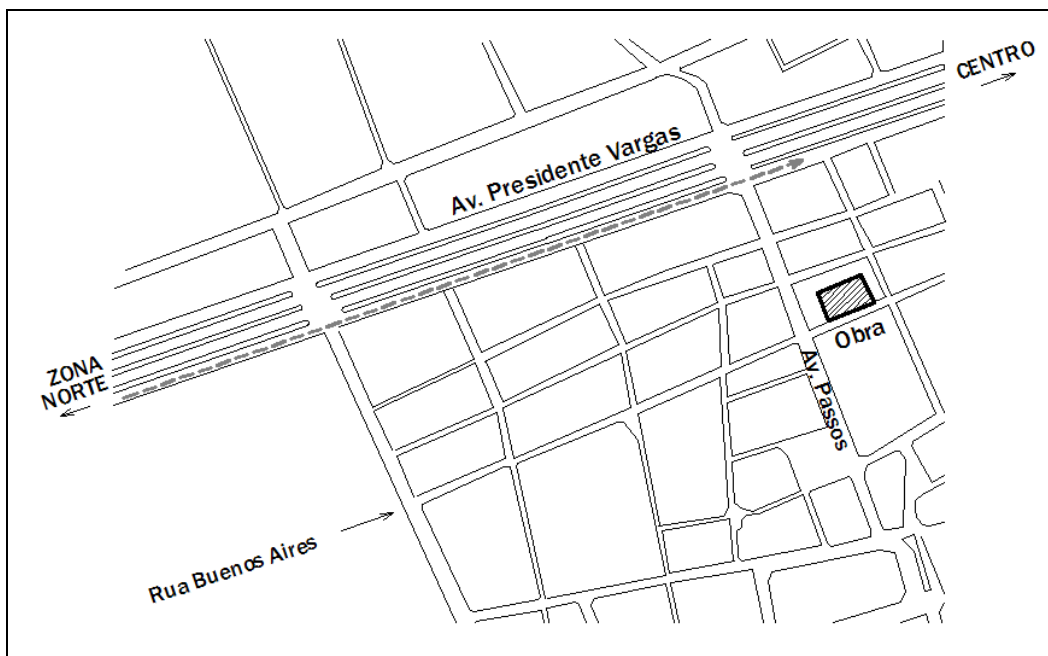


Figura 4.34 – Planta com locação da Av. Presidente Vargas e da obra.

Para se contornar a restrição imposta por esta portaria, pode-se optar por uma rota que não utilize a Av. Presidente Vargas, sentido Zona Norte/Centro.

O DECRETO nº 14188 proíbe a circulação de veículos de carga e operação de carga e descarga, no período compreendido entre 8h e 19h dos dias úteis, no interior do polígono que circunda a interseção da Avenida Presidente Vargas com Avenida Rio Branco, configurando um espaço de poucos quarteirões, desde a Praça Mauá até o Museu de Arte Moderna – no sentido da Avenida Rio Branco, e da Praça XV de Novembro até o Campo de Santana – no sentido da Avenida Presidente Vargas, conforme desenho da Figura 4.34.

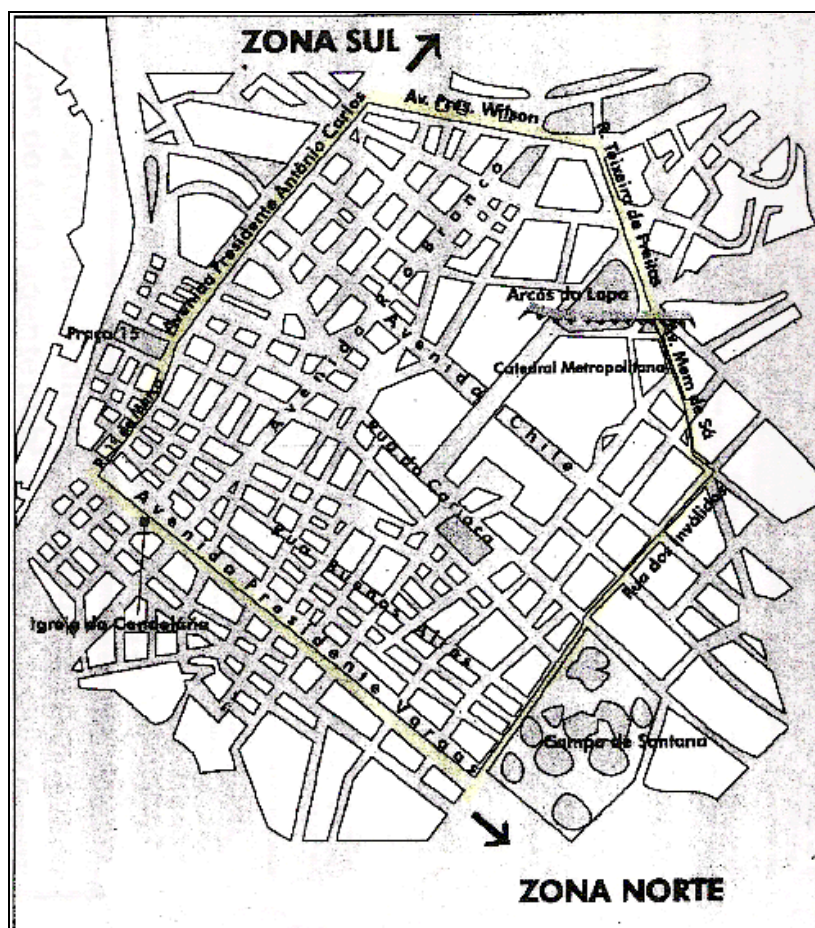


Figura 4.35 – Croqui do Centro da cidade do Rio

Este decreto é uma determinação de autoridade superior, que visa à manutenção da ordem quanto à circulação de veículos no centro da cidade, uma vez que este local possui intenso tráfego de veículos e pedestres.

Segundo informações do setor responsável pela fiscalização de circulação de veículos, a CET-Rio, para se obter autorização de transporte de carga além das restrições impostas pelo decreto Nº 14.188, é necessário expor

a importância do empreendimento para a cidade e a necessidade do transporte. Em seguida, é necessário apresentar um planejamento de movimentação e permanência dos veículos de carga com horários e datas de início e término.

4.4.2 Definição da rota depósito / obra

A roteirização tem o objetivo de procurar o melhor trajeto que o veículo irá percorrer durante os vários ciclos de transporte, do depósito à obra. O melhor trajeto é o que leva menos tempo, pois a extensão de tempo em que os produtos estão em trânsito influi no número dos embarques que podem ser feitos com um veículo, em um dado período de tempo, e nos custos totais do transporte.

O início da rota ocorre na Rodovia Washington Luiz ou na Rodovia Presidente Dutra, conforme Figura 4.36, que possuem alto índice de mobilidade e que permitem alta velocidade.



Figura 4.36 – Mapa do centro da cidade com as opções de rotas

O segundo trecho é na Av. Brasil, via expressa que, apesar do grande fluxo de veículos, é a mais adequada quanto à velocidade, ao índice de mobilidade e ao tráfego de veículos grandes.

O terceiro e último trecho é o mais complicado quanto à movimentação

de veículos de carga pois acessa a região do centro da cidade, onde existem dificuldades quanto a: manobras em ruas estreitas, trânsito intenso e restrições de leis sobre movimentação de veículos de carga. Dois trajetos foram analisados: Av. Francisco Bicalho / Av. Presidente Vargas – denominado Rota A; e outro pela Av. Rodrigues Alves / Rua Camerino – denominado Rota B.

Foram analisados quatro fatores para a tomada de decisão entre as Rotas A ou B: acessibilidade da carreta pelas ruas, legislação sobre o trânsito de veículos de cargas no centro de cidade, congestionamento e distância.

Quadro 4.3 – Comparação das Rotas A e B

	Rota A	Rota B
Acessibilidade *	Boa	boa
Legislação	com restrição	sem restrição
Congestionamento	Ruim	regular
Distância (Km)	4,35	3,81

A acessibilidade diz respeito à largura das ruas e a facilidade de manobra até a chegada a obra.

Quanto à legislação, a Rota A apresenta restrição na Av. Presidente Vargas, conforme apresentado em 4.4.1.3.

No fator congestionamento, a Rota-A apresenta as piores condições, pois percorre a Av. Presidente Vargas quase em sua totalidade, com baixo índice de mobilidade.

Decidiu-se pela Rota-B por apresentar-se sem restrição quanto à legislação, menor distância e vantagem em relação à característica de possibilidade de congestionamentos.

4.4.3 Cálculo dos tempos de transporte

Os tempos para o transporte das estruturas serão calculados em função da distância e da velocidade média dos trechos percorridos. A velocidade média foi determinada com base nos índices de mobilidade divulgado pela GIT, conforme explicado em 4.4.1.2 e apresentado seus valores no Anexo 11. O

índice de mobilidade utilizado foi o mais baixo dentre os apresentados pelo estudo da GIT, para cada trecho utilizado.

Com a Equação 4.1 temos:

$$\text{Velocidade Praticada} = \text{IM} \times \text{Velocidade de Fluxo Livre}$$

Aplicando a velocidade praticada calculada na Equação 4.2 pode-se calcular o tempo de deslocamento.

$$\text{Velocidade Praticada} = \frac{\text{Distância}}{\text{Tempo}} \quad (\text{Equação 4.2})$$

$$\therefore \text{Tempo} = \frac{\text{Distância}}{\text{Velocidade Praticada}}$$

Quadro 4.4 – Cálculo dos tempos de transporte

	Distância (Km)	Índice de Mobilidade	Velocidade de Fluxo Livre (Km/h)	Velocidade Praticada (Km/h)	Tempo (min)
Rodovia Washington Luiz	7,0	0,32	100	32	13
Rodovia Presidente Dutra	14,0	0,35	100	35	24
Av. Brasil	13,5	0,20	90	18	45
Av. Rodrigues Alves	2,5	0,25	90	22	7
Rua Camerino e Av. Passos	1,3	0,25	70	17	5

Na Rodovia Washington Luiz e na Rodovia Presidente Dutra, por falta de dados da GIT, foram considerados os índices de mobilidade dos trechos da Av. Brasil que cruzam as referidas rodovias. O mesmo tratamento foi atribuído ao dado da Rua Camerino e Av. Passos, considerando-se o índice da Av. Rodrigues Alves.

4.4.4 Fator de segurança

O tempo de movimentação da carreta até a obra poderá oscilar em função do congestionamento. Se a carreta chegar na obra antes do guindaste, terá problema de permanência na Rua Buenos Aires. Se chegar depois, trará prejuízo à produção da obra. Por esta razão, optou-se por um ponto intermediário entre o depósito e a obra, o mais próximo possível da obra, (ver Figura 4.37), onde a carreta permaneça parada, aguardando a ordem de se locomover até a obra.

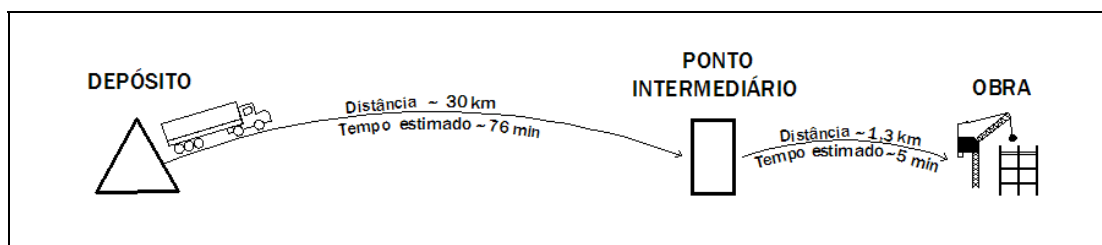


Figura 4.37 – Ponto intermediário entre o depósito e a obra

Com a utilização deste ponto intermediário, o momento de chegada da carreta fica mais preciso, pois depois de descarregada, a carreta retorna ao depósito, passa pela atividade de carregamento e se desloca até o ponto intermediário. Nestas etapas pode haver gastos de tempos não previstos no planejamento, causadas por eventualidades como um congestionamento atípico, por exemplo, o que diminuiria a velocidade de deslocamento e alteraria o tempo planejado. Se isto ocorresse, poderia se utilizar o tempo reservado para a permanência da carreta no ponto intermediário.

Também pode ocorrer congestionamento atípico entre o ponto intermediário e a obra. Neste caso, a carreta poderia sair antes, utilizando também o tempo reservado para permanência no ponto intermediário.

Em resumo, a permanência da carreta num ponto intermediário funciona como elemento de ajuste dos tempos previstos para o abastecimento da obra.

O local escolhido como ponto intermediário foi a área entre o final da Rua Camerino e Av. Rodrigues Alves. Neste local há ruas largas e pouco utilizadas, podendo servir como estacionamento às carretas, sem causar qualquer transtorno à circulação dos demais veículos.

4.4.5 Cálculo do número de carretas

O cálculo do número de carretas necessárias para o transporte de estruturas é feito em função do tempo de trabalho diário, do tempo que leva a carreta para fazer um ciclo completo e do tempo que a torre leva para içar e montar um lote de estruturas, conforme descrito na Equação 4.3.

O tempo de trabalho diário da obra é de quinze horas, ou seja: na obra serão içados e montados diariamente três lotes de estruturas, gastando-se cinco horas para cada lote.

A carreta terá cinco horas para descarregar e retornar ao depósito. Mais cinco horas para carregar e se deslocar até a obra. Define-se assim, um tempo de ciclo de dez horas.

$$D T = c n \quad (\text{Equação 4.3})$$

Onde:

- D é o tempo de trabalho demandado pela obra por dia – 15 horas;
- T é a relação do tempo de ciclo da carreta sobre D – 10 horas /15 horas;
- c é o tempo de trabalho da torre para içar e montar todas as peças do lote – 5 horas; e
- n é o número de “carretas” .

$$n = \frac{D T}{c} = \frac{15 \cdot \frac{10}{15}}{5} = 2 \text{ carretas}$$

O tempo de içamento e de retorno da carreta foi considerado o mesmo do tempo de ida até a obra, a fim de se balancear as atividades. Porém, na análise detalhada do tempo de retorno, observa-se que o tempo de ciclo da carreta poderá ser menor, conforme apresentado no Quadro 4.4.

Quadro 4.5 – Detalhamento do tempo de ciclo da carreta

Carregamento + Deslocamento até Ponto Intermediário + Permanência no Ponto Intermediário + Deslocamento até a obra	5,00 horas
preparação + içamento	1,25 horas
Retorno da carreta	1,27 horas
Tempo total do ciclo da carreta	7,51 horas

Dessa forma o cálculo de n seria o seguinte:

$$n = \frac{D \cdot T}{c} = \frac{15 \cdot \frac{7,51}{15}}{5} = 1,50 \text{ carretas}$$

Como não existem 1.50 carretas, a quantidade de carretas continuaria sendo duas.

Pode-se confirmar estes dados fazendo-se a análise com uma carreta. Após o içamento, a carreta estará disponível para retornar ao depósito, ser carregada, se deslocar até o ponto intermediário, permanecer no ponto intermediário e finalmente se deslocar até a obra novamente. O tempo que uma carreta teria para cumprir todas estas tarefas é de 3,75 horas (tempo de montagem das estruturas).

Quadro 4.6 – Detalhamento dos tempos de utilização da carreta

Retorno ao depósito	1,35 horas
Carregamento da Carreta	1,08 horas
Deslocamento até o Ponto Intermediário	1,26 horas
Permanência no Ponto Intermediário	0,30 horas
Deslocamento até a obra	0,08 horas
Tempo total	4,07 horas

O tempo total de ciclo é 4.07 horas, e está acima do tempo disponível (3.75 horas). Neste sentido, fica claro que é necessária a utilização de duas

carretas. Porém, se retirar o tempo de permanência no ponto intermediário o tempo de utilização da carreta será de 3.57 horas, e estará abaixo do tempo disponível.

A proposta de utilização de uma só carreta estará praticamente descartando o ponto intermediário. O trabalho logístico estará trabalhando com uma margem muito pequena de tolerância e ficando vulnerável a eventuais acontecimentos que possam impedir a chegada dos materiais a obra. Vale salientar ainda, que neste cálculo não estão sendo considerados os tempos de manobra da carreta, nem no depósito, nem na obra. Decidiu-se, portanto, trabalhar com duas carretas a fim de assegurar a chegada dos materiais no tempo previsto.

4.5 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

A sequência de atividades está representada pelo mapeamento do fluxo de valor na Figura 4.38.

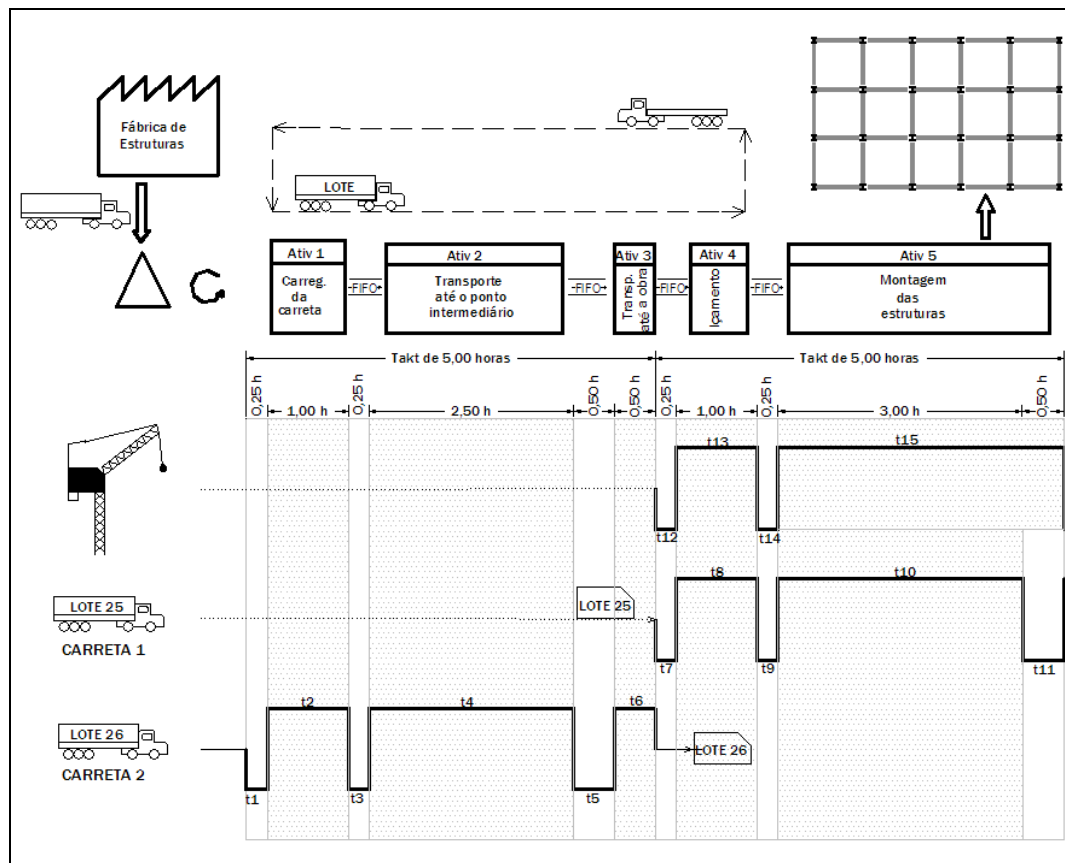


Figura 4.38 – Mapeamento do fluxo de valor das estruturas metálicas

A seqüência relaciona o recebimento das estruturas em um depósito, o carregamento dos lotes, o transporte das carretas até um ponto intermediário de espera para movimentação até a obra, o transporte até a obra, o içamento das peças e a montagem das estruturas metálicas que compõem os lotes.

Como houve necessidade de utilização de duas carretas, a fim de dar maior segurança à logística de suprimento, passou a existir uma folga, logo distribuída nas atividades de transporte, onde não se tem controle das condições de tráfego que possam prejudicar o fluxo.

Os tempos de operação são assinalados em centésimos de hora.

Observa-se na Figura 4.37 a representação de 2 lotes da 2ª etapa. São os lotes 25 e 26, como exemplo da aplicação da ferramenta de mapeamento.

Os tempos (t) em centésimos de hora foram dimensionados para cumprirem as seguintes tarefas:

t1 é o tempo de 15 minutos, adotado para a preparação da mão-de-obra e do equipamento no depósito para o carregamento do lote 26;

t2 é o tempo de 1 hora, adotado para o carregamento do lote 26 na carreta no depósito;

t3 é o tempo de 15 minutos adotado, para a verificação e recebimento da documentação da carga (lote 26);

t4 é o tempo de aproximadamente 2 horas e 30 minutos, adotado com margem de segurança devido às incertezas e riscos existentes no trajeto, para movimentação da carreta do lote 26 até o ponto intermediário;

t5 é o tempo de aproximadamente 30 minutos, o qual, dependendo da necessidade, pode ser nulo, ou seja, se o tempo de movimentação da carreta até o ponto intermediário (t4) levar 3 horas, ela deve ir direto para a obra, não havendo necessidade de parar no ponto intermediário. Este tempo seria um desperdício, mas é necessário para reduzir-se a possibilidade de atraso na chegada à obra, o que implicaria em desperdício na utilização da torre;

t6 é o tempo de aproximadamente 30 minutos, adotado com margem de segurança devido às incertezas e riscos existentes no trajeto, para movimentação da carreta do lote 26 até a obra;

t7 é o tempo de 15 minutos, adotado para a preparação da mão-de-obra no térreo da obra para o içamento do lote 25;

t8 é o tempo de 1 hora, adotado para o içamento das peças do lote 25;

t9 é o tempo de 15 minutos, adotado para que a carreta seja preparada para retornar vazia ao depósito, e carregar o lote 27;

t10 é o tempo de aproximadamente 3 horas, adotado com margem de segurança devido às incertezas e riscos existentes no trajeto, para retorno da carreta vazia ao depósito, para carregar o lote 27;

t11 é o tempo de aproximadamente 30 minutos, adotado para a carreta ficar em espera no depósito. Este tempo seria um desperdício, mas pode ser utilizado para manutenção da carreta;

t12 é o tempo de 15 minutos, adotado para a preparação da torre para o içamento das peças do lote 25, onde ocorre simultaneamente a preparação da mão-de-obra (t7);

t13 é o tempo de 1 hora, adotado para o içamento das peças do lote 25;

t14 é o tempo de 15 minutos, adotado na preparação da mão-de-obra do pavimento em execução da obra, para a montagem do lote 25;

t15 é o tempo de 3 horas e 30 minutos, adotado para a montagem do lote 25.

Em uma descrição preliminar, verifica-se que a seqüência de atividades da torre basculante tem a duração total de cinco horas por lote içado e montado, e é o que define o *takt time*, conforme indicado na figura 4.36. Duas carretas são suficientes para abastecer a obra. A cada cinco horas, uma carreta é carregada no depósito, depois movimentada até o ponto intermediário (distante poucos minutos da obra) e espera o deslocamento para a obra, em função da disponibilidade da torre. Nesse mesmo período, a outra carreta de abastecimento estaciona na obra para iniciar o descarregamento e o içamento das peças, numa atividade que tem a duração de uma hora e trinta minutos,

retornando em seguida ao depósito. Constata-se que todas as operações de movimentação de carretas atendem à demanda da torre basculante, que é de um lote a cada cinco horas, conforme proposto por Lyra da Silva (2005).

O ajustamento da atividade logística das carretas à capacidade de operação da torre, em uma produção puxada, é a característica de fluxo da construção *lean*: a carga de cada atividade é sincronizada no ritmo de demanda da torre basculante, estabelecendo-se o cadenciamento no mapeamento da cadeia de valor.

Este mapeamento baseou-se no mapeamento adotado pela indústria automobilística. Algumas adaptações foram feitas promovendo algumas diferenças, como por exemplo:

- para facilitar o entendimento da linha de fluxo a mesma foi feita em três partes: a primeira mostra as atividades da torre de içamento; a segunda mostra as atividade da carreta-1 e a terceira mostra as atividade da carreta-2. Todas as três linhas estão em fluxos simultâneos e sincronizados;
- estas mesmas linhas de fluxo foram apresentadas em escala facilitando a relação rápida do tempo com a atividade, evitando falhas na interpretação do mesmo;
- as linhas na parte superior (t13, t15, entre outras) representam as atividades que agregam valor ao produto final para o cliente, ou que, se não agregam valor, são, como as primeiras (t2, t4, entre outras), fundamentais no processo;
- as linhas na parte inferior, como os t1, t3, t7, t9, t12 e t14 simbolizam tempos de atividades que não agregam valor ao produto final para o cliente, logo, foram reduzidas ao máximo e devem ser eliminadas quando possível;
- as linhas na parte inferior, como os t5 e t11, significam tempo de atividades. Além de não agregarem valor ao produto final para o cliente, também podem e devem ser eliminadas, pois são esperas, logo, desperdícios. Num próximo estudo, por meio de uma melhor configuração do mapeamento pelo tamanho dos lotes

será possível a eliminação de parte deste desperdício ou de sua totalidade.

4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Desde o começo do planejamento houve a preocupação em estabelecer o fluxo de materiais em pequenos lotes, adequados à capacidade de operação da torre basculante e às equipes de montagem. Desta forma, procurou-se reduzir esperas e formação de estoques em processo. A ocorrência de fluxo, integrando a logística de suprimento (externa) à logística de canteiro (interna), diminui ao mínimo a espera de veículos no local de descarregamento da obra.

O planejamento do transporte em tempo a mais do que o calculado valeu-se da utilização de duas carretas para a distribuição da folga existente na atividade mais vulnerável às interferências externas: o transporte. Se fosse possível utilizar uma única carreta, com margem de segurança para o abastecimento, os tempos de transporte seriam mais próximos dos tempos calculados. Esta possibilidade poderá ocorrer no caso de se conseguir diminuir os tempos de carregamento e transporte. Para isso, deve-se melhorar os procedimentos de carregamento e/ou encontrar, mais próximo à obra, um local para o depósito.

A organização do fluxo de estruturas metálicas até sua entrega à obra obedeceu a uma sequência de operações, onde a atividade anterior só é executada a partir da necessidade manifestada pela atividade posterior. Há, portanto, o estabelecimento de um sistema *Kanban* (sem cartões), feito por rádio ou telefone entre o depósito, os motoristas das carretas e o operador da torre, em que a movimentação de cargas é realizada pela autorização do movimento modal. Há, em consequência, um seqüenciamento *Just-in-Time* das cargas, sincronizando todas as operações. Como resultado, com a estrita observância dessa concepção de produção, tem-se a produção puxada, inerente à execução de uma construção *Lean*.

O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta *Lean*, que foi fundamental para o balanceamento das atividades logísticas, visto que a mesma descreve toda a cadeia de valor em estudo, facilitando a visualização

das atividades. Com o mapeamento pôde se dosar os tempos de folga para as atividades que realmente necessitassem. Ele possibilita um melhor arranjo das atividades na tentativa de eliminar ou reduzir ao máximo as que não agregam valor ao produto final.

Conceitualmente, o mapeamento deveria ser feito antes do seu estado atual, para depois dimensionar o estado futuro. Porém, na proposta logística apresentada, o mapeamento foi elaborado como forma de planejamento, ou seja, no seu estado futuro. Deste modo resolveu-se desenvolver uma alternativa diretamente no mapeamento do estado futuro, considerando que uma obra de centro de cidade (sem espaço físico excedente) só apresentaria um aumento da produtividade pela aplicação da construção *lean* e com uma logística de suprimento adequada ao processo construtivo.

O mapeamento mostrou que sem a utilização do depósito não haveria o fluxo e conseqüentemente não se poderia utilizar a ferramenta *Just-in-Time*. Isto se deve ao fato de que a fábrica das estruturas, a princípio, não trabalha em processo de produção *Lean*, ou seja, produz peças por batelada. O depósito é que dará condições para as estruturas seguirem na forma requerida pela Construção *Lean* (pequenos lotes). Com o depósito foi possível a implantação de fluxo para a estocagem das peças, apesar da falta de espaço físico na obra.

A logística foi tratada como uma etapa essencial deste novo processo construtivo. A proposta logística apresentada procurou dar suporte às demais etapas construtivas, buscando a sincronização de todas as etapas. Dessa forma, a determinação do ganho de produtividade gerado pela logística está vinculado ao ganho de produtividade da obra. Não é possível determinar os ganhos de produtividade da logística sem analisar o processo construtivo como um todo.

Para se apresentar justificativas no ganho de produtividade da obra, mesmo sem medir indicadores numéricos de acompanhamento e comparação, há necessidade de se considerar dois aspectos na implantação da construção *lean*:

a) Não é usual na construção a ocorrência de situações de antes da implantação e depois da implantação de nova forma de organização da

produção, como é comum no setor industrial de produção seriada. Quando tal ocorre, existe um tempo de aprendizado e acomodação que não justificariam tal tipo de análise.

b) a comparação entre obras não é comum, já que nesse setor não é usual a existência de duas ou mais construções iguais. Ocorrem particularizações de projeto, diferenças de local, períodos de execução diferentes que estão sujeitos a variações climáticas. Todos esses fatores interferem no rendimento da obra e o conhecimento adquirido privilegia obras posteriores. Dessa forma são criadas situações que sempre distinguem uma obra de outra, mesmo que semelhantes.

Por ser muito difícil avaliar o aumento de produtividade da obra, comparando uma construção *lean* com uma construção convencional, este trabalho não apresenta este tipo de resultado.

Pode-se, portanto, avaliar os ganhos de produtividade gerados pela proposta logística através do mapeamento do fluxo de valor. Com esta ferramenta *lean* é possível analisar melhor a integração das atividades e buscar a redução de desperdícios. É possível também detectar atividades repetitivas e padronizá-las. Isto induz ao aumento de produtividade da construção *lean* quando se considera que:

a) O uso de concepções e procedimentos *lean* para eliminação de desperdícios de processo foi bastante eficiente em diferentes setores industriais. É possível imaginar que o mesmo ocorra em uma organização de produção da construção predial;

b) o planejamento de um fluxo de operações, integrando a logística de suprimento as atividades de içamento e montagem das estruturas metálicas, preocupou-se em eliminar “gargalos”, balanceando as atividades, o que significa a estrita eliminação de desperdícios de processos. Essa sistematização na identificação e eliminação de desperdícios induziu ao aumento de produtividade em outros setores de produção, possibilitando o aumento da produtividade da construção.