

**GABRIEL MILER M. DE MORAES  
GUSTAVO AVILLA ANDREOLI  
SHIRLEY VIEIRA MOLINA**

**PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES TÉCNICAS PARA O PROCESSO  
DE DEMOLIÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

Trabalho de Formatura do Curso de  
Engenharia Civil apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo

São Paulo  
2016

**GABRIEL MILER M. DE MORAES  
GUSTAVO AVILLA ANDREOLI  
SHIRLEY VIEIRA MOLINA**

**PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES TÉCNICAS PARA O PROCESSO  
DE DEMOLIÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

Trabalho de Formatura do Curso de  
Engenharia Civil apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Cirelli  
Angulo

São Paulo  
2016

## Catalogação-na-publicação

de Moraes, Gabriel

Proposição de diretrizes técnicas para o processo de demolição na região metropolitana de São Paulo / G. de Moraes, G. Andreoli, S. Molina – São Paulo, 2016.

124 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.demolição [processos] 2.demolição [métodos] 3.engenharia civil [planejamento] I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t. III.Andreoli, Gustavo IV.Molina, Shirley

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos aqueles que nos proporcionaram realizar um ótimo trabalho. Aos amigos verdadeiros, às nossas famílias, aos docentes comprometidos e aos que colaboraram com tempo e conhecimento.

“Seu trabalho vai preencher uma parte grande da sua vida, e a única maneira de ficar realmente satisfeito é fazer o que você acredita ser um ótimo trabalho. E a única maneira de fazer um excelente trabalho é amar o que você faz.” (Steve Jobs).

## SUMÁRIO

1	Introdução .....	1
2	Objetivos .....	4
2.1	Objetivo Geral .....	4
2.2	Objetivos Específicos .....	4
3	Método .....	5
3.1	Revisão Bibliográfica .....	5
3.2	Visitas Técnicas .....	5
3.3	Proposição de diretrizes .....	6
4	Revisão Bibliográfica .....	7
4.1	Processo de Demolição .....	7
4.1.1	Planejamento .....	7
4.1.2	Preparo do canteiro e descomissionamento .....	7
4.1.3	Remoção Leve e Demolição Pesada .....	7
4.1.4	Limpeza e desmobilização .....	8
4.2	Planejamento Operacional .....	8
4.2.1	Documentos .....	10
4.3	Remoção Leve .....	12
4.3.1	Vidro .....	14
4.3.1.1	Placas cerâmicas .....	15
4.3.2	Gesso .....	15
4.4	Métodos de demolição pesada .....	20
4.4.1	Top Down (De cima para baixo) .....	27
4.4.2	Métodos Mecanizados com operação à distância .....	38
4.4.3	Demolição por Explosivos .....	43
4.4.4	Outros Métodos .....	44
4.5	Segurança e Saúde do Trabalho .....	50
4.5.1	Legislação .....	50
4.5.2	Medidas Administrativas da Empresa .....	51
4.5.3	Medidas Operacionais da Atividade .....	52
4.5.4	Organização do canteiro .....	57
4.6	Controle de Particulado .....	60
4.7	Gestão de Resíduos .....	62
4.8	Estudo Logístico .....	68
4.8.1	Logística Interna .....	69
4.8.2	Logística externa .....	71
5	Visitas .....	72
5.1	Caracterização das Obras .....	72
5.1.1	Obra 1 – edifício de múltiplos pavimentos – empresa 1 .....	72
5.1.2	Obra 2 – galpões industriais – empresa 1 .....	75
5.1.3	Obra 3 – demolição de laje de galpão industrial – empresa 2 .....	76
5.1.4	Entrevista 1 – empresa de demolição controlada .....	78
5.1.5	Entrevista 2 – construtora que contrata serviços de demolidoras .....	78
5.2	Comparação entre as obras .....	79
5.3	Análise Crítica pelos Profissionais .....	80
6	Desenvolvimento .....	85
6.1	Planejamento .....	85
6.1.1	Definição do escopo e levantamento de informações .....	86
6.1.2	Estudo dos riscos .....	87

6.1.3	Escolha do método de demolição pesada .....	88
6.1.4	Elaboração de Plano de Gestão de Resíduos .....	89
6.1.5	Logística .....	90
6.1.6	Dimensionamento das equipes e Elaboração do cronograma .....	93
6.1.7	Plano de Trabalho .....	93
6.2	Alvará de execução de demolição .....	94
6.3	Preparo do canteiro e descomissionamento .....	94
6.4	Remoção leve .....	95
6.5	Demolição pesada.....	96
6.5.1	Método <i>Top Down</i> .....	96
6.5.2	Método mecanizado com operação à distância.....	98
6.5.3	Explosivos .....	99
6.6	Segurança e saúde do trabalho .....	100
6.6.1	Medidas Administrativas da Empresa.....	100
6.6.2	Medidas Operacionais da Atividade .....	101
6.7	Destinação de resíduos.....	103
6.8	Desmobilização do canteiro e certificado de conclusão de demolição .....	106
7	Conclusões .....	107
8	Trabalhos Futuros .....	110
9	Referências Bibliográficas.....	111

## RESUMO

A indústria de demolição ganha cada vez mais importância conforme as cidades têm necessidade de renovar seus espaços de forma segura e ambientalmente adequada. No Brasil, o setor sofre de uma alta informalidade e carência de bibliografia técnica nacional como referência.

Dentro deste cenário, o trabalho estabelece diretrizes técnicas para o processo de demolição, com foco na Região Metropolitana de São Paulo. Elas contemplam o processo de demolição como um todo, isto é, as etapas de planejamento, documentação, logística, remoção leve, demolição pesada, segurança ocupacional e gestão de resíduos.

O método do trabalho consiste em revisão bibliográfica, visitas de campo e conversas com profissionais, cruzando as informações e compilando-as nas diretrizes, com fluxogramas para tomadas de decisão e listas de checagem para controle.

O trabalho traz avanços no sentido de análise do processo e proposição de diretrizes. No entanto, por ser um tema muito amplo, com diversas áreas de engenharia civil, alguns tópicos ainda devem ser mais bem explorados.

Palavras-Chave: demolição [processos]; demolição [métodos]; engenharia civil [planejamento]

## **ABSTRACT**

The demolition industry gets more importante as the cities increase the need of renovation the spaces in a safe and environmental adequate way. In Brazil, the sector suffers from high informality and lack of national bibliographic references.

In this scenario, the essay sets guidelines for the demolition process, focused on the Sao Paulo Metropolitan Region. It covers the demolition process as a whole, that is to say planning, documentation, logistic, soft stripping, heavy demolition, safety and waste management.

The method consists in literature review, field visits and contact with professionals, crossing all the data and compiling it in the guidelines, with flowcharts for decision making and checklists for controlling.

The work brings advances foreward to the process analysis and setting guidelines. However, such a broad topic with different areas of civil engineering, some points still needs further development.

Key-words: demolition [processes]; demolition [methods]; civil engineering [methods]



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico: receita bruta do setor de demolição (IBGE, 2012).....	2
Figura 2 - Gráfico: quantidade de empresas demolidoras, incluindo terraplenagem (IBGE, 2012) .....	2
Figura 3 - Etapas da execução deste trabalho .....	5
Figura 4 - Processo de componentes leves: pré-demolição (branco) e demolição (preto).....	12
Figura 5 - Remoção de bloco de vidro .....	14
Figura 6 - Vidro em fachada (esquerda) e vidro como guarda corpo (direita) .....	14
Figura 7 - Remoção de revestimento cerâmico .....	15
Figura 8 - Serra sabre .....	16
Figura 9 - Demolição com picareta da alvenaria de gesso (GtoG, 2015) .....	17
Figura 10 - Desplacamento com o uso de pá e placa retirada após o processo (GtoG, 2005) .....	17
Figura 11 - Desconstrução de parede dupla de <i>dry wall</i> com isolante .....	18
Figura 12 - Desconstrução por corte com serra .....	19
Figura 13 - Remoção de forro .....	19
Figura 14 - Uso de martelo perfurador .....	27
Figura 15 - Rompedor .....	28
Figura 16 - Fases de execução do quebrador de cunhas .....	28
Figura 17- Demolição de parede de alvenaria com tesoura hidráulica.....	29
Figura 18 - Tesoura demolindo estrutura de concreto armado.....	30
Figura 19 - Trabalhos de demolição por compressão com retroescavadeira .....	30
Figura 20 - robô de demolição com tesoura de corte .....	31
Figura 21 - Rompimento do concreto em uma estrutura em balanço.....	32
Figura 22 - Sequência de demolição de estruturas em balanço.....	32
Figura 23 - Rompimento do concreto da laje.....	33
Figura 24 - Sequência de demolição de vigas.....	33
Figura 25 - Demolição de viga - Método manual.....	34
Figura 26 - Sequência de demolição de parede.....	35
Figura 27 - Retroescavadeira com rompedor separando uma seção de parede.....	35
Figura 28 - Parede externa (vista de dentro do edifício, método manual) .....	36
Figura 29 - Sequência de demolição de pilar de concreto armado .....	36
Figura 30 - Sequência de demolição de moldura de concreto armador .....	37
Figura 31 - Exemplo de rampa temporária (Code of Practice for Demolition of Buildings, Hong Kong, 2004).....	38
Figura 32 - Escavadeira sobre esteiras.....	40
Figura 33 - Triturador com braço longo (Code of Practice for Demolition of Buildings, Hong Kong, 2004) .....	40
Figura 34 - Escavadeira realizando puxamento de alvenaria.....	42
Figura 35 - Equipamento necessário para uso de bola de demolição.....	45
Figura 36 - Uso do disco portátil em estrutura única de concreto .....	47
Figura 37 - Serra de parede (esq.) e aberturas de janelas em concreto feitas pelo material (dir.) .....	47
Figura 38 - Corte de peça de concreto por fio diamantado .....	48
Figura 39 - Utilização da lança térmica (Mascarenhas e Jorge, 2008).....	49
Figura 40 - Princípio de funcionamento do sistema de microondas na demolição de concreto (Gomes, 2010).....	50
Figura 41 - Organização dos blocos de medidas de segurança.....	51

Figura 42 - Exemplo fechamento com mínimo de 1,2 m e rodapé 20 cm (SINDUSCON, 2008) .....	54
Figura 43 - Medidas de plataformas secundárias e principal para construções (SINDUSCON, 2008) .....	55
Figura 44 - Sistema limitador de quedas em altura .....	55
Figura 45 - Cinto parquedista e linha de vida .....	56
Figura 46 - Obra de demolição protegida por andaimes fachadeiros e telas (Hong Kong, 2006).....	62
Figura 47 - Aspersão de água para controle de particulado.....	62
Figura 48 - Etapas do planejamento da logística interna .....	69
Figura 49 - Caminhão caçamba .....	70
Figura 50 - Caminhão Munk.....	70
Figura 51 - Etapas do planejamento da logística externa .....	71
Figura 52 - Fotografia em perfil do edifício .....	74
Figura 53 - Desenho esquemático do entorno em planta.....	74
Figura 54 - Vista do próximo galpão a ser demolido + entulho de concreto.....	76
Figura 55 - Laje parcialmente demolida (restante à direita da figura) .....	77
Figura 56 - Uso do robô de demolição para britagem do concreto armado .....	78
Figura 57 - Fluxograma: processo de demolição .....	85
Figura 58 - Fluxograma: planejamento.....	86
Figura 59 - Fluxograma: escolha do método.....	88
Figura 60 - Fluxograma: possibilidade de elaboração de PGRS.....	90
Figura 61 - Fluxograma: logística de materiais.....	92
Figura 62 - Fluxograma: remoção leve.....	95
Figura 63 – Fluxograma: sequência do método <i>top down</i> .....	96
Figura 64 - Fluxograma: destinação de resíduos Classe A.....	104
Figura 65 - Fluxograma: destinação de resíduos de madeira, gesso e tinta com metal pesado ou solvente) .....	105
Figura 66 - Diagrama de Ishikawa sintetizando problemas encontrados no setor da demolição.....	108

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Justificativa de cores para a Tabela 2 .....	20
Tabela 2 - Métodos de demolição de estruturas de concreto armado (Code of Practice for Demolition of Buildings, Hong Kong, 2004) .....	21
Tabela 3 - Classificações dos critérios .....	22
Tabela 4 - Característica dos equipamentos .....	23
Tabela 5 - Equipamentos e seus usos recomendados .....	24
Tabela 6 - Características dos equipamentos (cont.) .....	25
Tabela 7 - Equipamentos e seus usos recomendados (cont.) .....	26
Tabela 8 – Critério de dimensionamento da SEESMT segundo NR-4 .....	51
Tabela 9 - Atividades emissoras e medidas de prevenção e controle durante atividades de demolição (adaptado de Resende, 2007) .....	61
Tabela 10 - Destinação dos resíduos mais comuns na demolição (adaptado de SindusCon-SP, 2015) .....	66
Tabela 11 - Estudo comparativo de destinações para resíduos classe A (adaptado de SindusCon-SP, 2015) .....	67
Tabela 12 - Estudo comparativo de destinações para resíduos de madeira (classe A), gesso (classe B) e tinta com metal pesado ou solvente (classe D) (adaptado de SindusCon-SP, 2015) .....	68
Tabela 13 – Lista de checagem: elaboração de PPRA .....	87
Tabela 14 - Lista de checagem: possibilidade de elaboração de PGRS .....	90
Tabela 15 - Lista de checagem: logística de materiais .....	91
Tabela 16 - Lista de checagem: rotas de transporte .....	93
Tabela 17 - Lista de checagem: plano de trabalho .....	93
Tabela 18 - Lista de checagem: Alvará de execução .....	94
Tabela 19 - Lista de checagem: preparo do canteiro .....	94
Tabela 20 - Lista de checagem: remoção leve .....	96
Tabela 21 - Lista de checagem: sequência do método <i>top down</i> .....	97
Tabela 22 - Lista de checagem: sequência do método <i>top down</i> manual .....	97
Tabela 23 - Lista de checagem: sequência do método <i>top down</i> mecanizado .....	98
Tabela 24 - Sequência do método mecanizado com operação à distância .....	98
Tabela 25 - Especificações de operação para o método .....	99
Tabela 26 - Lista de checagem: demolição por explosivos .....	100
Tabela 27 - Lista de checagem: medidas administrativas para segurança de trabalho .....	101
Tabela 28 - Lista de checagem: risco de queda de materiais e trabalho em altura .....	101
Tabela 29 - Lista de checagem: trabalhos em espaço confinado .....	101
Tabela 30 - Lista de checagem: organização do canteiro .....	102
Tabela 31 - Lista de checagem: máquinas e equipamentos .....	102

## 1 INTRODUÇÃO

A demolição é uma atividade fundamental para renovar um espaço físico ou infraestrutura. Tal atividade é, na realidade, tão importante quanto a construção civil. São, inclusive, atividades mutuamente dependentes e complementares, operando ciclicamente: enquanto há construção, haverá demolição, e vice-versa.

A demolição deve ser entendida como uma atividade de Engenharia Civil, pois requer planejamento e otimização de processos baseadas em conhecimentos das áreas de Construção Civil, como materiais e métodos construtivos, segurança ocupacional e de Estruturas, envolvendo conceitos de estabilidade estrutural e colapso progressivo, logística externa e interna e gerenciamento/destinação dos resíduos gerados.

Uma estrutura pode ser demolida pela necessidade de reutilização do espaço ocupado por aquela edificação (às vezes já desocupada ou com possibilidade de realocação dos serviços ou moradores lá ocupados), tendo ou não atingido a vida útil prevista. Pode ocorrer também devido a fenômenos naturais (como abalos sísmicos, por exemplo).

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é a maior metrópole do Brasil. Possui cerca de 20 milhões de habitantes e 39 municípios, e é uma região em constante renovação urbana englobando alguns dos maiores municípios do país, como a cidade de São Paulo, Campinas e Guarulhos.

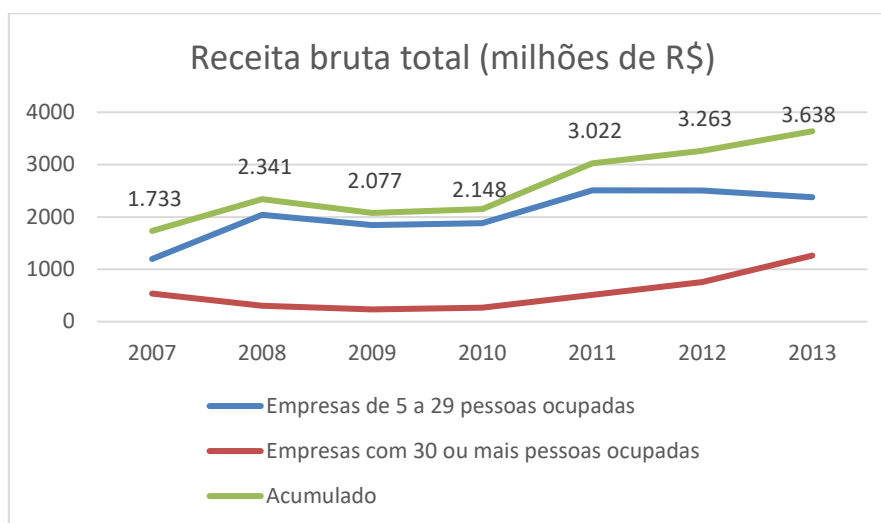
O grau de urbanização da cidade de São Paulo atingiu 99,1% em 2010 de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Censo de 2010, e o seu PIB a preços correntes atingiu o valor de R\$ 477.055.597.000 (IBGE, 2011), qualificando-a como a mais rica do país. Junto a isso, temos que 37% da população (mais de quatro milhões de pessoas) reside em apartamentos, além do uso comum de edifícios para consultórios médicos e escritórios, caracterizando o crescente processo de verticalização da cidade.

Vale aqui ressaltar também que a maioria das empresas construtoras adota em seus projetos a estrutura em concreto armado, tornando este o sistema estrutural predominante na construção de edificações na cidade.

Neste panorama, fica evidente a demanda atual crescente por espaço urbano, seja residencial ou comercial. Isto é, demanda-se cada vez mais um lugar à já saturada cidade onde o espaço é um forte limitante – de fato, atualmente não é comum encontrar terrenos sem prévia utilização. Vê-se então a importância do reúso destas áreas que passarão a acomodar outro empreendimento, especialmente através da demolição.

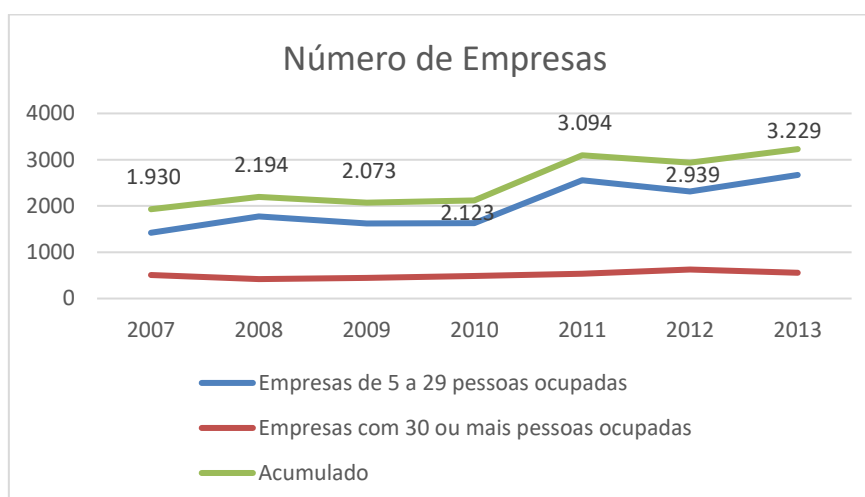
Como grande parte das cidades brasileiras foram construídas nos últimos 70 anos, a indústria de demolição brasileira compõe apenas 1% do total da receita bruta da construção civil atingindo, em 2012, um valor de R\$ 3.263.000. A quantidade total de empresas de demolição representou uma fração de 2,8% da quantidade total de empresas de construção civil. Apesar disso, como

podemos observar no gráfico da Figura 1 (IBGE, 2012), o setor vem crescendo a medida em que os edifícios e a infraestrutura das cidades envelhecem.



**Figura 1 - Gráfico: receita bruta do setor de demolição (IBGE, 2012)**

A quantidade de empresas pequenas – entre 5 e 29 pessoas ocupadas – é maior que a quantidade de empresas grandes – com 30 ou mais pessoas ocupadas (Figura 2). Nota-se a predominância de empresas de pequeno porte na indústria nacional, o que, de certo modo, pode alimentar a informalidade do setor, podendo expor os trabalhadores de demolição a atuarem sem um técnico responsável pela obra ou sem um método de trabalho bem definido, como se nota mais comumente nas grandes empresas do setor.



**Figura 2 - Gráfico: quantidade de empresas demolidoras, incluindo terraplenagem (IBGE, 2012)**

Para se realizar um trabalho de demolição de maneira otimizada, são recomendadas algumas práticas, como a do *soft stripping*, cuja importância reside no fato de realizar uma remoção prévia de materiais e componentes construtivos da edificação para a demolição pesada, possibilitando o reaproveitamento dos materiais para revenda, reúso ou até reciclagem.

Outra ferramenta de grande importância é o uso da demolição mecanizada, onde equipamentos diversos auxiliam o processo de demolição, onde o tempo de execução dos diversos serviços é reduzido e, muitas vezes, realizado de forma mais segura.

Existem, portanto, diversas justificativas para se estudar e compreender os processos de demolição. Não existe uma regulamentação técnica sobre o assunto no país. Em 1977 a ABNT publicou a NBR 5682, intitulada “Contratação, execução e supervisão de demolições”. No entanto, esta norma – a única no país que versava sobre demolição – foi cancelada em 2008 e ainda assim era um documento de apenas duas páginas, que simplesmente definia linhas básicas sobre métodos executivos e critérios de controle.

Quando analisamos outros países, nota-se a insuficiência do Brasil no tratamento dado ao tema. Há, por exemplo, um “código de boas práticas” australiano publicado em 1991, que aborda pormenorizadamente diversos tópicos de demolição, como planejamento, precauções, métodos e treinamento. Outro texto importante a ser citado é a norma britânica sobre demolição (BS 6187:2000 - “Code of practice for demolition”). Além de ser uma norma específica e completa para demolição utilizada no país, diversos outros autores a utilizam como referência para elaboração de textos (teses, artigos, papers, etc.). Dentre eles, ressalta-se aqui Abdullah (2003), que irá inclusive servir de base para alguns estudos realizados aqui.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho é apresentar diretrizes técnicas para o processo de demolição, com foco na Região Metropolitana de São Paulo. As diretrizes contemplam o processo de demolição como um todo, isto é, as etapas de planejamento, documentação, logística, remoção leve, demolição pesada, segurança ocupacional e gestão de resíduos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Compreender as etapas do processo de demolição (planejamento, execução e gerenciamento de resíduos) na indústria de demolição em São Paulo, com suas peculiaridades e características.

Compilar técnicas de demolição disponíveis na bibliografia e compará-las com o que é executado pelas empresas.

Desenvolver uma análise crítica do material levantado, contando com o diálogo com profissionais da área, para propor diretrizes apropriadas de forma a auxiliar as tomadas de decisão e o controle da execução de cada etapa.

### 3 MÉTODO

Este trabalho foi estruturado como visto na Figura 3, sendo as etapas detalhadas em seguida.



Figura 3 - Etapas da execução deste trabalho

#### 3.1 Revisão Bibliográfica

A Revisão Bibliográfica tem por objetivo compilar e organizar as biografias existentes, nacionais e internacionais, a respeito dos seguintes tópicos:

- Planejamento – plano de trabalho, documentação, logística etc.;
- Métodos, equipamentos e procedimentos de remoção de componentes leves;
- Métodos, equipamentos e procedimentos de demolição pesada;
- Destinação dos resíduos – classificação de resíduos, logística e formas de armazenamento, rotas de aproveitamento, etc;
- Segurança – legislação brasileira, da obra e dos operários, impacto da vizinhança.

#### 3.2 Visitas Técnicas

Com base nas informações obtidas pela revisão bibliográfica, foi possível elaborar um roteiro de pontos a serem explorados nas visitas. Este roteiro foi aplicado em obras de demolição para validar e obter informações complementares que não foram incluídas na revisão bibliográfica. As obras foram escolhidas de modo a serem diversificadas, sendo um prédio de múltiplos pavimentos, um conjunto de galpões industriais e por fim uma laje industrial demolida com uso de robô.

A estrutura do roteiro de visitas consiste dos seguintes tópicos:

- Características específicas das obras, com informações observadas em campo;
- Método de demolição e equipamentos empregados;
- Sequência e detalhes da operação, contando com características logísticas e de segurança;
- Materiais removidos e quais tiveram destinação específica.



A fim de diversificar a ótica da análise nas visitas, foi realizada uma entrevista com uma construtora e incorporadora, além de outra entrevista com uma empresa de serviços especializados para a demolição.

Após as visitas em obras de natureza diversificada, foi realizada a comparação entre as obras, isto é, cruzamento das informações coletadas nas diferentes obras de acordo com os tópicos abordados no trabalho.

Por fim, informações coletadas do diálogo com os profissionais das obras foram compiladas por temas e apresentadas na forma de tópicos de análise crítica. Elas têm como base a experiência prática no ramo, porém sem observação dos relatos em campo.

### **3.3 Proposição de diretrizes**

Após a obtenção de informações da bibliografia estudada e das visitas feitas foram propostas diretrizes para a execução de demolições seguras, econômicas e ambientalmente mais adequadas na Região Metropolitana de São Paulo.

Para tornar fácil e rápido o entendimento, essas diretrizes foram feitas em formato de fluxogramas de decisão e listas de checagem, de forma que possam ser empregadas por demolidoras na tomada de decisão.

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Processo de Demolição**

O processo de demolição segue as seguintes etapas:

#### **4.1.1 Planejamento**

Deve se iniciar na definição do escopo pelo cliente, seguida do levantamento de informações do local, estudo de riscos e seleção das técnicas. O produto final do planejamento é o Plano de trabalho da demolição e será melhor estudado no item 4.2 Planejamento.

Paralelamente ao planejamento deve ser feito o estudo logístico (item 4.8), gestão de resíduos (item 4.7), estudo de segurança e saúde do trabalho (item 4.5) e controle de particulado (item 4.6) que por sua relevância terão itens exclusivos.

#### **4.1.2 Preparo do canteiro e descomissionamento.**

Este estágio se inicia com a preparação do local antes do início dos trabalhos. Isto inclui a montagem de instalações, isolamento do local com tapumes, visita e checagem da vizinhança e possíveis proteções necessárias.

Em seguida, tem início o processo de descomissionamento do local e a remoção de potenciais riscos (do inglês *decommissioning*); isto é, desativar todos os sistemas e trazer a área para condição operacional de menor risco possível (BS 6187: 2000). Como exemplos de atividades existem a remoção de componentes que contêm fibras de amianto, baterias ou óleos contendo metais pesados, e outros sistemas com energia armazenada como molas ou contrapesos (Abdullah, 2003).

#### **4.1.3 Remoção Leve e Demolição Pesada**

Com o canteiro preparado e seguro para se iniciar os trabalhos, ocorre a etapa de remoção leve (do inglês *soft stripping*). Esta etapa envolve a remoção de itens de acabamentos e componentes leves, deixando apenas a estrutura e a vedação vertical em blocos cerâmicos, quando houver. Esta remoção vai desde móveis abandonados pelo antigo usuário, até encanamentos, fiações, janelas, portas, esquadrias, forros, partições e revestimentos cerâmicos. O material proveniente desta atividade geralmente é objeto de reuso e reciclagem. Esta etapa é detalhada no item 4.3 Remoção Leve.

A etapa de demolição pesada compreende a remoção segura dos elementos estruturais e da alvenaria da edificação que é descrita no item 4.4 - Métodos.

#### **4.1.4 Limpeza e desmobilização**

O estágio final é a limpeza e desmobilização do canteiro de obras, deixando o local limpo e seguro. Qualquer buraco ou vala deve ser fechado, a drenagem deve estar limpa e funcionando, além de ter todos os contaminantes retirados.

A limpeza do canteiro está associada à destinação adequada dos resíduos gerados na obra de demolição. Maiores detalhes sobre a classificação dos resíduos da construção civil podem ser encontrados na Resolução CONAMA Nº 307, de 5 de julho de 2002.

#### **4.2 Planejamento Operacional**

A etapa de planejamento tem início quando o cliente define o escopo da demolição e estabelece critérios que lhe pareçam relevantes.

A partir deste ponto, cabe à demolidora levantar ao máximo de informações sobre o local e sobre a estrutura em questão. Como citado na norma britânica BS 6187: 2000, os estudos devem ser iniciados investigando a condição e características do local, bem como seu uso passado e documentos disponíveis, sempre seguidos de visitas no local para complementar e validar as informações.

No caso em que não existam informações estruturais disponíveis, o levantamento deve incluir medição no local e enquadramento estrutural, realizando testes em elementos estruturais essenciais para facilitar a verificação, pode ser feita a retirada de corpos de prova e ultrassom. Isso permitirá o desenvolvimento de procedimentos que asseguram a estabilidade do edifício.

Características dos entornos também devem ser coletadas e levadas em consideração no projeto, esses itens foram resumidos a partir da Norma de Hong Kong (2004)

1. Deve se verifica a existência de:
  - Taludes e paredes de contenção;
  - Estruturas ilegais;
  - Pontes;
  - Estruturas subterrâneas;
  - Cabos aéreos ou condutores e outras conexões de serviços.
2. Existência de também deve se levantar a existência de instalações partilhadas com edifícios adjacentes
3. Condições de tráfego de pedestres e veículos
4. Verificar a sensibilidade da vizinhança para ruídos, poeira, vibração e impacto no trânsito;

5. Mobilidade urbana, tais como hidrantes, espaço de estacionamento, sinalização de rua e barracas de vendedores que podem ser afetados pelo projeto

O passo seguinte é um estudo dos riscos associados ao trabalho, seja pelo local, condições da estrutura ou por contaminações anteriores. Em seguida, devem ser pontuadas ações para mitigar ou mesmo eliminar as fontes de riscos existentes, considerando a probabilidade e severidade destes, controlando os riscos que não podem ser retirados.

A demolidora deve então selecionar a técnica de demolição adequada levando em conta os fatores relevantes como aspectos técnicos, econômicos, e de riscos ocupacionais. É dever dela assegurar que os colaboradores estejam devidamente treinados e aptos a desenvolverem a técnica escolhida de forma segura, com o equipamento adequado. A adequação de cada método está no item 4.4 - Métodos.

Define-se então o plano de trabalho da demolição. Nele devem estar as particularidades do local e as medidas necessárias para a redução de riscos, bem como o detalhamento da sequência de execução planejada e das técnicas a serem empregadas, sendo de extrema importância evitar colapsos não planejados. Neste ponto também devem estar claras a parte legal da obra, tanto em relação a autorizações das autoridades locais, como a respeito de normas. Os itens necessários no plano de trabalho da demolição são listados a seguir:

1. A localização do edifício a demolir;
2. Topografia detalhada do sítio e dos seus arredores com:
  - Detalhes da remoção e / ou do enchimento do solo; e
  - As distâncias entre o edifício a demolir e suas edificações adjacentes, ruas e outra estruturas;
3. Um plano de layout de todos os andares do edifício a ser demolido, mostrando os sistemas de apoio, o estado do edifício (ex: grau de deterioração), materiais principais de construção;
4. Um plano que mostre o arranjo estrutural e a construção de todos os elementos estruturais não convencionais, como estruturas de concreto protendido e elementos pré-moldados;
5. Um plano que mostre o procedimento para a demolição do prédio; Sequência detalhada de demolição de membros estruturais; e o método de demolição a ser adotadas, incluindo as restrições à utilização de tipo particular de equipamento;
6. No caso de instalações e equipamentos mecânicos um plano mostrando a rota de movimentação dos instalações e equipamentos mecânicos, incluindo o método de levantamento mecânico, se necessário, na parte superior da estrutura;
7. Um plano que apresente todas as medidas cautelares proteção do público, incluindo painéis, passarelas, plataformas de captura, andaimes, telas de proteção e redes de segurança;

8. Um plano que mostre as medidas para todos os edifícios adjacentes afetados, encostas, estruturas e serviços de retenção em cada fase da demolição;
9. Um plano que mostre o escoramento proposto e os apoios ao edifício a demolir;
10. Um plano ou notas descritivas sobre os métodos propostos para gestão de resíduos;

#### **4.2.1 Documentos**

Podem variar de cidade para cidade, mas esta relação é baseada na cidade de São Paulo. Foram utilizadas como fontes o site da Prefeitura de São Paulo, o site da CETESB e as Normas Regulamentadoras citadas. Os documentos são os seguintes:

- Alvará de Execução de Demolição: Esse documento autoriza a execução de uma demolição tendo prazos legais para prescrever após a sua emissão. O requerimento é feito pelo proprietário, com CREA do profissional e Ficha de Inscrição no C.C.M., se o prédio possuir mais de 2 andares. Em caso de edificação no alinhamento é obrigatória a solicitação de Alvará de Tapume antes do início da obra;
- Alvará de Tapume: Esse documento autoriza a colocação de tapume avançando sobre a calçada, com validade de 6 meses. O requerimento é feito pelo proprietário ou profissional responsável, com o Alvará de Execução ou requerimento de comunicação, além de croquis demonstrativos da calçada, do tapume, das instalações beneficiadas e indicação da sequência de utilização do tapume quando da execução da obra por trechos.
- Certificado de Conclusão da Demolição: O Certificado de Conclusão de Demolição é o documento expedido pela Prefeitura que atesta a conclusão total de demolição. Para sua solicitação, é necessária a prévia obtenção de Alvará de Execução de Demolição.
- Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR): Conta com a certificação do gerador, descrição e quantidade dos resíduos transportados, descrição do transportador e a informação do destino final com assinatura de recebimento. Deve contar com no mínimo uma via para o transportador, uma para o gerador e uma outra para o órgão ambiental.
- Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS): Este é um documento que identifica a quantidade de geração de cada tipo de resíduo, estabelecendo procedimentos adequados para o manejo e destinação dos resíduos. A Resolução CONAMA nº 307/2002 determina a obrigatoriedade para grandes geradores como definido na legislação. Ele é necessário para a aprovação de projetos e a emissão do alvará de Construção, no entanto não há nenhum vínculo com o alvará de Demolição. Ele também pode ser pedido para licenciamentos ambientais. Este documento é melhor explorado no item 4.5 Segurança e Saúde do Trabalho.

- Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção Civil (PCMAT): Definido na NR-18, O PCMAT deve garantir, por ações preventivas, a integridade física e a saúde das pessoas que atuam direta ou indiretamente na realização de uma obra ou serviço e estabelecer um sistema de gestão em Segurança do Trabalho nos serviços relacionados à construção, através da definição de atribuições e responsabilidades à equipe que irá administrar a obra. É obrigatória a elaboração e o cumprimento do PCMAT nos estabelecimentos com 20 trabalhadores ou mais. Este documento é melhor explicado no Capítulo 4.5. O documento deverá ser apresentado à fiscalização do Ministério do Trabalho sempre que solicitado pelos fiscais do trabalho, sendo elaborados por profissionais capacitados e com a devida ART.
- Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA): O PPRA é um documento obrigatório para todas as empresas que mantém colaboradores regidos pela CLT, o PPRA é elaborado visando à preservação da saúde e da integridade dos colaboradores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes no ambiente de trabalho, consideram-se riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos. O PPRA deve ser desenvolvido no âmbito de cada estabelecimento da empresa. Os fiscais do trabalho entendem o PPRA como um programa de ação contra os riscos ambientais. Ele não é apenas um documento que deve estar à disposição da fiscalização, mas sim, um plano das iniciativas para reduzir a exposição dos trabalhadores aos riscos levantados. Na prática, o PPRA é um documento que contém um plano de ação que deve ser implementado. Este documento também é retomado no Capítulo 4.5.
- Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO): O PCMSO é um programa que deve ser elaborado e implantado em todas as empresas que possuam funcionários registrados. O objetivo do PCMSO é se estabelecer um sistema de detecção precoce de doenças relacionadas ao trabalho. Maiores informações são dadas no Capítulo 4.5.
- Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental (CADRI): O CADRI é um documento emitido pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) que aprova o encaminhamento de resíduos de interesse ambiental a locais de reprocessamento, armazenamento, tratamento ou disposição final. Ele é exigido para Resíduos Classes I e II A. Este documento é melhor explorado no Capítulo 4.5.
- Anotação de Responsabilidade Técnica (ART): Todo contrato referente à execução de obras ou prestação de serviços relativos às profissões vinculadas à Engenharia devem ter ART. A ART é um instrumento indispensável para identificar a responsabilidade técnica pelas obras ou serviços prestados por profissionais ou empresas. A ART assegura à sociedade que essas atividades técnicas são realizadas por um profissional habilitado. Neste sentido, a ART tem uma nítida função de defesa da sociedade, proporcionando também segurança técnica e jurídica para quem contrata e para quem é contratado.

### 4.3 Remoção Leve

Etapa mais conhecida como “*soft strip*” ou mesmo como “primeira limpeza”, ela consiste em a remoção de componentes leves, não contemplando a estrutura e a alvenaria existente. Estes materiais são retirados em uma etapa posterior por terem função estrutural (exceção da vedação vertical em blocos cerâmicos), além de serem mais pesados e de difícil remoção, carecendo de técnicas e cuidados específicos.

Alguns componentes de difícil remoção podem ser deixados para serem demolidos juntamente com a estrutura, desde que não ofereçam riscos para a operação ou problemas ambientais.

O escopo da remoção leve depende muito do projeto e da edificação. No entanto, pode ser listada uma sequência típica Figura 4 (Addis, 2010). As etapas da fase de planejamento e pré-demolição estão representadas em setas vazadas. Os cuidados na remoção devem estar de acordo com a NR-18- Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Brasil, 1978.

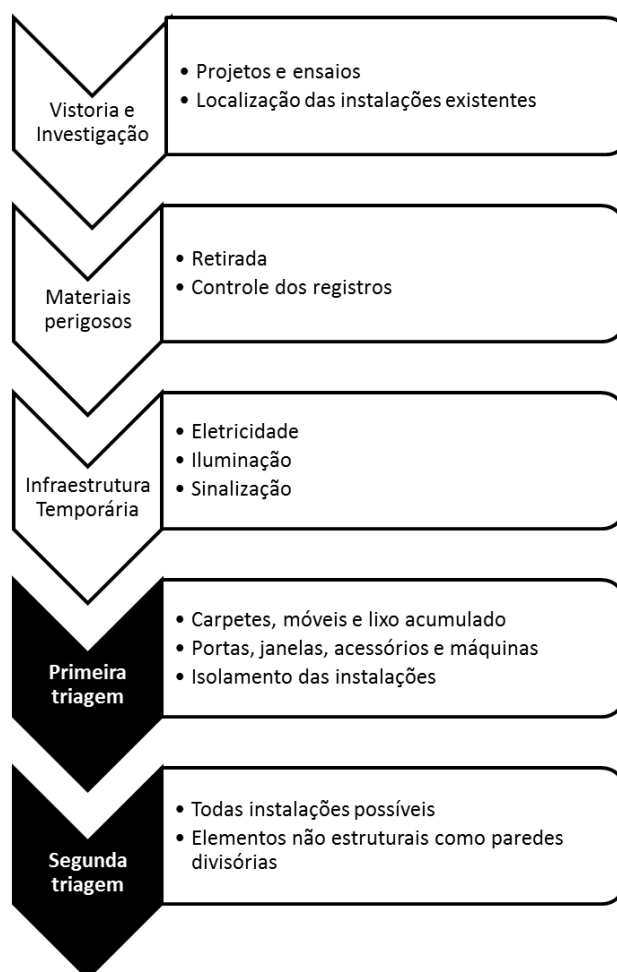


Figura 4 - Processo de componentes leves: pré-demolição (branco) e demolição (preto)

Os materiais retirados vão depender muito da edificação a ser demolida, mas em geral são itens leves e podem incluir (Addis, 2010):

- Máquinas e equipamentos de sistemas prediais;
- Feições arquitetônicas, como lareiras, painéis etc.;
- Lixo (doméstico e industrial);
- Móveis e equipamentos remanescentes;
- Louças sanitárias e peças de cozinha;
- Iluminação (lâmpadas, tubos, refletores);
- Paredes divisórias leves e tetos rebaixados;
- Portas, janelas e esquadrias;
- Canos e instalações elétricas;
- Revestimentos cerâmicos, carpetes, tábuas etc.;
- Materiais do telhado.

Os métodos de remoção utilizados dependem fundamentalmente dos materiais encontrados e da forma como estão fixados, isto é, se estão parafusados, grampeados, embutidos, soldados etc. Logo, a demolidora deve ver o processo de uma forma global no planejamento, buscando as maneiras mais eficientes e seguras, além de aperfeiçoar a gestão do fluxo de resíduos (Addis, 2010).

A prática usual é remover com cuidado componentes de valor mais significativo para revenda, devido ao reuso ou reciclagem, deixando materiais de menor valor financeiro como uma preocupação secundária. Um fator determinante é a facilidade que ele pode ser removido da edificação, o que leva alguns materiais que requerem maior esforço para remoção ou os de separação pouco provável serem deixados no local e demolidos juntamente com a estrutura na etapa posterior.

Esta fase em geral oferece oportunidades importantes para recuperar componentes e materiais para reuso. No entanto, uma desconstrução cuidadosa no final da vida útil do edifício requer uma primeira triagem mais detalhada. Portanto, um bom projeto, que pense também no final da vida útil do empreendimento, deve facilitar a desconstrução, resultando em maior quantidade de materiais reutilizados e reciclados, reduzindo o impacto ambiental e o custo total (Addis, 2010).

Os materiais devem ter rotas de remoção do edifício planejadas. Podem ser utilizados dutos por gravidade, zonas de despejo externas ou mesmo o poço do elevador - algumas destas opções limitadas pela altura do edifício.

Dentre os materiais a serem retirados, alguns requerem cuidados especiais em sua remoção e descarte, como é o caso de vidros e amianto, que normalmente contam com empresas especializadas em sua remoção e destinação, sempre acondicionando em locais apropriados e identificando devidamente.

Dos materiais que geralmente são reutilizados por terem uma maior relevância e valor comercial, alguns apresentam técnicas mais definidas e estão detalhados a seguir.



### 4.3.1 Vidro

Bem como os demais materiais, os componentes de vidro dependem de como foram fixados. Em geral eles são retirados cuidadosamente, e de maneira manual, tentando não danificá-los de forma a serem reutilizados sem perda de valor comercial.

Sistemas de blocos de vidros são fixados por rejuntas cimentícias. Para sua remoção, primeiramente este rejunte deve ser enfraquecido com furadeira (Figura 5) e é comum remover o bloco manualmente ou com martelo de borracha. Dependendo da argamassa que foi utilizada para fixar, a remoção dos blocos pode ser inviável ou se obter pouca quantidade de blocos reutilizáveis.



Figura 5 - Remoção de bloco de vidro

Componentes fixados a esquadrias, como janelas ou portas, geralmente são fixados pela esquadria e com silicone. Portanto este material deve ser retirado primeiramente, com auxílio de ferramenta de corte (estilete, por exemplo), seguido da remoção do vidro da esquadria.

Alguns vidros utilizados em fachadas ou em guarda corpos são fixados por sistemas de parafusos (Figura 6), que carecem de cuidados especiais, como a fixação de ventosas para remoção e a ordem de soltar os parafusos, em sua remoção seguindo sempre a sequência inversa da instalação.



Figura 6 - Vidro em fachada (esquerda) e vidro como guarda corpo (direita)

### 1.1.1 Placas cerâmicas

A remoção de placas cerâmicas para reuso é uma alternativa interessante, pois existem pontos de revenda e mercado estabelecidos. As placas cerâmicas mais espessas aderidas nas argamassas menos resistentes facilitam a desmontagem e o reaproveitamento; no entanto, tanto as placas quanto a camada de argamassa estão se tornando mais finas, além das argamassas mais resistentes dificultarem o processo, podendo chegar ao ponto de se tornar inviável (Onaga, 2015).

Existem pesquisas na USP para facilitar o deslocamento das cerâmicas por choque térmico (Onaga, 2015), mas a técnica mais difundida é a remoção manual por marreta e espátula, ou mesmo ser utilizado um marteleto.

O processo de desmontagem mecânica consiste em:

- Remover as juntas, de preferência por inteiro;
- Inserir a espátula ou marteleto sob a placa cerâmica e removê-la por golpes ou por alavanca de modo a destacar a placa do substrato (Figura 7);
- Limpeza para revenda com água, solução ácida ou com lixa.

Este método resulta em muitas placas quebradas, principalmente quando se faz uso de golpes ao invés do deslocamento por alavanca. A qualidade da placa e a argamassa utilizada afetarão também a eficácia da remoção, podendo inclusive ser inviável.



**Figura 7 - Remoção de revestimento cerâmico**

### 4.3.2 Gesso

As recomendações a seguir foram retiradas do manual europeu de boas práticas de desconstrução de materiais de gesso (GtoG, 2015). Nele, é reiterado que a escolha entre a desconstrução cuidadosa ou a demolição deve ser baseada no custo total da operação, incluindo o transporte, tratamento e destinação dos resíduos.

As técnicas e equipamentos utilizados podem variar de acordo com a cultura da empresa, mas as ferramentas mais utilizadas são:

- Pá, pé de cabra ou cinzel para quebrar ou separar os componentes;
- Parafusadeiras para desparafusar as peças;
- Serras sabre (Figura 8) para realizar os cortes;
- Marretas ou picaretas para atividades mais grosseiras.



**Figura 8 - Serra sabre**

Para permitir a devida recuperação dos diversos sistemas de gesso, eles devem ser desconstruídos apropriadamente, levando em conta os componentes e a forma de fixação. Para os sistemas mais comuns com gesso, o manual europeu listou maneiras recomendadas de realizar a desconstrução.

#### **4.3.2.1 Alvenaria de blocos de gesso**

Foram apresentadas três principais maneiras de demolir a partição em pedaços menores para em seguida serem recolhidos e carregados:

- Quebra e fragmentação com picareta (Figura 9);
- Quebra com marreta;
- Corte com serra sabre.

A picareta permite melhor fragmentação do material, o que facilita a segregação e o carregamento, enquanto a marreta tem menor controle sobre a quebra e gera pedaços menores que carecem de mais tempo para serem recolhidos. A serra pode cortar em pedaços maiores que agilizam a coleta, mas, no entanto, geram muito mais pó do que as outras duas alternativas.



**Figura 9 - Demolição com picareta da alvenaria de gesso (GtoG, 2015)**

#### **4.3.2.2 Sistemas aderidos à parede de concreto**

Sistemas que são colados à parede de concreto em geral consistem em placas de gesso acartonado colados a isolantes acústicos ou térmicos, como poliestireno, fibra de vidro, fibra mineral ou poliuretano. A técnica de remoção consiste em deslocar a vedação de gesso com isolantes com alguma ferramenta manual (Figura 10). Após a remoção, pontos de cola remanescentes podem ser retirados com martelo de borracha ou deixados na estrutura.

A ferramenta mais indicada é a pá. Outras ferramentas como o pé de cabra podem ser utilizadas, mas não devem danificar o material isolante, pois este pode se espalhar pelo local de trabalho e requerer tempo maior para sua limpeza.



**Figura 10 - Deslocamento com o uso de pá e placa retirada após o processo (GtoG, 2005)**

#### **4.3.2.3 Divisórias leves de gesso acartonado**

Esta etapa contempla a desmontagem das divisórias de gesso acartonado fixadas à estrutura metálica ou de madeira:

- No caso de retirada cuidadosa da placa fixa por parafuso (Figura 11), deve-se utilizar uma parafusadeira, enquanto usa-se pé de cabra para a fixação com pregos;
- As placas devem ser afastadas da estrutura com uma pá e retiradas manualmente, deixando os parafusos ou pregos remanescentes na estrutura;
- Pode ser realizada a quebra da placa juntamente com a estrutura, mas aumenta a demanda de tempo para recolher os pedaços de gesso e pode danificar possíveis isolantes ou aumentar a mistura dos resíduos;
- Outra alternativa é cortar a placa com a estrutura em conjunto em unidades que facilitem a sua remoção rápida (Figura 12).

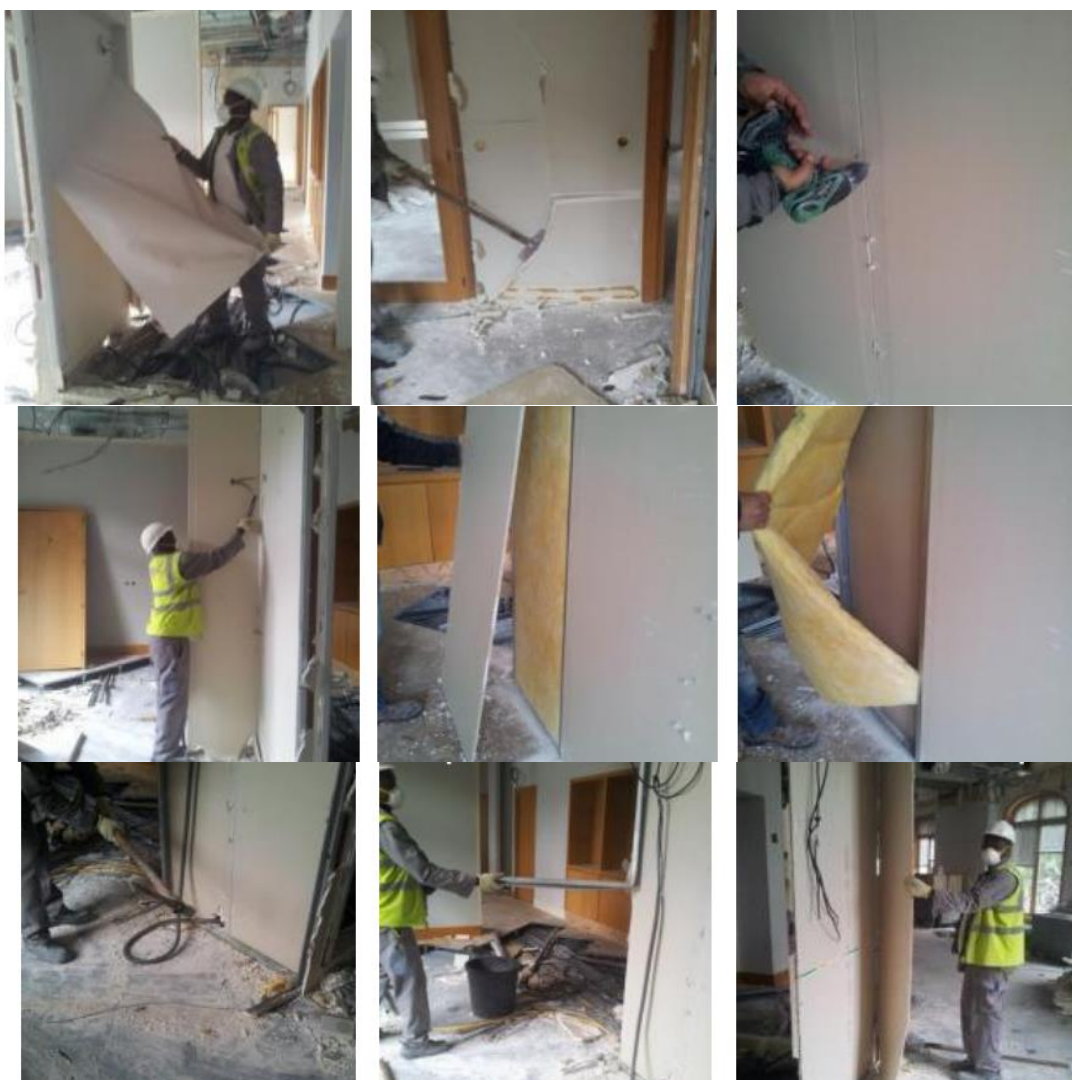


Figura 11 - Desconstrução de parede dupla de *dry wall* com isolante





**Figura 12 - Desconstrução por corte com serra**

#### **4.3.2.4 Forros suspensos**

O desmonte deste tipo de sistema pode ser descrito em retirar as placas uma a uma com auxílio de escadas ou andaimes, seguido da remoção da estrutura do forro, podendo retirar ao final os suportes da estrutura presos a laje (estrutura de concreto).



**Figura 13 - Remoção de forro**

#### 4.4 Métodos de demolição pesada

A escolha do método depende da situação do empreendimento, condições do projeto, restrições do local, sensibilidade da vizinhança, cultura da empresa e disponibilidade de equipamentos.

Na Tabela 2 foram listados os métodos mais conhecidos de demolição pesadas, seguida de uma explicação geral assim como uma lista de seus principais equipamentos, que será melhor explorada mais adiante nos tópicos correspondentes a cada método. A respeito de suas aplicações, pode se verificar na tabela onde será mais eficiente, sendo a demolição da estrutura, nas alvenarias ou na fundação.

A coluna de versatilidade diz respeito à capacidade do método de ser aplicado em diferentes situações. Os Métodos Top Down são aplicáveis para a maioria dos edifícios de múltiplos andares, e são os de melhor aplicação para locais densamente ocupados e com áreas restritas. A escolha entre o Método Top Down Manual e Mecanizado depende primeiro da capacidade da edificação de receber a carga dos equipamentos mais pesados em seus pavimentos. Outras considerações são: o custo de operação, a disponibilidade de equipamento e a capacitação dos funcionários para operação dos equipamentos.

Os procedimentos descritos neste trabalho são recomendações gerais de demolição de estruturas, mas cada local tem suas características específicas. Em geral, a demolição ocorre na ordem inversa da construção, na medida do possível para o empreendimento empregado. Podem ser utilizados mais de um método para a demolição total do edifício.

As tabelas abaixo sintetizam os principais equipamentos utilizados, com recomendação de uso e uma classificação objetiva de suas principais características, isto é, das que mais importam ao se selecionarem os devidos equipamentos, como versatilidade, faixa de preço, maneabilidade e segurança.

**Tabela 1 - Justificativa de cores para a Tabela 2**

<b>Cor/Característica</b>	<b>Verde</b>	<b>Amarelo</b>	<b>Vermelho</b>
<b>Aplicação</b>	Muito eficaz	Moderadamente eficaz	Pouco eficaz
<b>Versatilidade</b>	Muito versátil	Versatilidade moderada	Pouco versátil (específico para algumas aplicações)

**Tabela 2 - Métodos de demolição de estruturas de concreto armado (Code of Practice for Demolition of Buildings, Hong Kong, 2004)**









































































Método	Definição	Equipamento	Aplicação			Versatili- dade	Condições gerais
			Estrutura (viga, laje, pilar e parede)	Alvenaria	Fundaçã		
Top Down Manual	Rompimento do concreto manualmente	Martelete perfurador					Precisa de medidas de precaução para locais confinados
		Martelo demolidor (britadeira)					
Top Down Mecanizada	Rompendo a estrutura com máquinas	Escavadeira com rompedor pneumático					Necessário que os andares suportem as cargas do equipamento
		Quebrador de cunhas					Precisa de medidas de precaução para locais restritos
Método Mecanizado	Demolição com grandes máquinas que ficam fora do prédio	Triturador com braço longo					Necessita de terreno plano e com capacidade de suportar as cargas do equipamento
		Clam Shell					Necessidade de um espaço livre adequado para operação do equipamento
		Retroescavadeira					Restrições para entrada na área de trabalho.
Bola de demolição	Demolição por impacto	Bola de demolição					Necessita de terreno plano e com capacidade de suportar as cargas do equipamento
							Necessidade de um espaço livre adequado para operação do equipamento
							Restrições para entrada na área de trabalho.
Explosão	Uso de substância química explosiva	Explosivos					Proteção contra ruídos, detritos e vibração.
							Notificação e evacuação do bairro.
							Verificação cautelosa para lidar com falhas
Lança térmica	Uso do calor da fusão de metais em um jato de metal fundido	Lança térmica					Proteção de pessoal ao calor intenso
Jato d'água	Sistema pressurizado de jato d'água	Jato d'água					Proteção de pessoal à alta pressão.
Expansão	Uso de substância química expansiva	Expansores					
Corte	Uso de equipamentos de corte de pequeno e médio porte	Disco diamantado					Sólida plataforma de trabalho.
		Fio diamantado					Disposição para içar para fora a seção de corte.



Tabela 3 - Classificações dos critérios

Cor/ Característica	Verde	Amarelo	Vermelho
<b>Produção de pó</b>	Sem poeira ou localizada, apenas nos entornos do mecanismo demolidor	Poeira mais dispersa, englobando inclusive o equipamento e/ou o operador	Poeira dispersa por boa parte do sítio de demolição (e.g. explosivo)
<b>Produção de ruído</b>	Sem ruídos ou de intensidade tal que não requer protetor auricular/auditivo	Ruído de média intensidade, que pode requerer uso de protetor auricular/auditivo	Ruído de alta intensidade, que requer uso de protetor auricular/auditivo e pode requerer certo distanciamento do trabalho
<b>Produção de vibração</b>	Sem vibrações	Vibrações sentidos por operador, mas sem necessidade de cuidado especial	Vibrações intensas, requerendo atenção de pessoal nos arredores e possivelmente isolamento da área
<b>Maneabilidade</b>	Possível e fácil de operar manualmente	Possível, mas de difícil operação manual	Impossibilidade de operação manual
<b>Versatilidade</b>	Possibilidade de uso em diversas situações e elementos	Quantidade mais restrita de situações e elementos possíveis	Uso restrito, com possibilidade de uso em apenas uma ou duas situações
<b>Nível de especialização</b>	Nível baixo de especialização	Nível médio de especialização	Nível alto de especialização
<b>Preço de aquisição</b>	De R\$ 300 a R\$ 10.000	De R\$ 10.000 a R\$ 100.000	De R\$ 100.000 a R\$ 500.000
<b>Segurança</b>	Nenhum ou baixo risco de acidentes com operário e pessoal ao redor	Possibilidade de acidente, requerendo uso devido de EPI's	Alto risco de acidente, requerendo EPI's ou EPC's e atenções especiais à operação
<b>Durabilidade</b>	Possibilidade de utilização por diversas vezes antes de atingir o fim da vida útil do equipamento	Quantidade moderada de vezes até o fim da vida útil	Equipamento pouco durável, onde poucas utilizações levam ao fim de sua vida útil
<b>Controle via remota</b>	Possibilidade de controle do equipamento remotamente	-	Impossibilidade de controle do equipamento remotamente

Tabela 4 - Característica dos equipamentos

Função do equipamento	Perfuração			Esmagamento		Empurramento (tração/compressão)					Impacto
Nome do equipamento	Martelete giratório perfurador	Quebrador de cunhas	Martelo demolidor (rompedor)	Tesoura hidráulica manual	Pinça de esmagamento	Trator de esteiras (Bulldozer)	Triturador com braço longo	Retro-escavadeira	Robô de demolição	Miniescavadeira	Bola de demolição
Descrição sucinta	Utiliza brocas para perfuração	Perfurador de ponta de alta resistência	Mecanismo de percussão que rompe o concreto	Duas grandes pinças articuladas rompem o material	Dois êmbolos hidráulicos compressíveis que esmagam o material	Trator que traciona a estrutura por um cabo de aço	Unidade tratora que tritura e empurra elementos	Tipo de trator que empurra e comprime o material	Máquina tratora operada por via remota	Unidade tratora (rodas ou lagarta) que funciona empurrando as peças	Grande bola de ferro ou aço içada por maquinário apropriado
Uso recomendado	Vedações, muros, pisos e lajes	Concreto armado e rochas, em locais de difícil acesso	Concreto (armado ou não), pisos e pavimentos	Vedações, corte de tubos e de cabos	Alvenaria e peças de concreto (armado ou não)	Grandes estruturas e alvenaria	Estruturas de concreto armado e vedação	Qualquer tipo de estrutura, menos aço	Concreto armado, alvenaria e estruturas mistas	Estruturas menores de concreto e alvenarias, com difícil acesso	Concreto armado e vedações



**Tabela 6 - Características dos equipamentos (cont.)**

Função do equipamento	Corte					Abrasão	Térmica			Explosão/expansão	
Nome do equipamento	Disco portátil	Disco sobre rodas	Disco sobre calhas	Fio diamantado	Motosserra	Jato d'água	Lança térmica	Maçarico	Laser	Explosivos	Expansão
Descrição sucinta	Diversos dentes metálicos para corte	Idem, mas sobre rodas	Serra dentada com calha	Sistema de fios de aço tracionados à alta velocidade	Serra manual com discos metálicos	Sistema pressurizado de jato d'água	Jato de metal fundido	Fonte menor de fogo à combustão	Feixe de luz cortante	Substância química explosiva	Substância química expansiva
Uso recomendado	Cortes precisos em concreto armado	Concreto (na horizontal) e pavimentos	Estruturas menores de concreto verticais	Concreto em geral	Vedações	Estruturas menores de concreto (principalmente superfícies)	Concreto (armado ou não) e aço	Armaduras e chapas metálicas	Peças de concreto	Qualquer tipo de grande estrutura	Quaisquer estruturas de médio e pequeno porte

Tabela 7 - Equipamentos e seus usos recomendados (cont.)

Nome do equipamento		Disco portátil	Disco sobre rodas	Disco sobre calhas	Fio diamantado	Motosserra	Jato d'água	Lança térmica	Maçarico	Laser	Explosivos <sup>(1)</sup>	Expansão
Características	Produção de pó	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Produção de ruído	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Produção de vibração	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Maneabilidade	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Versatilidade	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Nível de especialização	●	●	●	●	●	●	●	●	●	não se aplica	não se aplica
	Preço	●	●	●	●	●	●	●	●	●	não se aplica <sup>(2)</sup>	não se aplica
	Segurança	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Controle via remota	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

(1) Há também os micro-explosivos, cuja única diferença básica entre eles e os explosivos são as dimensões das explosões geradas.

(2) Preço varia de acordo com quantidade e tipo químico específico do explosivo, dependendo, portanto, do tamanho e do tipo da obra

#### 4.4.1 Top Down (De cima para baixo)

O método Top Down discutido a seguir é o método que procede do telhado ao térreo. O método Top Down pode ser dividido em Manual e Mecanizado. Por terem uma lógica sequencial semelhante, serão apresentados juntos.

A sequência adotada é baseada nas especificações abaixo, retiradas do Código de Práticas para demolição de Hong Kong (Code of Practice for Demolition of Buildings, Hong Kong, 2004).

##### 4.4.1.1 Equipamentos:

###### Manual

O **martelete giratório perfurador** (Figura 14) é capaz de perfurar, com o uso de brocas, e efetuar pequenos trabalhos em alvenaria, madeira, pedra e aço. É muito utilizado em trabalhos de demolição por desmonte de vigas, pilares e outros elementos, em que se fazem algumas perfurações para se efetuar a amarração com cabos de aço, para posteriores desmonte/transporte.



Figura 14 - Uso de martelo perfurador

Quando da necessidade de máquinas maiores e mais potentes, o recomendado é o uso de **rompedores** (Figura 15) que utilizam o mecanismo de percussão para romper o concreto por tração. Por isso, são utilizados principalmente em locais maiores, como pavimentos, ferrovias e galpões. Tais martelos podem ser: pneumáticos, funcionando a partir de um sistema de ar comprimido; hidráulico, com óleo sob elevada pressão, em um sistema extremamente hermético; elétrico, onde é necessário um motor elétrico para seu funcionamento, aplicando golpes mais potentes; ou à gasolina (ou diesel), onde é acoplado um motor a gasolina a diesel. Neste último deve-se dar uma atenção especial a emissões de gases poluentes como hidrocarbonetos e NOx. Mesmo sendo eficientes, duráveis, seguros e não exigirem grande manutenção, os rompedores provocam mais ruídos, poeiras, vibrações, mais fadiga no operador e – de considerável importância – um rendimento baixo em estruturas muito armadas, devido ao seu porte.



Figura 15 - Rompedor

Outro equipamento é o **quebrador de cunhas**, de melhor valia em casas, ou onde o espaço para uso de agentes explosivos é reduzido ou até proibido. Tal equipamento é usado principalmente em obras de concreto armado e tem como características: redução de pó e ruído, sem vibração, econômico, aplicável em locais de difícil acesso, quebra em segundos e é fácil de transportar e manusear.



Figura 16 - Fases de execução do quebrador de cunhas

Já no trabalho de corte de tubos, cabos, chapas e perfis metálicos, o equipamento mais utilizado é a **tesoura hidráulica manual**, compreendendo duas grandes lâminas de corte articuladas por um pino. É um instrumento totalmente favorável para trabalhos em interiores, por não produzir muito ruído, vibração e poeira.





Figura 17- Demolição de parede de alvenaria com tesoura hidráulica

O **maçarico** possui um funcionamento parecido ao da lança térmica, pois ambos são abastecidos por uma fonte de oxigênio para gerar calor e danificar/fundir material. Na construção civil possui diversos usos, e na demolição é utilizado principalmente no corte de armaduras e chapas metálicas. O maçarico pode ter como princípio de funcionamento a combustão de pó de ferro e alumínio, requerendo uma canalização para a chama (acetileno, geralmente) e uma para o gás de corte (oxigênio), e a combustão de plasma, onde um material base é fundido, parcialmente vaporizado e assim expulso pela força de um jato de plasma. E, semelhante a esse método, tem-se o **corte a laser**, que produz um feixe de luz direcionado. É usado principalmente em peças de concreto, fragmentadas através do choque térmico provocado pelo aumento de temperatura em pontos localizados.

### Mecanizado

Dentre as máquinas pesadas utilizadas em edifícios, a principal é a **retroescavadeira**, com rodas ou sobre esteiras (as esteiras são mais eficientes em superfícies mais irregulares e inclinadas). Nela, podem-se acoplar diversos acessórios, que irão fazer o trabalho da demolição de fato, como: rompedores, para desmantelamento, tesouras (Figura 18) para esmagamento e corte de estruturas em concreto armado, armaduras e perfis metálicos, pinças e ganchos, para limpeza e transporte de resíduos e pulverizadoras para desfragmentar peças maiores, para um melhor transporte. Como vantagens no uso de máquinas pesadas, temos: elevado alcance (permitindo aos funcionários trabalharem longe da frente de trabalho, o que pode reduzir riscos de acidentes) e potência dos equipamentos, eficácia, exigência de pouca mão de obra, precisão e rapidez. No entanto, naturalmente tais máquinas geram muito ruído, poeira e vibrações, necessidade de um espaço considerável para uma manobra com segurança da máquina e risco de acidentes como capotamento das máquinas, esmagamento, colisões, danos a estruturas vizinhas ou na própria estrutura de suporte.





Figura 18 - Tesoura demolindo estrutura de concreto armado



Figura 19 - Trabalhos de demolição por compressão com retroescavadeira

Também são de grande importância as máquinas leves, que contribuem na diminuição de riscos de acidentes, danos e redução do esforço humano, podendo ser utilizadas em locais pequenos e de difícil acesso. São instrumentos muito precisos e eficazes em demolição de concreto armado, alvenaria e estruturas mistas, realizando perfuração, tração, esmagamento e desmantelamento, principalmente em lajes, coberturas, vigas, pilares e pavimentos. Um dos exemplos é o **robô de demolição** (Figura 20), cujo diferencial é a ausência de um operador do maquinário, montado no equipamento. Isto é, é operado por controle remoto, de fácil manuseio. Além disso, é compacto, de grande manobrabilidade, versátil (realiza diversas funções de outros equipamentos já citados) e eficiente. É ideal para o uso em edifícios industriais, com, por exemplo, tubulações, pátios, caixas de escada e revestimentos de forno. Vale aqui citar a relevância desse equipamento, uma vez que se deve sempre buscar tecnologias mais avançadas, que gerariam mais eficiência, mais agilidade na obra, menos ruídos e mais segurança aos operários envolvidos.

Também utilizada em processos semelhantes, ainda dentro da categoria de máquinas leves, temos as **mini-escavadeiras**, podendo ser utilizadas com rodas ou sobre esteiras. Estas, no entanto, são maiores que o robô e requerem um operário qualificado dentro, sendo, porém, de menor custo, ainda comparada ao robô de demolição.



Figura 20 - robô de demolição com tesoura de corte

#### 4.4.1.2 Sequência

De forma geral, deve-se aplicar a seguinte sequência:

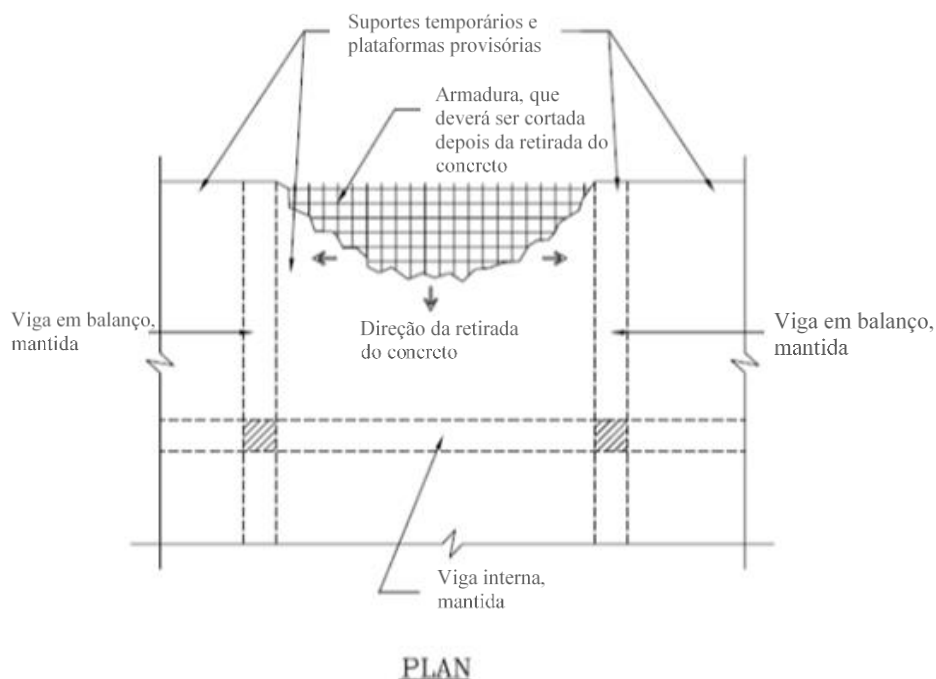
- A. Todas as estruturas suspensas, coberturas, varandas e recursos presos às paredes externas devem ser retirados antes da demolição do edifício principal, assim como as estruturas internas em cada pavimento;
- B. Estruturas do telhado, sala de máquinas e tanques de água com alto nível devem ser demolidos de cima para baixo (“Top Down”);
- C. Os elementos estruturais, em geral, devem ser demolidos na seguinte sequência: Estruturas em balanço, lajes, vigas, paredes e por fim pilares.

Para o método mecanizado: quando o equipamento de demolição desce do andar superior, as lajes e vigas em dois andares consecutivos podem ser demolidas simultaneamente. As máquinas de demolição podem trabalhar em elementos estruturais no mesmo pavimento e no pavimento de cima.

#### 4.4.1.3 Estruturas em balanço

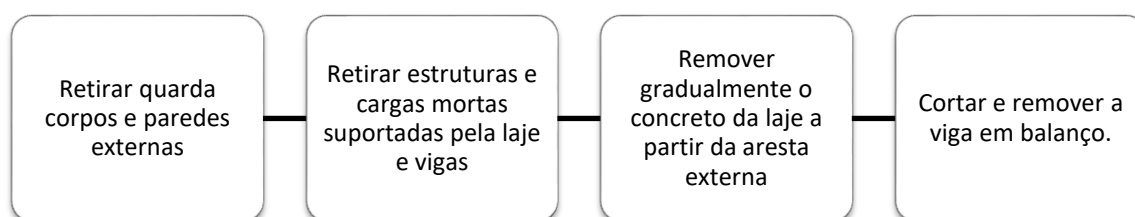
Estruturas suspensas, varandas e alpendres que se projetam para fora da construção, e/ou ao longo da calçada, são críticas para segurança dos transeuntes.

Devem ser colocadas estruturas de apoio temporárias, plataformas de captura e/ou plataformas temporárias, diretamente sob elas, como medida de precaução. O concreto da laje deve ser retirado, gradualmente, a partir da aresta exterior para o interior e na direção das vigas de apoio (Figura 21). A viga em balanço deve ser demolida após a laje do piso de ligação. A demolição da viga engastada não pode avançar mais do que a laje, de modo que o suporte para a laje seja sempre mantido.



**Figura 21 - Rompimento do concreto em uma estrutura em balanço**

A sequência geral da desmontagem dessas estruturas é descrita na Figura 22 a seguir:



**Figura 22 - Sequência de demolição de estruturas em balanço**

#### 4.4.1.4 Lajes

A laje de concreto armado deve ser demolida gradualmente rompendo-se o concreto. A armadura permanece e só deve ser cortada após o concreto ter sido retirado. A Figura 23 ilustra o processo.

##### (A) Laje com quatro apoios:

Laje suportada por vigas ou elementos estruturais em todos os quatro lados. A demolição da laje deve ter início no meio da laje e avançar para os lados em todas as quatro direções.

##### (B) Laje com dois apoios:

A quebra do concreto deve ter início no final, sem suporte, e prosseguir em tiras perpendiculares à viga de suporte ou elementos estruturais. As tiras devem ser demolidas de seu centro para os apoios em ambas as direções.

### (C) Laje plana:

É uma laje de concreto armado suportada apenas por pilares sem vigas ou paredes estruturais. Deve ser demolida começando do centro entre os pilares de sustentação e prosseguindo para fora, em direção aos pilares.

Deve ser tomado cuidado para não se enfraquecer prematuramente a capacidade de punção dos pilares ou outros suportes.



Figura 23 - Rompimento do concreto da laje

#### 4.4.1.5 Vigas

A viga exterior pode ser demolida por quebra gradual ou por desmontagem da seção da viga inteira. As vigas de suporte não devem ser removidas até que todas as outras cargas que estejam aplicadas à viga sejam removidas, incluindo as lajes suportadas pela viga. A demolição das vigas é ilustrada na Figura 25, a sequência geral da desmontagem de vigas é descrita na Figura 24 a seguir:

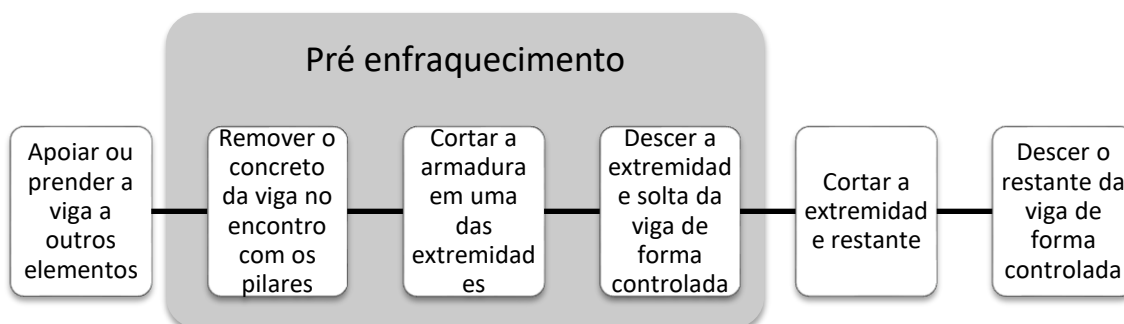
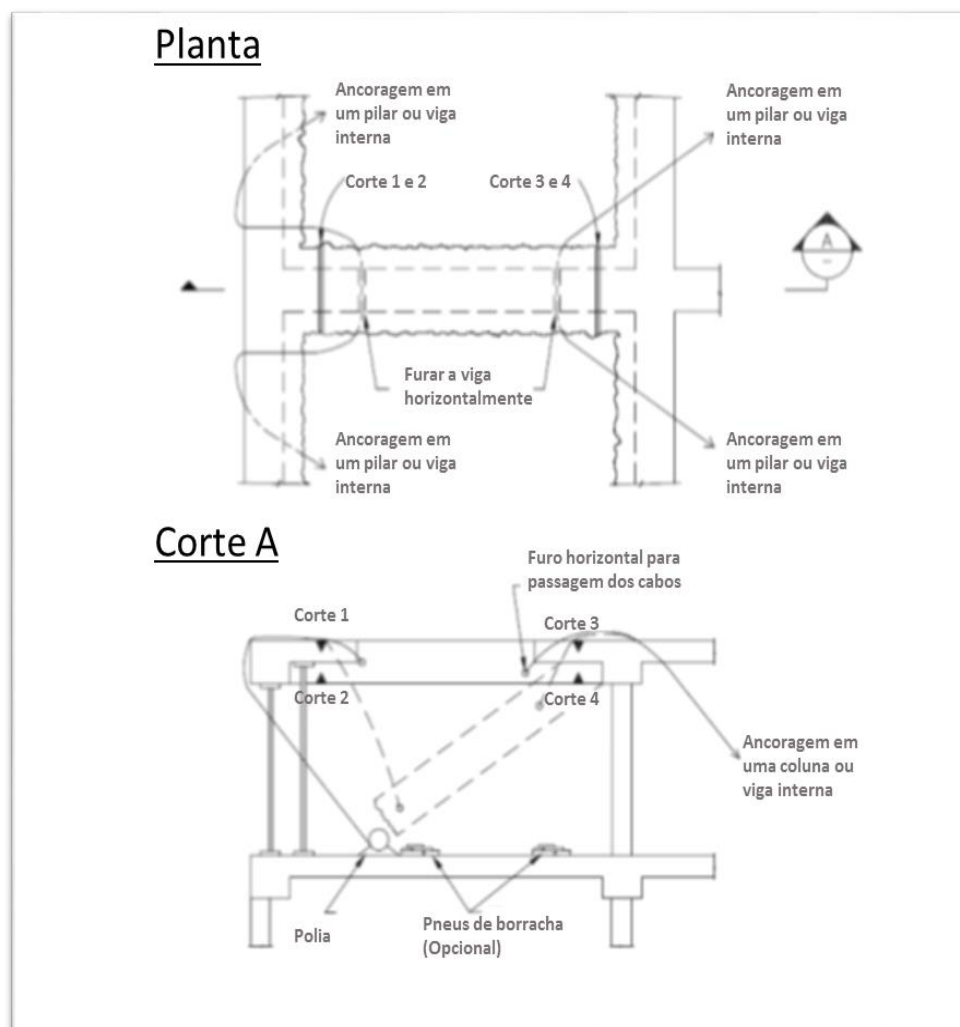


Figura 24 - Sequência de demolição de vigas



**Figura 25 - Demolição de viga - Método manual**

#### 4.4.1.6 Paredes

##### A. Parede de alvenaria:

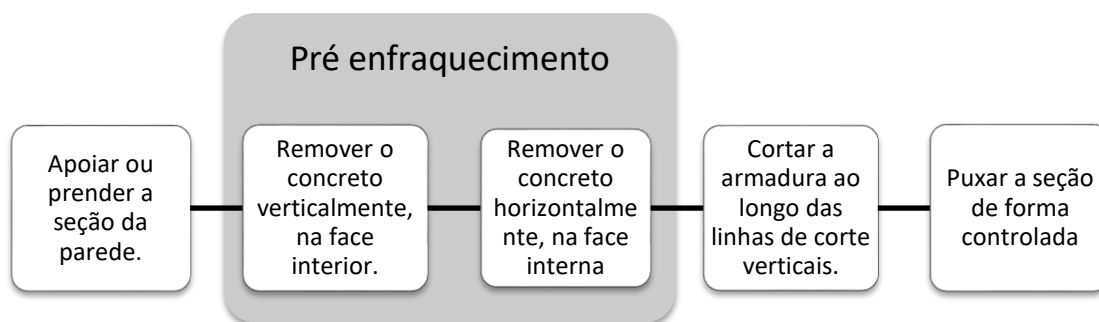
- a. Os blocos de preenchimento devem ser previamente removidos manualmente. Os blocos devem ser retirados da camada de cima para de baixo, empurrando de fora. Plataformas erguidas fora do edifício podem ser usadas para esta operação;
- b. Depois da retirada dos blocos, a moldura de concreto armado pode ser demolida.

##### B. Parede de concreto

- a. Parede sem função estrutural: Para parede não estrutural, os processos de desmontagem são semelhantes ao da parede com função estrutural descrito a seguir, exceto que as vigas transversais são desmontadas separadamente das paredes do edifício.



- b. Parede com função estrutural: As paredes de concreto armado podem ser demolidas por corte em seções manejáveis. A largura da parede não deve ser maior do que 2 m e a separação das seções por método mecanizado é ilustrada na Figura 27. A sequência geral da desmontagem de paredes de concreto armado é descrita na Figura 26 a seguir:

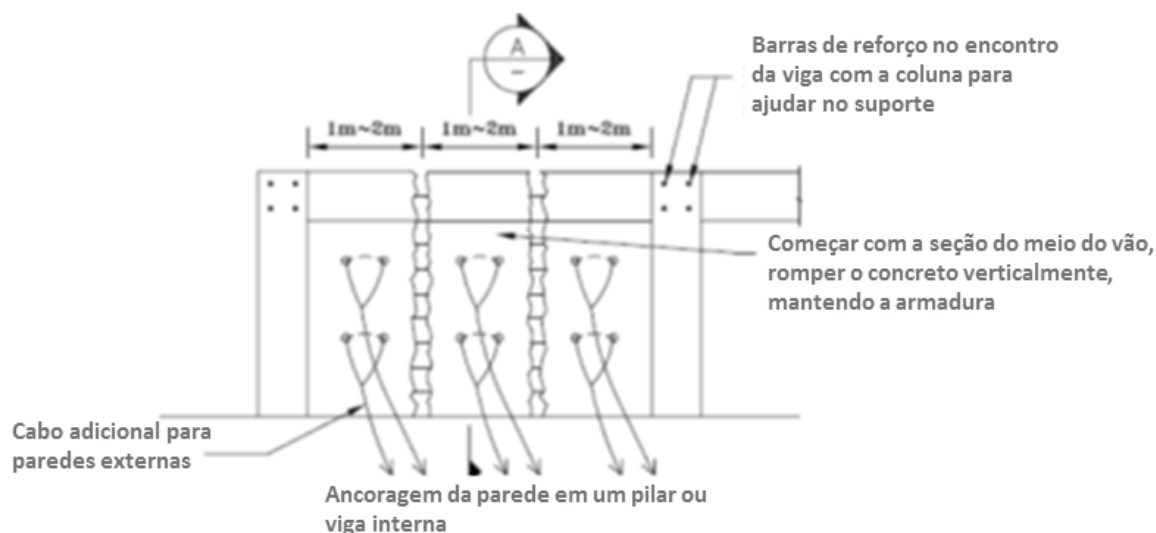


**Figura 26 - Sequência de demolição de parede**



**Figura 27 - Retroescavadeira com rompedor separando uma seção de parede**

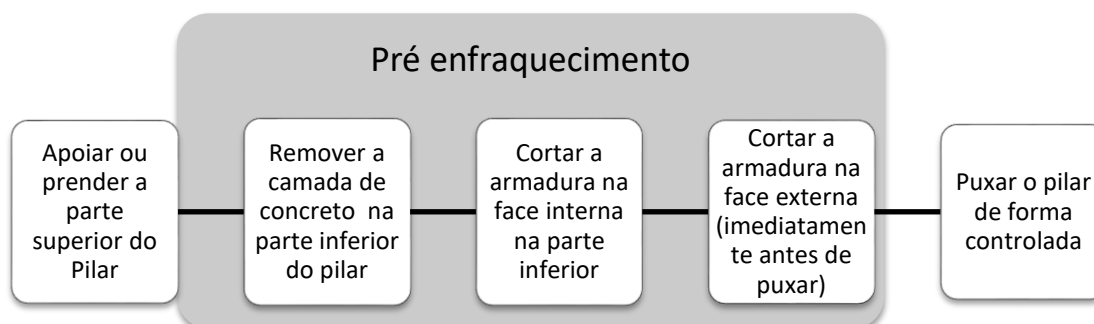
A forma de se puxar a seção no método manual é ilustrada nas Figura 28.



**Figura 28 - Parede externa (vista de dentro do edifício, método manual)**

#### 4.4.1.7 Pilares

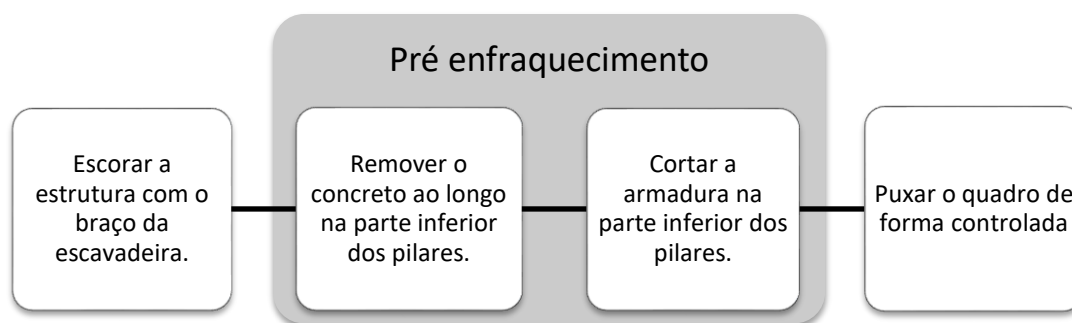
Os pilares de concreto armado são demolidos pré-enfraquecendo a parte inferior e puxando-o para baixo de forma controlada. Pode-se colocar pneus de borracha na parte onde pousará o pilar para minimizar o impacto com a laje. A sequência usual é descrita na Figura 29.



**Figura 29 - Sequência de demolição de pilar de concreto armado**

#### 4.4.1.8 Moldura de concreto armado

No método mecanizado as vigas e pilares podem ser removidas juntamente, após a remoção das paredes. Deve ser removido quadro a quadro, sendo um quadro um conjunto de dois pilares com uma viga de ligação entre eles. A sequência geral da desmontagem do quadro é descrita na Figura 30 a seguir:



**Figura 30 - Sequência de demolição de moldura de concreto armado**

#### **4.4.1.9 Outros critérios de controle**

##### Manual

##### **A. Cabos:**

Todas as estruturas antes de serem pré-enfraquecidas devem ser presas por cabos e polias a outros elementos estruturais, para ajudar a manter a estabilidade e puxar ou içar os elementos para baixo no próprio pavimento.

Quando um cabo é usado para se puxar, os trabalhadores devem ser protegidos ou retirados da área de alcance do equipamento. A força do cabo deve ser de pelo menos quatro vezes a carga prevista. São feitas verificações gerais pelo menos duas vezes ao dia para assegurar suas boas condições de trabalho.

##### Mecanizado

##### **A. Suporte de elementos:**

O braço do equipamento deve ser utilizado para apoiar os elementos durante o pré-enfraquecimento e o corte das armaduras, e também para ajudar a puxar ou içar os elementos para baixo no próprio pavimento.

##### **B. Suportes para as máquinas:**

A carga a ser aplicada nos andares pela máquina, deve ser verificada e, se necessário, escoramentos devem ser instalados nos níveis abaixo do piso de trabalho para suportar a operação do equipamento de forma segura. O movimento da máquina deve ser apenas dentro da área de apoio e será proibida nas seguintes áreas:

1. Dentro de 2 m da borda do edifício;
2. Dentro de 1 m de qualquer abertura no piso;
3. Em qualquer estrutura suspensa.

Marcações, tais como fitas, tintas ou outros meios adequados devem ser utilizadas para identificar a área de apoio e limites de operação do equipamento. A extensão dos escoramentos será determinada com base na operação esperada, a carga admissível nas lajes e as condições do local.



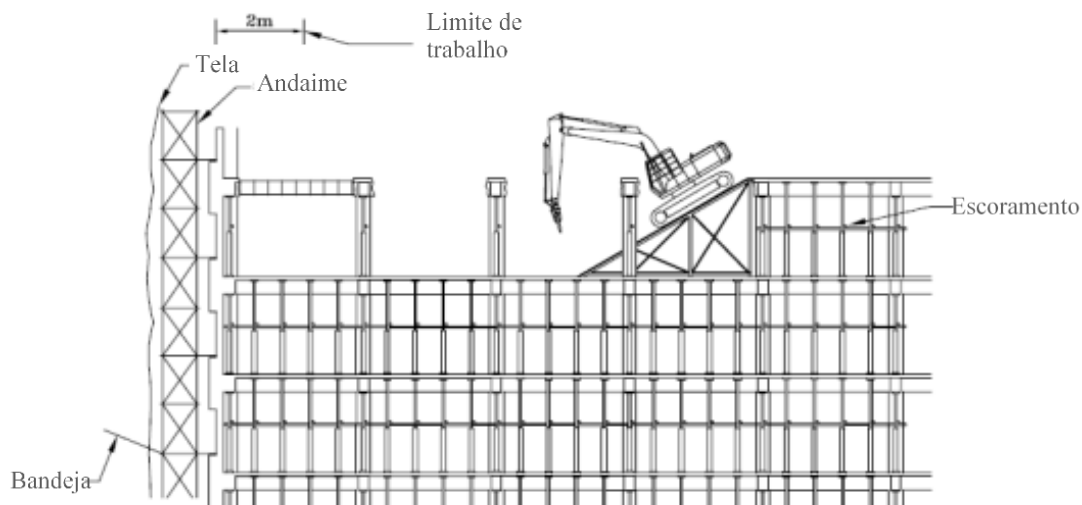
### C. Equipamento de elevação:

O equipamento deve ser levantado para o telhado do edifício pela utilização de grua ou de outros meios adequados, que tenham sido aprovados pelo engenheiro de estruturas. Antes da operação de levantamento, escoramentos devem ser instalados nos andares abaixo do telhado, de acordo com o projeto aprovado. A grua deve ser devidamente testada, examinada e operada de acordo com as especificações do fabricante. A área operacional deve ser bloqueada durante a operação de elevação. As aprovações necessárias devem ser obtidas para operação da grua e para fechamento de vias, se for necessário.

### D. Rampa de construção temporária:

A máquina deve descer até o próximo andar por meio de uma rampa. A rampa pode ser uma estrutura temporária ou outra estrutura apropriada e sua inclinação não pode superar 1,75H:1V ou as recomendações do fabricante. Ilustra-se a rampa na Figura 31.

Como alternativa, a máquina também pode descer para o próximo pavimento pelo uso de grua ou de outros meios adequados, tal como proposto pelo engenheiro estrutural registrado, e os procedimentos devem ser seguidos como o do item C acima.



**Figura 31 - Exemplo de rampa temporária (Code of Practice for Demolition of Buildings, Hong Kong, 2004)**

### 4.4.2 Métodos Mecanizados com operação à distância

Em geral a demolição mecanizada implica no uso de grandes máquinas que fazem a demolição do lado de fora do edifício. Esses métodos só podem ser aplicados a edifícios isolados em terrenos relativamente planos.

#### 4.4.2.1 Equipamentos

A demolição mecânica por tração é feita derrubando-se a estrutura por meio de um cabo de aço, geralmente por meio de uma **escavadeira** – neste caso, a máquina é de maior porte, quando comparada à usada no método *top down*. O cabo é bem afixado na zona a ser demolida e tracionado por meio do guincho mecânico. A tração manual é feita por um guincho em que é preso o cabo e puxado por uma alavanca que o traciona até levar ao colapso de parte da estrutura. Este processo tem muitos aspectos a se considerar desde o manuseio do guincho à ancoragem do cabo no solo, como suporte de tração do cabo, e a amarração à estrutura a demolir. Para a segurança do operador, este deve ficar a uma distância maior que 1,5 vezes a altura do objeto a demolir. Para reduzir a força de tração e facilidade do trabalho deve-se procurar enfraquecer previamente a estrutura a ser desmantelada, através de rasgos nos elementos resistentes verticais, como por exemplo o corte de armadura no piso térreo. O cabo não deve ser puxado obliquamente, em relação ao eixo longitudinal da máquina, sob pena de criar tensões desiguais nos seus dois ramos. Nos ângulos agressivos e nas zonas de contato do cabo com a estrutura, principalmente nas esquinas, deve-se proteger o cabo com pedaços de madeira para evitar que ele “serre” a construção antes do desmoronamento. Pode-se operar quando a máquina está equipada com um braço largo, munido de uma ferramenta de demolição com dentes. Em obras de alvenarias principalmente, e ao derrubar de estruturas de concreto de pequena espessura e debilmente armadas, é um método muito rápido, uma vez que não requer a montagem de andaimes.

Mesmo assim, o espaço necessário é muito grande e exige uma grande distância de segurança, devido à produção de efeito de derrubamentos incontrolados desfavoráveis. O impacto ambiental é muito elevado e os escombros devem fragmentar-se antes de se proceder ao seu carregamento. A capacidade depende da máquina, do tamanho do edifício e dos materiais construtivos. Para evitar o risco de “chicotada” do cabo em caso de ruptura da estrutura sem derrubamento também é necessário efetuar o escoramento dos elementos que se encontrem instáveis, para evitar o desabamento não controlado.

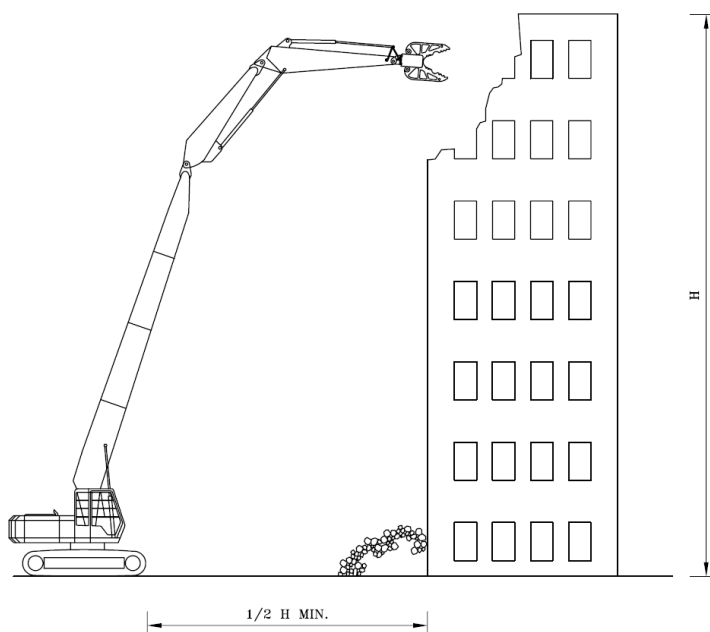
Vale ressaltar aqui também o uso do **triturador com braços longos** que, a princípio, tritura elementos a longas distâncias, como quando operado do térreo para demolir pavimentos superiores de um edifício de múltiplos andares. No entanto, este equipamento também é utilizado como unidade empurradora, quando apenas a trituração não é suficiente. O **trato de esteiras (bulldozer)** também é utilizado neste método, por empurramento da estrutura/vedação, principalmente em construções menores, onde é eficaz o empurramento para se derrubar a construção.



**Figura 32 - Escavadeira sobre esteiras**

#### **4.4.2.2 Método com uso de braço longo**

O triturador hidráulico quebra o concreto e a armadura através do sistema de braço longo boom. O triturador hidráulico pode ser operado a partir do solo fora do edifício. Este método também é adequado para edifícios perigosos, silos e outras instalações industriais. A Figura 33 ilustra a operação típica de triturador hidráulico com braço de lança longa. Não é um equipamento utilizado no país, mas é o método mais seguro e que tem maior aplicabilidade, pois pode demolir edifícios de grande altura, suas limitações são relacionadas ao tamanho do braço



**Figura 33 - Triturador com braço longo (Code of Practice for Demolition of Buildings, Hong Kong, 2004)**

(A) Os detritos podem ser usados para construir uma plataforma para a escavadeira ampliar o seu alcance. Para isso são seguidas as indicações abaixo:

- É importante que os detritos sejam densamente compactados, para apoiar o funcionamento da máquina;
- A plataforma de trabalho criada deve ser plana;
- A inclinação deve ser estável;
- A altura da plataforma será limitada a 3 m;
- Sua inclinação lateral temporária não deverá ultrapassar 1H:1V, a menos que a condição permita uma inclinação mais acentuada. A inclinação da rampa de acesso para a máquina deve estar em conformidade com as recomendações do fabricante;
- A largura em ambos os sentidos da plataforma será de, pelo menos, um e meio do comprimento da máquina, para permitir manobras seguras durante a operação;

(B) Podem cair detritos para fora do prédio durante a demolição. Desta forma, o local deve ser completamente vedado. Durante a operação do triturador não podem haver trabalhadores dentro da área de operação da máquina ou no interior do edifício.

#### **4.4.2.3 Método por empurramento**

Máquina equipada com braço empurrador, que aplica uma força horizontal no elemento estrutural a ser demolido. O ponto de aplicação da força não deve ser inferior a 2/3 da altura da parede e não mais que 600mm abaixo do topo da parede.

#### **4.4.2.4 Método por colapso deliberado**

O colapso deliberado é realizado ao retirar elementos estruturais essenciais buscando causar completo colapso da estrutura. Esta abordagem é mais comumente empregada em obras afastadas ou com poucos andares. Deve existir espaço suficiente para abrigar pessoas e equipamentos a uma distância segura.

#### **4.4.2.5 Método por puxamento**

Podem ser utilizados cabo ou retroescavadeira, puxando a estrutura a ser demolida, sob as seguintes condições:

- (A) No caso de ser puxada por uma polia, esta polia deve ser firmemente acoplada;
- (B) O cabo deve ser inspecionado procurando desgastes ou danos, pelo menos duas vezes por dia, e deve ser substituído se necessário;

- (C) A parte inferior do elemento pode ser pré-enfraquecida para garantir sua derrubada;
- (D) Todos os trabalhadores devem ficar longe da área de alcance do cabo, no caso de rompimento do mesmo;



**Figura 34 - Escavadeira realizando puxamento de alvenaria**

#### **4.4.2.6 Outros critérios de controle**

- (A) As máquinas devem ser operadas em terrenos planos e firmes e devem ter contrapesos adequados para evitar que capotem durante a operação;
- (B) Todos os equipamentos devem ser inspecionados com frequência;
- (C) O impacto das seções estruturais que caem no chão deve ser verificado para evitar potenciais sobrecargas, e vibrações que perturbem ou causem danos às propriedades adjacentes ou elementos subterrâneos;
- (D) O local deve ser isolado para evitar a entrada de pessoal não autorizado. Além disso nenhum funcionário deve permanecer dentro da área de trabalho do equipamento enquanto ele está em funcionamento;
- (E) Deve ser pulverizada água suficiente para minimizar a poluição do ar por poeira;
- (F) A cabine da máquina deve ter proteção adequada contra impacto de detritos;
- (G) O operador do triturador deve possuir as competências necessárias e experiência significativa na operação do equipamento. Deve haver uma pessoa local para auxiliar na operação e alertar o operador de qualquer potencial problema durante a operação.

Além dessas precauções gerais devem ser tomadas precauções específicas para cada equipamento. Na tabela a seguir estão identificadas as principais especificações, e posteriormente cada método é explicado em mais detalhes.

#### 4.4.3 Demolição por Explosivos

Se for escolhido o uso de explosivos para demolição de uma estrutura, o especialista contratado deve realizar um relatório abrangente de Avaliação de Riscos e um relatório de Impacto Ambiental. Outra consideração importante que deve ser feita é a proteção das propriedades adjacentes e de seus habitantes. As normas brasileiras que versam sobre o tema são NR19: Explosivos e NR16: Atividades e Operações Perigosas.

O projeto pode incluir um pré-enfraquecimento da estrutura, para facilitar o colapso da estrutura. Além disso uma explosão de teste pode ser conduzida para verificar a resistência da estrutura e para validar o projeto.

##### 4.4.3.1 Critério de Controle

- (A) Pré-enfraquecimento da estrutura pode ser feitos para assegurar a estabilidade estrutural antes da implosão;
- (B) Para minimizar a dispersão de detritos, devem ser feitas instalações fora do edifício para conter os detritos;
- (C) Um bom projeto fará com que a estrutura caia em direção ao centro do edifício e/ou no interior da área protegida;
- (D) Um bom projeto irá fornecer o tempo adequado entre as explosões para permitir que apenas um ou dois andares do edifício caia por vez, a fim de minimizar o impacto sobre o terreno;
- (E) O projetista também deve identificar uma zona de exclusão, para evacuar todos os moradores ou habitantes durante a detonação. Os ruídos e poeira gerados durante a demolição devem ser considerados na escolha da zona de exclusão. O raio da zona de exclusão típica não deve ser inferior a 2,5 vezes a altura do edifício;
- (F) Se houver taludes ou muros de arrimo nas proximidades, deve ser realizada uma avaliação geotécnica para assegurar que as detonações não iram afetar a estabilidade destes elementos;
- (G) Todas as pessoas devem ser evacuadas do local antes e durante as detonações;
- (H) A população local deve ser notificada de forma adequada;
- (I) Um plano de emergência deve ser preparado para lidar com qualquer eventualidade, como explosões prematuras, falha na ignição ou interrupção devido ao mau tempo;
- (J) Após a explosão o perito deve verificar que não há nenhum explosivo que não tenha detonado se necessário os explosivos não detonados devem ser detonados ou retirados do local;
- (K) Na medida do possível, os sistemas de ignição não devem ser elétricos para evitar risco de detonação prematura causado por ondas eletromagnéticas ou frequências de rádio. A instalação deve possuir um sistema redundante para garantir o sucesso da demolição;
- (L) O empreiteiro de fornecer provas de sua capacitação no uso desse tipo de método;
- (M) O modo do colapso deve ser simulado para verificar:
  - a. Que nenhuma parte do edifício irá cair fora da área protegida;

- b. Que o impacto do colapso da estrutura não causará vibrações que possam afetar tuneis subterrâneos, outros elementos subterrâneos ou as propriedades adjacentes.

#### 4.4.4 Outros Métodos

##### 4.4.4.1 Demolição por impacto (com bola de demolição)

A aplicação desse método consiste no uso de um guindaste equipado com uma bola de aço. A destruição do edifício é feita pela energia do impacto da bola de aço suspensa.

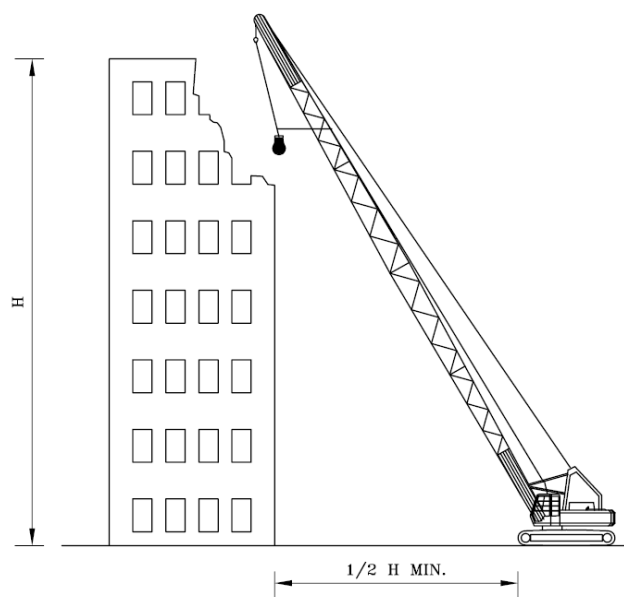
A bola de demolição opera fora do edifício, e este método é adequado para edifícios baixos e instalações industriais. No entanto, a operação requer um espaço livre substancial e também exige um operador capacitado e equipamento de qualidade. A Figura 35 ilustra a operação deste método.

##### Equipamento

A demolição por impacto faz uso da **bola de demolição (ou bola rompedora)**: uma bola de aço maciço, com massa que pode variar de 500 kg a 5 toneladas, suspensa num braço de grua móvel, operada por movimentos pendulares ou de queda livre, realizando um grande impacto sobre a estrutura a ser demolida.

##### Sequência

- (A) Exceto para aplicação especial, a demolição de cada seção da estrutura deve proceder de cima para baixo e devem ser tomadas precauções para manter a estabilidade da estrutura;
- (B) As técnicas recomendadas para a operação da bola de demolição incluem:
  - a. Queda vertical (*Vertical Drop*) - queda livre da bola de demolição;
  - b. Balanço - balanço da bola com o braço em um movimento pendular. Um segundo cabo deve ser conectado à bola horizontalmente, para controlar o movimento. A bola deve atingir o topo do membro estrutural de modo a evitar a queda para fora do edifício;



**Figura 35 - Equipamento necessário para uso de bola de demolição**

### Critérios de Controle

- (A) O braço ou lança deve ser operado acima de 3 m da parte da estrutura que está sendo demolida;
- (B) O espaço para a operação entre o guindaste e a estrutura demolida deve ser de metade da altura da estrutura mais um adicional de 6 m para manobras. Este critério deve aplicado a todos os lados do edifício a ser demolida;
- (C) A bola de demolição deve ser conectada com um dispositivo do tipo *anti-giro*, para evitar a torção e o enrolamento do cabo durante a operação;
- (D) O cabo que segura a bola deve ter capacidade de suportar pelo menos cinco vezes o peso da bola;
- (E) A resistência à tração do cabo deve ser pelo menos o dobro da resistência à tração da armadura das lajes e vigas a serem demolidas, permitindo a retirada da bola no caso dela se prender;
- (F) Todo o equipamento deve ser inspecionado duas vezes ao dia;
- (G) O comprimento do cabo deve ser o suficiente para permitir que a bola chegue ao nível de trabalho mais baixo, mais uma adição de 10% do comprimento do edifício;
- (H) A operação não pode ser feita ao lado de fios de alta tensão;
- (I) O local deve ser inteiramente cercado para proibir o acesso do público. Dependendo da distância entre a cerca e o edifício, a cerca deve ser reforçada para resistir a impactos acidentais da bola de demolição;
- (J) Durante o uso da bola de demolição, exceto pelo operador, todos os trabalhadores devem ser mantidos longe do raio de giro da bola de demolição. Ninguém deve ficar no interior do edifício;
- (K) Para minimizar a poeira, a estrutura deve ser molhada e pulverizada com água na estrutura continuamente durante a demolição;
- (L) Uma vez que a segurança e sucesso do projeto dependem do operador do equipamento, esse deve ter comprovadamente experiência e habilidade no manuseio desse tipo de equipamento;



(M) Deve haver um profissional no local para auxiliar o operador e garantir a segurança. Esse profissional deve ter experiência no uso da bola de demolição assim como o operador.

#### 4.4.4.2 Métodos por corte

São utilizados principalmente em trabalhos de reparações e reabilitação de estruturas de concreto armado, pois, apesar de também realizarem demolição de, por exemplo, estruturas de concreto armado, seu custo é mais elevado. São, portanto, utilizados quando se deseja realizar um corte muito preciso sem pôr em risco a integridade e estabilidade das partes restantes, além de serem utilizados quando é feita uma demolição por desmonte controlado dos elementos construtivos, isto é, quando há uma separação em sequência de vigas com pilares, lajes, escadas, e posterior remoção com guias. Neste método, é atingida uma abrasão do material (em geral concreto armado, mas também podendo ser utilizado em pedra e asfalto) por equipamentos que realizam cortes precisos.

##### Equipamentos

O primeiro desses equipamentos é o **disco portátil** (Figura 36). Munido de diversos dentes metálicos, suas pequenas dimensões e elevada potência conferem a ele elevada precisão no corte, versatilidade e facilidade no corte, que pode ser úmido ou seco. Além disso, não gera fissuras na peça cortada. Outro equipamento é o **disco sobre rodas**. Sendo uma espécie de disco portátil, só que sobre rodas e manuseado como um carrinho de mão, pode ser utilizado em superfícies de concreto/concreto armado. Possui elevada precisão, mas não é recomendado em superfícies pequenas como vigas, além da impossibilidade de uso em peças verticais como pilares. Temos também a **serra de parede (ou disco sobre calhas)**, que supre justamente a impossibilidade de uso do disco sobre rodas em paredes e algumas vezes também do disco portátil, além de também realizar cortes horizontais e oblíquos (Figura 37). O processo consiste na fixação de uma calha ao paramento a se cortar, na qual o disco executa o corte deslizando sobre a calha. É um equipamento muito útil quando da necessidade de trabalhos delicados e precisos, além de não produzir vibrações e atingir uma profundidade de até 110 cm. Entretanto, é um equipamento de difícil montagem e que exige um operador experiente.



Figura 36 - Uso do disco portátil em estrutura única de concreto



Figura 37 - Serra de parede (esq.) e aberturas de janelas em concreto feitas pelo material (dir.)

Outro equipamento utilizado no corte é o **fio diamantado** (Figura 38). O sistema de corte é feito por um fio de aço com cerca de 40 anéis por metro, rodando em alta velocidade, depois de tracionado por um motor hidráulico. Consegue cortar peças de grandes dimensões, é versátil e não produz ruído, poeira e vibrações. No entanto, além de também exigir um operador experiente, seu processo de montagem pode ser moroso. Outro equipamento de igual versatilidade, maneabilidade e eficiência é a **motosserra**, utilizada principalmente em peças de alvenaria. Entretanto não possui força nem resistência para peças de concreto muito armado e não dispõem de muita envergadura, devidos às suas dimensões reduzidas.



### Figura 38 - Corte de peça de concreto por fio diamantado

Entendendo o processo abrasivo como um subitem do processo por corte, temos aqui o uso de **jato d'água (hidrodemolição)**. Com um rendimento muito superior ao dos métodos tradicionais, a hidrodemolição não tem um limite de profundidade de abrasão na peça, uma vez que o sistema é composto pela combinação de pressão, fluxo de água e movimento do jato. A energia necessária é obtida por ar comprimido, impulsionando a água através de uma bomba de alta pressão. Pode ser executada por máquinas automáticas, o que diminui os riscos de acidentes e a mão de obra necessária e é muito utilizada em trabalhos de remoção de camada superficial deteriorada de concreto em grandes superfícies.

É um processo mais rápido e de menor custo efetivo, não provoca danos secundários na estrutura, não gera vibrações e é um equipamento ergonômico ao operador. No entanto, não possui alto rendimento em peças de concreto muito armadas, além da necessidade constante de água e de fortes pressões geradas *in situ*. Há a variante de jato d'água com areia, onde a areia contribui para o aumento da abrasão do material a ser demolido. Em comparação a métodos de corte/perfuração como serra diamantada e britadeira, a hidrodemolição tem como vantagens o fato de não gerar fraturas ao redor (como na britadeira) e ter um alcance de profundidade maior do que o da serra diamantada, cuja profundidade se restringe ao tamanho do disco.

#### 4.4.4.3 Por processos térmicos

Há ainda a demolição por processos térmicos, onde ocorre aquecimento do concreto e do aço, permitindo o corte através da fratura.

A **lança térmica** é o equipamento utilizado e consiste num fluxo contínuo de metal fundido que corta, com facilidade, materiais como concreto, concreto armado, aço e pedra. O operador fica a uma distância considerável do ponto de aplicação, por segurança e equipado dos devidos EPI's, além de ficar entrepostada uma barreira de chapa metálica para proteção extra do operador (Figura 39). Tal método pode ser útil em trabalhos onde é necessário cortar grandes espessuras de concreto fortemente armado, sem produzir ruídos e vibrações. No entanto, o processo é moroso e o equipamento possui de alta periculosidade, requerendo grande atenção da equipe nos entornos e boa preparação do terreno.

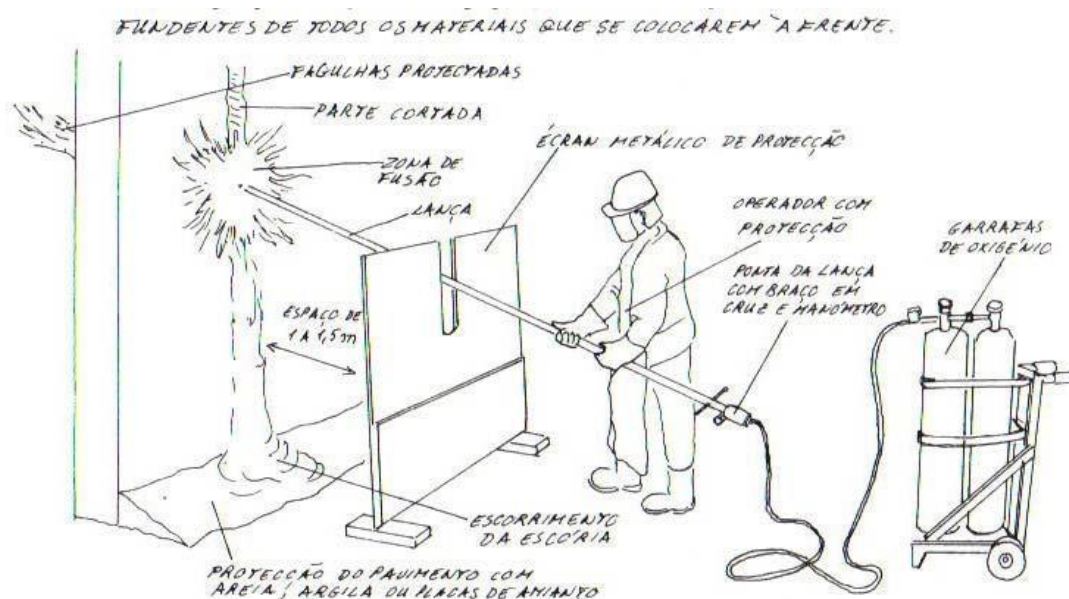


Figura 39 - Utilização da lança térmica (Mascarenhas e Jorge, 2008)

#### 4.4.4.4 Por processos elétricos

Existe também a demolição por processos elétricos. No entanto, hoje em dia é um processo que já caiu em desuso, por ser um processo extremamente limitado, restringindo-se a corte, por aquecimento térmico, a partir de fonte de energia elétrica, em barras de aço com no máximo 10 mm de diâmetro e com riscos de curto-circuito.

Um outro processo é o da eletrofratura, onde também aplica uma corrente elétrica na armadura do concreto, mas aqui a intenção é dilatar o concreto, por uma corrente de alta frequência, com auxílio macacos de hidráulicos que apertam fortemente a peça.

Há também o processo por arco voltaico, que, por descarga elétrica, consegue atingir uma temperatura de até 8000 °C, com a vantagem de não produzir ruídos, vibrações e poeiras, além de ser eficaz. Entretanto, é um método que danifica o concreto que não se pretende demolir, é moroso, produz muita fumaça e é um equipamento que não é encontrado comercialmente (custo de operação elevado).

O método mais utilizado dentro desta subcategoria é, na verdade, o de **microondas**, utilizado para remover camadas de concreto superficialmente deterioradas, através da emissão de ondas de alta frequência. O sistema consiste em aquecer o concreto, projetando ondas eletromagnéticas sobre a peça e, ao remover a água da sua camada mais superficial, provoca microfissuras (Figura 40). No entanto, apesar da rapidez e de não gerar ruídos nem fumos, é um processo que não corta armaduras, perigoso (devido ao dano que a radiação pode causar ao homem) e pesado, além de requerer um operador altamente qualificado.

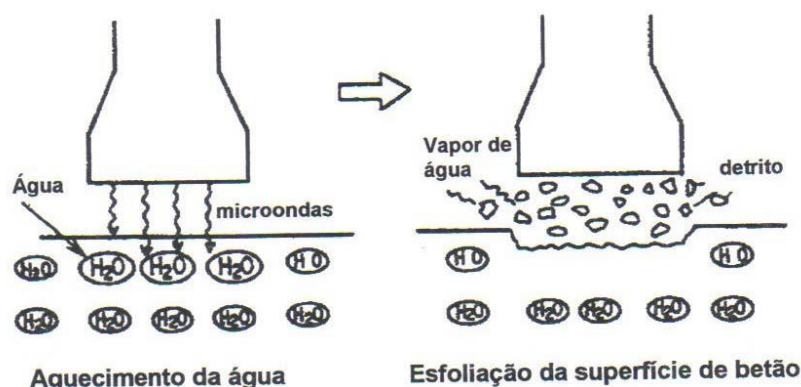


Figura 40 - Princípio de funcionamento do sistema de microondas na demolição de concreto (Gomes, 2010)

#### 4.4.4.5 Por processos químicos

Vale ressaltar também a demolição por processos químicos, também pouco utilizada por ser lenta e de baixo rendimento. Seu funcionamento baseia-se em reações químicas de determinadas substâncias com o concreto, provocando a sua deterioração. Pode ser por **ataque químico**, onde são usados ácidos, dado o caráter alcalino do concreto. No entanto é um processo devagar e pouco eficaz, considerando a baixa permeabilidade da massa de concreto e a fraca capacidade de dispersão do ácido na matriz da argamassa. Pode ser também por **ataque eletroquímico**, utilizando-se uma solução de cloreto de sódio e potássio junto a uma corrente elétrica contínua, transformando o sistema em uma espécie de pilha eletrolítica. As armaduras então funcionam como ânodos, irão ser corroídas, e posteriormente perdendo aderência com o concreto, fissurando-o e eventualmente destruindo a peça. Mas, além de ser um processo bastante lento, possui risco de eletrocussão.

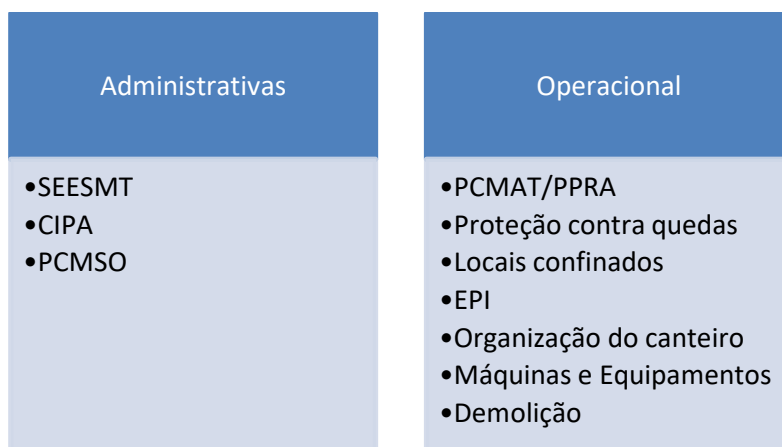
## 4.5 Segurança e Saúde do Trabalho

### 4.5.1 Legislação

As Normas Regulamentadoras (NR) tratam de um conjunto de normas relativos à segurança e saúde do trabalho, descritas na Portaria 3214/78 do MTE (Ministério do Trabalho e Emprego). As normas têm caráter obrigatório e o não cumprimento das disposições legais levam a penalidades previstas na legislação pertinente.

Para a indústria da construção civil, a NR-18 (Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção) é o principal documento. Ela estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção (SEBRAE). Inclusive ela aborda os temas das demais normas de forma complementar direcionada à indústria da construção civil.

Neste documento, as normas estão organizadas por temas para facilitar o uso. Elas também foram agrupadas em dois blocos, um para as medidas administrativas da empresa e outro para medidas operacionais de planejamento e organização da atividade.



**Figura 41 - Organização dos blocos de medidas de segurança**

#### **4.5.2 Medidas Administrativas da Empresa**

NR-4 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SEESMT):

O principal objetivo do SEESMT é compor um grupo de profissionais que promovam a saúde e protejam a integridade do trabalhador no local de trabalho. Este deve estar em entrosamento permanente com a CIPA.

Para o dimensionamento, os canteiros de obra com menos de mil empregados e situados em um mesmo estado não serão considerados como estabelecimentos, mas como integrantes da empresa de engenharia responsável (item 4.2.1). Neste caso, os engenheiros de segurança, médicos e enfermeiros do trabalho podem estar centralizados (item 4.2.1.1), enquanto os técnicos de segurança e auxiliares de enfermagem devem ser dimensionados por canteiro (item 4.2.1.2).

De acordo com esta norma, a demolição é classificada como atividade com grau de risco 4 (código 43.11-8). Portanto, ela deve ser dimensionada de acordo com o quadro abaixo:

**Tabela 8 – Critério de dimensionamento da SEESMT segundo NR-4**

<b>Grau de Risco</b>	<b>Nº de empregados no estabelecimento</b>	<b>50 a 100</b>	<b>101 a 250</b>	<b>251 a 500</b>	<b>501 a 1000</b>
<b>4</b>	Técnico Seg. Trabalho	1	2	3	4
	Engenheiro Seg. Trabalho	-	1*	1*	1
	Aux. Enfermagem Trabalho	-	-	-	1
	Enfermeiro do Trabalho	-	-	-	-

	Médico do Trabalho	-	1*	1*	1
--	--------------------	---	----	----	---

\* Tempo parcial (mínimo de três horas)

#### NR-5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA):

A CIPA visa a segurança e saúde do trabalhador no seu ambiente de serviço. Todas empresas com atividades em um canteiro de obras devem ter uma, sendo organizada de acordo com o tipo:

- Centralizada: quando, em um mesmo município, um ou mais canteiros de obras com menos de 70 empregados (item 18.33.1);
- Por canteiro: quando o número de empregados não atender à centralizada, ou seja, 70 empregados ou mais (item 18.33.3);
- Provisória: canteiro com duração da atividade de até 180 dias (item 18.33.4).

Segundo a NR 18, a composição é de ao menos um membro efetivo e um suplente a cada grupo de 50 cinquenta trabalhadores no canteiro, respeitando-se a paridade prevista na NR 5. Em caso de interpretações dúvidas, consultar a Delegacia Regional do Trabalho (DRT).

#### NR-7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO):

O PCMSO tem o objetivo de promoção e preservação da saúde dos seus trabalhadores e deverá ter caráter de prevenção, rastreamento e diagnóstico. Estes são feitos através dos Atestados de Saúde Ocupacionais (ASO), emitidos por médicos do trabalho, realizados na admissão do trabalhador, periodicamente e no momento da demissão (SEBRAE).

O empregador deve garantir a elaboração e implementação do PCMSO, bem como custear todos os procedimentos sem qualquer tipo de repasse ao trabalhador.

### **4.5.3 Medidas Operacionais da Atividade**

Nesta seção serão abordados itens relacionados à execução das atividades e consequentemente à NR 18, mas sendo citadas as demais normas relacionadas sempre que adequado. O capítulo está apresentado em forma de recorte dos principais pontos.

#### PCMAT e PPRA:

Ambos PCMAT e PPRA ditam uma série de medidas de segurança a serem adotadas durante o desenvolvimento da obra que visam antecipar os riscos e evitar acidentes de trabalho. No entanto, o PCMAT é mais detalhado do que o PPRA, até por avaliar todas as fases e envolver os projetos de proteção coletiva.



Para as obras com 20 empregados ou mais no pico, deve ser elaborado o PCMAT, que já inclui o PPRA. Caso contrário, pode contar apenas com o PPRA.

#### NR-9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA):

O programa visa preservar a saúde e a integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos físicos, químicos e biológicos no ambiente de trabalho. Não obrigatórios por esta norma, mas presente em outras, podem ser adicionados os riscos ergonômicos e de acidentes (SEBRAE), como descritos a seguir:

- Riscos Físicos: diversas formas de energia que possam estar expostos, como ruído, calor, pressão, radiação, vibração etc.;
- Riscos Químicos: substâncias que possam penetrar no organismo por vias respiratórias, pele ou ingestão;
- Riscos Biológicos: bactérias, vírus, fungos, parasitas, entre outros;
- Riscos Ergonômicos: fatores que podem interferir nas características físicas e mentais do trabalhador, causando desconforto ou afetando a saúde. Por exemplo levantamento de peso, ritmo excessivo de trabalho, repetitividade ou postura;
- Riscos de Acidentes: situações de risco para o trabalhador, como máquinas sem proteção, possibilidade de incêndio, falta de organização etc.

O PPRA deverá incluir as seguintes etapas:

- Antecipação e reconhecimentos dos riscos;
- Estabelecimento de prioridades e metas de avaliação e controle;
- Avaliação dos riscos e da exposição dos trabalhadores;
- Implantação de medidas de controle e avaliação de sua eficácia;
- Monitoramento da exposição aos riscos;
- Registro e divulgação dos dados.

#### NR-18.3 – Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho (PCMAT):

O PCMAT deve ser elaborado e executado por profissional legalmente habilitado na área de segurança do trabalho. Ele deve contemplar também as exigências contidas no PPRA.

Documentos que integram o PCMAT:

- Memorial sobre condições e meio ambiente de trabalho nas atividades e operações, levando-se em consideração riscos de acidentes e de doenças do trabalho e suas respectivas medidas preventivas;
- Projeto de execução das proteções coletivas em conformidade com as etapas de execução da obra;
- Especificação técnica das proteções coletivas e individuais a serem utilizadas;
- Cronograma de implantação das medidas preventivas definidas no PCMAT em conformidade com as etapas de execução da obra.

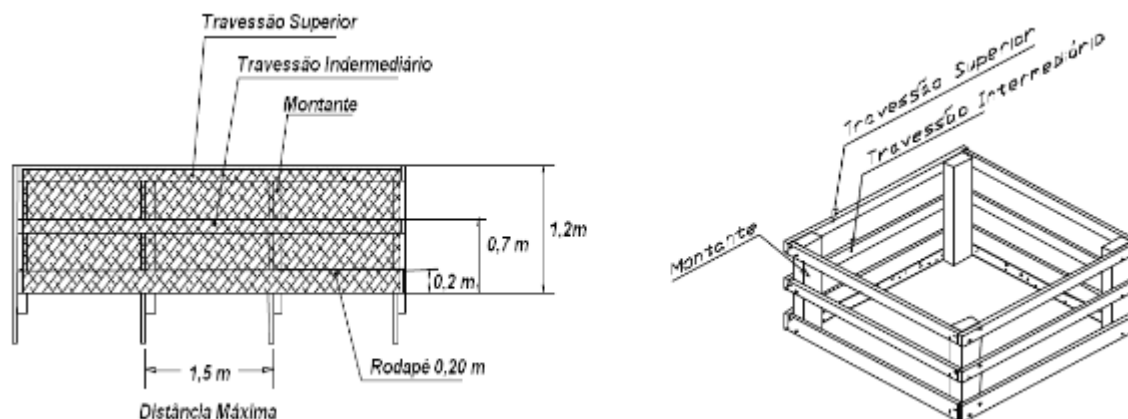


- Layout inicial do canteiro de obras, contemplando, inclusive, previsão de dimensionamento das áreas de vivência;
- Programa educativo contemplando a temática de prevenção de acidentes e doenças do trabalho, com sua carga horária.

#### NR 18.13 - Proteção contra quedas e a NR35 - Trabalho em altura:

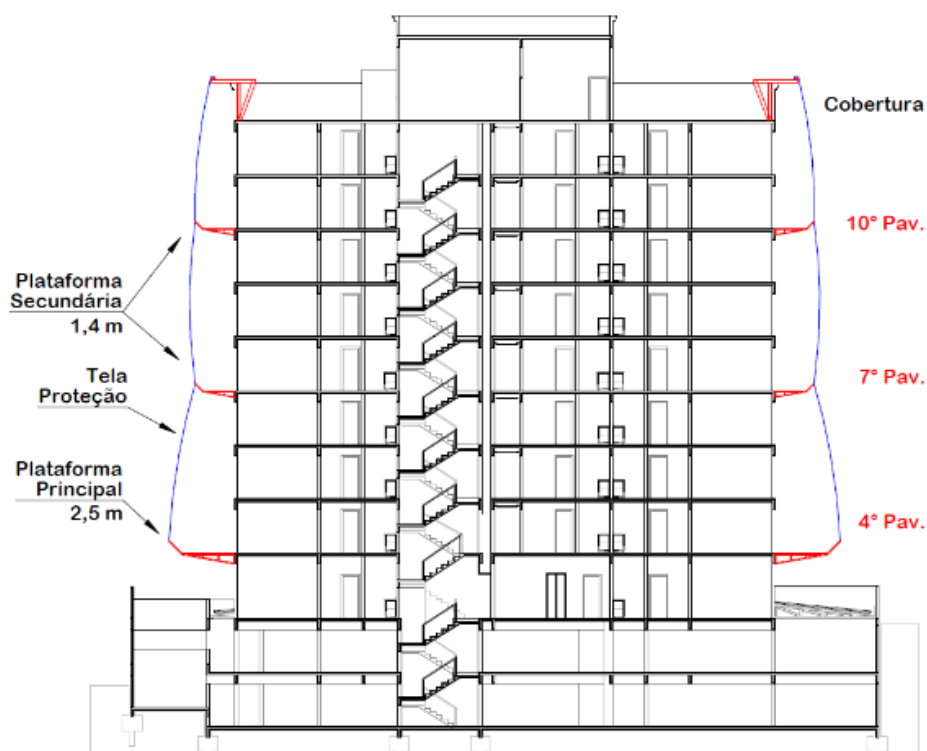
##### NR 18.13 – Proteção contra quedas:

- 18.13.1. É obrigatória a instalação de proteção coletiva onde houver risco de queda de trabalhadores ou de projeção de materiais.
- 18.13.2. As aberturas no piso devem ter fechamento provisório resistente. Reforço da NR 8 – Edificações.
- 18.13.2.1. As aberturas, em caso de serem utilizadas para o transporte vertical de materiais e equipamentos, devem ser protegidas por guarda-corpo fixo, no ponto de entrada e saída de material, e por sistema de fechamento do tipo cancela ou similar.
- 



**Figura 42 - Exemplo fechamento com mínimo de 1,2 m e rodapé 20 cm (SINDUSCON, 2008)**

- 18.13.6. Em todo perímetro da construção de edifícios com mais de 4 pavimentos ou altura equivalente, é obrigatória a instalação de uma plataforma principal de proteção na altura da primeira laje que esteja, no mínimo, um pé-direito acima do nível do terreno.
- 18.13.7. Acima e a partir da plataforma principal de proteção, devem ser instaladas, também, plataformas secundárias de proteção, em balanço, de 3 em 3 lajes.
- 18.13.9. O perímetro da construção de edifícios deve ser fechado com tela a partir da plataforma principal de proteção.



**Figura 43 - Medidas de plataformas secundárias e principal para construções (SINDUSCON, 2008)**

- 18.13.12.1 Como medida alternativa ao uso de plataformas secundárias de proteção, previstas no item 18.13.7 desta norma regulamentadora, pode ser instalado Sistema Limitador de Quedas de Altura, com a utilização de redes de segurança.

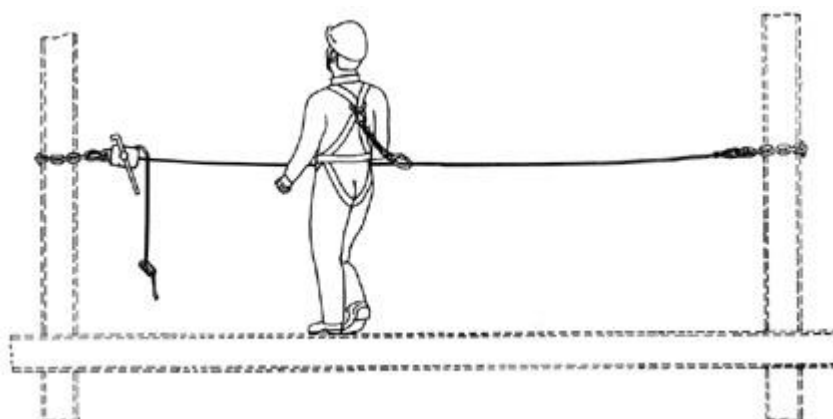


**Figura 44 - Sistema limitador de quedas em altura**

NR 18.18 – Telhados e coberturas: uso de cabo guia e não concentrar cargas em um mesmo ponto sobre telhado ou cobertura.

NR 35 – Trabalho em altura: Considera-se trabalho em altura toda atividade executada acima de dois metros do nível inferior, onde haja risco de queda.

- Treinamento para trabalhadores (mínimo 8 horas);
- Linha de Vida: cinto paraquedista (EPI) preso a um sistema de ancoragem.



**Figura 45 - Cinto paraquedista e linha de vida**

#### NR 18.20 – Locais confinados e a NR 33 – Trabalhos em Espaço Confinado:

Espaço Confinado é qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes ou onde possa existir a deficiência ou enriquecimento de oxigênio.

18.20.1 Nas atividades que exponham os trabalhadores a riscos de asfixia, explosão, intoxicação e doenças do trabalho devem ser adotadas medidas especiais de proteção, sendo as mais relevantes:

- Treinamento para os trabalhadores quanto aos riscos, formas de preveni-los e o procedimento em situação de risco;
- Monitoramento permanente de substância que cause asfixia, explosão e intoxicação no interior;
- Ventilação local exaustora que mantenha condições atmosféricas aceitáveis na entrada e durante toda a realização dos trabalhos;
- Identificar, isolar e sinalizar os espaços confinados para evitar a entrada de pessoas não autorizadas;
- Identificar, isolar e sinalizar os espaços confinados para evitar a entrada de pessoas não autorizadas;
- Uso de cabos de segurança que possibilitem resgate;
- A cada grupo de 20 trabalhadores, 2 deles devem ser treinados para resgate.

#### NR 18.23 e NR 6 – Equipamentos de proteção individual:

EPI é todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

- SESMT, ouvida a CIPA e trabalhadores usuários, recomendar ao empregador o EPI adequado ao risco existente em determinada atividade;
- Certificado de Aprovação dos materiais.

Os EPIs são um complemento às medidas de proteção coletiva, como última barreira de proteção. O agente causador do risco permanece presente no ambiente de trabalho.

Vale ressaltar a obrigatoriedade de treinamento da execução das atividades com segurança, segundo item 18.28.

#### **4.5.4 Organização do canteiro**

##### NR 18.29 Ordem e Limpeza:

18.29.1 O canteiro de obras deve apresentar-se organizado, limpo e desimpedido, notadamente nas vias de circulação, passagens e escadarias.

18.29.2 O entulho e quaisquer sobras de materiais devem ser regulamente coletados e removidos. Por ocasião de sua remoção, devem ser tomados cuidados especiais, de forma a evitar poeira excessiva e eventuais riscos.

18.29.3 Quando houver diferença de nível, a remoção de entulhos ou sobras de materiais deve ser realizada por meio de equipamentos mecânicos ou calhas fechadas.

18.29.5 É proibido manter lixo ou entulho acumulado ou exposto em locais inadequados do canteiro de obras.

##### NR 18.4 Áreas de Vivência:

18.4.1. Os canteiros de obras devem dispor de (caso não haja trabalhadores alojados):

- Instalações sanitárias;
- Vestiário;
- Local de refeições;
- Cozinha, quando houver preparo de refeições;
- Ambulatório, quando se tratar de frentes de trabalho com 50 (cinquenta) ou mais trabalhadores.

18.4.1.2. As áreas de vivência devem ser mantidas em perfeito estado de conservação, higiene e limpeza.

#### NR 18.24 Armazenagem e Estocagem de Materiais:

18.24.1 Os materiais devem ser armazenados e estocados de modo a não prejudicar o trânsito de pessoas e de trabalhadores, a circulação de materiais, o acesso aos equipamentos de combate a incêndio, não obstruir portas ou saídas de emergência e não provocar empuxos ou sobrecargas nas paredes, lajes ou estruturas de sustentação, além do previsto em seu dimensionamento.

18.24.2 As pilhas de materiais, a granel ou embalados, devem ter forma e altura que garantam a sua estabilidade e facilitem o seu manuseio.

18.24.8 As madeiras retiradas de andaimes, tapumes, fôrmas e escoramentos devem ser empilhadas, depois de retirados ou rebatidos os pregos, arames e fitas de amarração.

#### NR 18.26 Proteção Contra Incêndio:

18.26.1 É obrigatória a adoção de medidas que atendam, de forma eficaz, às necessidades de prevenção e combate a incêndio para os diversos setores, atividades, máquinas e equipamentos do canteiro de obras.

18.26.2 Deve haver um sistema de alarme capaz de dar sinais perceptíveis em todos os locais da construção.

18.26.3 É proibida a execução de serviços de soldagem e corte a quente nos locais onde estejam depositadas, ainda que temporariamente, substâncias combustíveis, inflamáveis e explosivas.

18.26.5 Os canteiros de obra devem ter equipes de operários organizadas e especialmente treinadas no correto manejo do material disponível para o primeiro combate ao fogo.

#### NR 18.27 Sinalização de Segurança:

18.27.1 O canteiro de obras deve ser sinalizado com o objetivo de:

- Identificar os locais de apoio que compõem o canteiro de obras;
- Indicar as saídas;
- Comunicação através de avisos;
- Advertir contra perigo de contato ou acionamento acidental com partes móveis das máquinas e equipamentos;
- Advertir quanto a risco de queda;
- Alertar quanto à obrigatoriedade do uso de EPI;
- Alertar quanto ao isolamento das áreas de transporte e circulação de materiais;
- Identificar acessos, circulação de veículos e equipamentos na obra;
- Advertir a passagem de trabalhadores onde o pé-direito for inferior a 1,80m ;
- Identificar locais com substâncias tóxicas, corrosivas, inflamáveis, explosivas e radioativas.

18.27.2 É obrigatório o uso de colete ou tiras refletivas na região do tórax e costas quando o trabalhador estiver a serviço em vias públicas, sinalizando acessos ao canteiro de obras e frentes de serviços ou em movimentação e transporte vertical de materiais.

#### NR 18.30 Tapumes e Galerias:

18.30.1 É obrigatória a colocação de tapumes ou barreiras sempre que se executarem atividades da indústria da construção, de forma a impedir o acesso de pessoas estranhas aos serviços.

18.30.6 Existindo risco de queda de materiais nas edificações vizinhas, estas devem ser protegidas.

#### NR-12 e NR 18.22 - Máquinas e Equipamentos:

##### 18.11 Operações de Soldagem e Corte a Quente

12.6. Nos locais de instalação de máquinas e equipamentos, as áreas de circulação devem ser devidamente demarcadas e em conformidade com as normas técnicas oficiais.

12.8. Os espaços ao redor das máquinas e equipamentos devem ser adequados ao seu tipo e ao tipo de operação, de forma a prevenir a ocorrência de acidentes e doenças relacionados ao trabalho.

12.9. Os pisos dos locais de trabalho onde se instalam máquinas e equipamentos e das áreas de circulação devem:

- Ser mantidos limpos e livres de objetos, ferramentas e quaisquer materiais que ofereçam riscos de acidentes;
- Ser nivelados e resistentes às cargas a que estão sujeitos.

12.13. As máquinas, as áreas de circulação, os postos de trabalho e quaisquer outros locais em que possa haver trabalhadores devem ficar posicionados de modo que não ocorra transporte e movimentação aérea de materiais sobre os trabalhadores.

12.96. As Máquinas e equipamentos devem ser projetados, construídos e operados levando em consideração a necessidade de adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza dos trabalhos a executar, oferecendo condições de conforto e segurança no trabalho

12.111. As máquinas e equipamentos devem ser submetidos à manutenção preventiva e corretiva, na forma e periodicidade determinada pelo fabricante, conforme as normas técnicas oficiais nacionais vigentes e, na falta destas, as normas técnicas internacionais.

#### NR 18.5 – Demolição:

Este é o único documento específico para demolição. Primeiramente, como parte do descomissionamento, todos sistemas de energia, água ou outras substâncias devem ser desligadas e isoladas (18.5.1). A demolição deve ser programada e dirigida por um profissional habilitado (18.5.3) e as construções vizinhas devem ser monitoradas para preservar a integridade e estabilidade (18.5.2).

Durante a remoção leve, devem ser removidos os vidros, ripados, estuques e outros elementos frágeis (18.5.4.). Exceto as de passagem de material, todas aberturas dos pisos devem ser fechadas, ficando proibida a permanência de pessoas nos pavimentos que possam ter sua estabilidade comprometida (18.5.5). As escadas devem ser mantidas desimpedidas e livres para a circulação de emergência e somente serão demolidas à medida em que forem sendo retirados os materiais dos pavimentos superiores (18.5.6).

A remoção de objetos pesados deve ser removidos com dispositivos mecânicos, ficando proibido o lançamento em queda livre de qualquer material (18.5.7). A remoção por gravidade só deve ser feito por calha fechada com inclinação máxima de 45° e dispositivo de fechamento (18.5.8 e 18.5.9).

Devem ser instalados plataformas de retenção de entulho a no máximo 2 pavimentos abaixo do que será demolido (18.5.10) e os elementos em demolição não devem ser abandonados em posição que torne possível o seu desabamento (18.5.11).

Para controle de particulado, os materiais das edificações devem ser previamente umedecidos (18.5.12). As paredes somente podem ser demolidas antes da estrutura, quando esta for metálica ou de concreto armado (18.5.13).

## **4.6 Controle de Particulado**

O material particulado é uma complexa mistura de partículas sólidas e líquidas (exceto água pura) encontradas no ar, com diferentes características químicas e físicas, emitidas por fontes poluidoras ou formadas na atmosfera. Essas partículas se apresentam sob uma enorme gama de tamanhos. Algumas podem ser vistas a olho nu, outras somente com uso de microscópios (Resende, 2007).

MP10 são partículas que apresentam em uma amostra ao menos 50% delas têm diâmetro de até 10 µm. Elas têm facilidade em penetrar no sistema respiratório, atingir os pulmões e em alguns casos a corrente sanguínea, podendo causar danos ao sistema respiratório e ao coração.

A inalação de poeiras minerais contendo sílica podem causar silicose pela deposição nos pulmões. Outro grande risco é a inalação de amianto que pode causar câncer, ainda presente nas construções mais antigas.

Partículas maiores, que são as predominantemente geradas na demolição, embora tenham efeitos menos nocivos, podem causar irritação nos olhos, pele,

boca, garganta e nariz (BRE, 2003). A ação nociva do material particulado sobre os materiais, normalmente, está vinculada à sua deposição sobre superfícies diversas. (Resende, 2007).

Na demolição, as partículas geradas são em grande parte de fração grossa, mas também são encontradas partículas de fração fina, principalmente da combustão de motores dos veículos e equipamentos utilizados durante a demolição (Resende, 2007). Em muitos casos, demolições manuais ou ainda mecanizadas são preferíveis às demolições realizadas por explosivos, pois a geração de material particulado na atmosfera tende a ser menor, embora haja maior exposição dos operários (Resende, 2007).

A base da prevenção e do controle da poluição atmosférica do Brasil é regida pela resolução CONAMA n.º 05 de 15/06/1989, a qual instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR).

A Tabela 9 mostra as principais atividades emissoras de material particulado na demolição e as respectivas medidas de prevenção e controle. Lembrando que os EPIs, neste caso as máscaras, são a última barreira do trabalhador, devendo sempre estar presente nas situações de risco. Quando for elevado o risco de afetar vizinhos, os cuidados a serem tomados são ainda mais importantes.

**Tabela 9 - Atividades emissoras e medidas de prevenção e controle durante atividades de demolição (adaptado de Resende, 2007)**

Fonte potencial	Medida de controle
Utilização de explosivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar esta metodologia de demolição</li> </ul>
Atividades diversas (britagem, quebra, lixamento, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cercar a obra ou pontos de emissão com telas de poliéster de malha fina (Figura 46) ou barreiras físicas, como chapas de madeira, tecidos, entre outros</li> <li>• Aspergir água antes e durante a atividade de demolição (Figura 47), com uso de mangueiras ou dispositivos associados aos equipamentos</li> <li>• Evitar atividades de demolição quando as velocidades do vento estiverem elevadas</li> <li>• Manter a área umedecida mesmo após o término da demolição</li> </ul>
Carga e transporte de material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lançar o material da menor altura possível</li> </ul>
Armazenamento de resíduos na obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar tempo na obra e exposição a ventos e chuvas</li> </ul>





**Figura 46 - Obra de demolição protegida por andaimes fachadeiros e telas (Hong Kong, 2006)**



**Figura 47 - Aspersão de água para controle de particulado**

Quanto à eficiência (Resende, 2007), a aspersão de água com mangueira a cada 4 horas dentro de um raio de 30 metros durante a demolição de uma estrutura de concreto apresentou uma eficiência de 36% no controle de partículas MP10. A aplicação de água sobre a área em demolição todo final de dia ou no término das atividades de demolição, apresentou eficiência de 10% no controle de MP10. O ideal é que a aspersão seja contínua durante toda a atividade de demolição e remoção dos resíduos, completada por aspersão de controladores químicos no final do dia. A utilização de líquidos químicos controladores (ex: emulsões poliméricas) logo após a finalização da demolição, apresentou uma eficiência de 84% no controle de partículas MP10.

A proibição de atividades de demolição, quando a velocidade dos ventos ultrapassava 40 km/h, apresentou uma eficiência de 98% no controle de partículas MP10.

A caracterização das fontes emissoras de material particulado nas atividades de demolição, portanto, depende de alguns fatores como tipo de ambiente construído que se está demolindo, metodologia empregada na demolição, condições meteorológicas, barreiras físicas existentes no local (campos abertos são mais desfavoráveis), entre outros aspectos (Resende, 2007).

#### **4.7 Gestão de Resíduos**

A etapa de destinação de resíduos é de fundamental importância não só para que a atividade de demolição possa ser executada sem grandes interrupções e com o espaço devido no canteiro, mas também para tratar e destinar os

resíduos, evitando problemas como desperdício, poluição e danos ao meio ambiente.

Pela resolução CONAMA 307: 2002 e Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Recursos Sólidos), grandes geradores de resíduos devem elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), especialmente aqueles que geram resíduos perigosos.

Os PGRS devem incluir os seguintes itens, principalmente:

1. Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados (origem, volume e caracterização);
2. Definição dos procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos sob responsabilidade do gerador;
3. Metas e procedimentos realizados para minimizar a geração dos resíduos.

De acordo com o Decreto nº 48251 da Prefeitura de São Paulo, são considerados grandes geradores de resíduos sólidos:

1. “os proprietários, possuidores ou titulares de estabelecimentos públicos, institucionais, de prestação de serviços, comerciais e industriais, entre outros, geradores de resíduos sólidos caracterizados como resíduos da Classe 2, pela NBR 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em volume superior a 200 litros diários;
2. os proprietários, possuidores ou titulares de estabelecimentos públicos, institucionais, de prestação de serviços, comerciais e industriais, dentre outros, geradores de resíduos sólidos inertes, tais como entulho, terra e materiais de construção, com massa superior a 50 quilogramas diários, considerada a média mensal de geração, sujeitos à obtenção de alvará de aprovação e/ou execução de edificação, reforma ou demolição;
3. os condomínios de edifícios não residenciais ou de uso misto, cuja soma dos resíduos sólidos, caracterizados como resíduos Classe 2, pela NBR 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), gerados pelas unidades autônomas que os compõem, seja em volume médio diário igual ou superior a 1.000 litros.”<sup>1</sup>

A classificação dos resíduos da construção civil é fundamental para que se possa estudar cada classe de resíduo separadamente. As maneira mais utilizadas para classificá-los provem da Resolução CONAMA nº 307/2002, que “estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil”<sup>2</sup>, e da NBR10004/04, utilizada também pela CETESB. Na Resolução do CONAMA, os materiais são postos em quatro classes (A, B, C e

<sup>1</sup> **São Paulo. Decreto nº 48251, de 4 de abril de 2007.** Dá nova redação ao artigo 1º do Decreto nº 45.668. Secretaria do Governo Municipal, São Paulo, SP, em 4 de abril de 2007.

<sup>2</sup> **Brasil. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº 136, de 17 de julho de 2002.

D). Neste trabalho, será dada atenção às duas primeiras classes, dominantes no cenário de demolição:

- Classe A: solos e rochas, alvenaria, concreto, argamassas, cerâmicos, lama bentonítica, lodos de dragagem, areia, brita e resíduos de pavimentação;
- Classe B: madeira, gesso, metal, papel, plástico, vidro, tecidos, asfalto, lã mineral e borracha;
- Classe D: resíduos perigosos, tais como tintas, solventes e óleos.

Já a NBR10.004/04 classifica os resíduos em:

- Classe I: não perigosos;
- Classe II:
  - A: perigosos não inertes;
  - B: perigosos inertes.

A periculosidade é uma característica de um resíduo que possa apresentar risco à saúde pública e/ou risco ao meio ambiente, em função de características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade (NBR10.004/04).

A Resolução CONAMA no 307/2002 determina que todos os resíduos gerados nas obras devem ser devidamente segregados e destinados adequadamente. Os fabricantes do material possuem co-responsabilidade, mas não fica clara como deve ser feita essa colaboração no processo de gestão. Sendo uma área que envolve um grande quantidade de obras e grandes volumes de resíduos gerados, Gianetti et. al. (2013, apud SindusCon-SP, 2015) notam que é usual incorporar empresas privadas no processo de gerenciamento dos resíduos, como Áreas de Transbordo e Triagem (ATT's) (estabelecimentos privados que triam, transformam e destinam adequadamente o resíduo recebido), recicladores fixos (e.g. usinas de reciclagem) e recicladores móveis (usina móvel, menos utilizada).

Esse sistema de gestão desde o fornecedor do material até a empresa do tratamento do resíduo deve considerar a responsabilidade compartilhada, onde cada um dos elementos desse sistema possui determinada(s) responsabilidade(s) com o material em questão a fim de permitir o reaproveitamento dos resíduos gerados.

Há dois conceitos importantes utilizados no contexto de geração de resíduos, úteis para estudos de fluxos e viabilidade:

1. Responsabilidade compartilhada: “conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade

ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos. ” (Política Nacional de Resíduos Sólidos). Isto é, todos as partes integrantes do ciclo de uso do material possuem responsabilidade sobre ele, devendo atentar reduzir o seu desperdício e destiná-lo devidamente.

2. Logística reversa: “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” (Política Nacional de Resíduos Sólidos). Isto é, a ideia do conceito é manter o material em seu ciclo de uso por mais tempo, retornando-o ao fabricante ou a uma recicladora, majorando assim o seu aproveitamento em seu ciclo de vida.

A Tabela 10 resume os destinos legais dos principais resíduos de classes A, B e D. Os resíduos de classe C não foram incluídos pois não estão inseridos na praxe de demolição, como resíduos de colas, vedantes, tintas e vernizes não recicláveis e não perigosos. Além disso, não é obrigatório para a maioria dos resíduos passar por ATT – ainda assim o fazem algumas vezes, principalmente nas ATT's que estão integradas a aterros de inertes ou usinas de reciclagem

**Tabela 10 - Destinação dos resíduos mais comuns na demolição (adaptado de SindusCon-SP, 2015)**

Resíduos \ Destinação		Aterro de resíduos de construção civil (Aterro RCC)	Usina fixa de reciclagem	Fabricante do material	Usina móvel de reciclagem	Aterro de resíduos Classe I	Outros
<b>CLASSE A</b>	Cimentícios e cerâmicos	✓	✓	✓	✓	X	X
	Solos de escavação	✓	X	X	X	X	✓
<b>CLASSE B</b>	Papel e plásticos (PE, PP, PVC)	X	X	✓	X	X	✓
	Madeira serrada	X	X	X	X	X	✓
	Madeira industrializada	X	X	✓	X	X	X
	Metais	X	X	✓	X	X	X
	Gesso	X	X	✓	X	X	✓
<b>CLASSE D</b>	Tinta (c/ metal pesado ou solvente)	X	X	X	X	✓	✓
	Madeira tratada	X	X	X	X	✓	✓
	Cimento amianto	X	X	X	X	✓	X

Para cimentícios e cerâmicos, o fabricante em questão é principalmente a fábrica de blocos de concreto. Para metais, estes são as siderúrgicas, utilizando sucata metálica, e no caso do gesso, retorna-se à cimenteira.

Para a coluna “Outros”, temos, em cada caso: regularização de terrenos e paisagismo, para solos de escavação; indústrias de incineração com uso de energia, para papel e plásticos; geração de biomassa e paisagismo, para madeira serrada; solo agrícola e aterro classe II A (industrial), para gesso; e incineração, para tinta e madeira tratada.

Para a escolha da destinação do resíduo, o gerador deve levar em conta principalmente: modelo de custos sólido, avaliação dos impactos ambientais de cada alternativa e riscos existentes (ocupacionais, tecnológicos e ambientais). Fatores de logística externa também são de grande importância, principalmente a distância da obra à localização final do resíduo. As tabelas a seguir informam quais as vantagens e desvantagens de cada destinação dos principais materiais. Cabe ao gerador avaliar cada uma delas de acordo com as características e peculiaridades de sua obra.

**Tabela 11 - Estudo comparativo de destinações para resíduos classe A (adaptado de SindusCon-SP, 2015)**

	Destinação	Vantagens	Desvantagens
Cimentícios e cerâmicos	ATT e/ou aterros RCC	É pratico, mas não gera os melhores ganhos ambientais ou econômicos.	Não há.
	Aterro RCC	É pratico, mas não gera os melhores ganhos ambientais ou econômicos.	Requer triagem entre resíduos classes A e B na obra.
	ATT e/ou usinas fixas de reciclagem (fora da obra)	· Permite a reciclagem;	· Requer triagem entre resíduos classes A e B na obra. Não pode conter solo de escavação;
		· O custo do transporte e destinação é geralmente menor que os praticados em aterros;	· Pode haver restrição com o recebimento de cargas com concentração elevada de resíduos cerâmicos;
		· É a segunda alternativa que mais reduz custos com a gestão desse tipo de resíduo.	· Grandes volumes de resíduos e destinação muito concentrada no tempo pode inviabilizar essa destinação.
	Fábrica de blocos de concreto	· Permite a reciclagem;	· Os blocos que originaram o resíduo devem ser do fabricante que está se dispondo a reciclá-lo;
		· Não há custos de destinação, mas pode haver aumento nos de transporte.	· Requer triagem bem elaborada dos resíduos de bloco de concreto, em relação aos demais resíduos classe A e das demais classes;
	Usina móvel de reciclagem (dentro da obra)	· Permite a reciclagem;	· Dependendo do volume produzido, pode haver restrição para o recebimento dos resíduos.
		· Não possuem custos de destinação;	· Requer triagem entre resíduos classes A e B na obra. Não pode conter solo de escavação;
		· Alternativa que mais reduz custos.	· Requer um volume mínimo de resíduo a ser processado (~1000 m³);
Solos de escavação	Aterro RCC	É pratico, mas não gera os melhores ganhos ambientais ou econômicos.	Requer triagem entre resíduos classes A e B na obra.
	Regularização de terreno	· Permite a reciclagem;	· Requer garantias de que não se trata de solo contaminado;
		· O custo de destinação é geralmente muito menor que os praticados em aterros;	· Requer ampla verificação sobre a legalidade do local para uso;
		· Reduz significativamente os custos com a gestão dos resíduos classe A;	· Requer compatibilidade com o solo local, que são analisadas com base na caracterização de resíduos ou valores orientativos de acordo com a CONAMA.

**Tabela 12 - Estudo comparativo de destinações para resíduos de madeira (classe A), gesso (classe B) e tinta com metal pesado ou solvente (classe D) (adaptado de SindusCon-SP, 2015).**

	Destinação	Vantagens	Desvantagens
Madeira	ATT e/ou reciclador de madeira para outras indústrias	É prático, mas não gera os melhores ganhos ambientais ou econômicos.	Não há.
	Reciclador de madeira para construção	Permite a reciclagem e aproveitamento no setor da construção;	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Requer controle das condições de armazenagem dos resíduos de madeira, de forma a garantir material bem compactado (<math>\sim 230\text{kg/m}^3</math>) para o transporte;</li> <li>· Requer concentração de maior volume de resíduos de madeira e uso de caçambas de maior porte.</li> </ul>
Gesso	ATT e/ou aterro industrial classe II A	É prático, mas não gera os melhores ganhos ambientais ou econômicos.	Não há.
	ATT e/ou uso agrícola	Permite a reciclagem;	Requer controle de triagem rigoroso (resíduo de gesso com alta pureza).
	ATT e cimenteiras	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Permite a reciclagem e aproveitamento no setor da construção;</li> <li>· Reduz significativamente os custos com a gestão dos resíduos classe A;</li> </ul>	
Tinta (c/ metal pesado ou solvente)	Aterro de resíduos Classe I	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Prático;</li> <li>· Baixo custo, em comparação com incineração.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Custo de transporte pode ser alto;</li> <li>· Requer controle na disposição e armazenagem.</li> </ul>
	Incineração	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Eliminação praticamente completa do volume de resíduo;</li> <li>· Possibilidade de reaproveitamento energético.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Custo elevado;</li> <li>· Libera gases tóxicos como produto da queima das resinas.</li> </ul>

## 4.8 Estudo Logístico

Na demolição a logística se torna um elemento chave, pois controla e programa de maneira eficiente (minimizando tempo e custos) o fluxo de armazenamento e destinação dos materiais, assim como o fluxo dos serviços. Desta forma, se torna necessária para a organização do canteiro, controle e gestão do armazenamento, e destinação dos resíduos.

A logística de uma demolição pode seguir as seguintes etapas listadas a seguir.

### 4.8.1 Logística Interna



**Figura 48 - Etapas do planejamento da logística interna**

Antes de se pensar na logística, deve ter sido feito o planejamento da demolição, que define plano de trabalho. Com ele deve ser estimado o fluxo de geração de resíduos, e a quantidade (em m<sup>3</sup>) que os resíduos são gerados ao longo das etapas chave da demolição.

É indicado dividir a produção de resíduos em categorias de acordo com sua destinação, tais quais:

- Concreto e outros materiais cimentícios;
- Metais;
- Madeira;
- Vidro;
- Materiais perigosos (ex: amianto);
- Outros.

Alguns materiais podem ser utilizados na obra posterior à demolição e devem ser armazenados ao longo de todo o período de demolição. O que é desejável por reduzir a necessidade de retiradas de resíduos e tornar a obra mais sustentável.

Com o fluxo de geração de resíduos pode-se definir o porte e o tipo de equipamento necessário para transporte interno vertical e horizontal dos resíduos e também as rotas internas de transporte. Entende-se por rotas internas o caminho entre o ponto de geração e ponto de armazenagem seguindo até o carregamento do veículo. Deve ser considerado também os pontos de acessos dos veículos ao canteiro para definição das rotas internas.

As formas de transporte interno vertical:

- Dutos de gravidade, segundo a NR 18.5 devem ser de até 45° e fechados
- Gruas, para transporte de equipamentos ou objetos pesados;

Para transporte horizontal dos resíduos até os caminhões, containers ou caçambas estacionárias de retirada pode-se utilizar:

- Escavadeiras e retroescavadeiras para retirada de entulho;
- Mini escavadeiras;
- Carrinhos;
- Gruas, para transporte de equipamentos ou objetos pesados;

Os resíduos podem ser levados até locais de armazenamento ensacados ou podem ser empilhados de maneira a ter forma e altura que garanta a estabilidade. Podem ser levados diretamente a dispositivos de transporte como



caçambas estacionárias ou containers e os tipos de caminhões que podem ser utilizados são:

- Caminhão caçamba, vide Figura 49;
- Cavalo Trucado para transporte de container;
- Caminhões poli guindaste, para caçambas estacionárias;
- Caminhão Munk.



**Figura 49 - Caminhão caçamba**



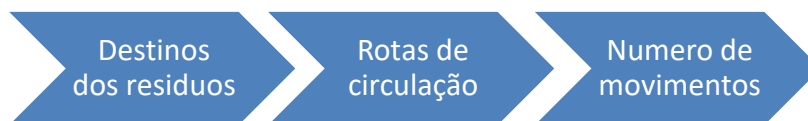
**Figura 50 - Caminhão Munk**

Com isso, as áreas que devem ser definidas para o layout do canteiro são:

- Áreas de armazenamento;
- Áreas de carregamento de veículos;
- Áreas de vivência;
- Acessos de veículos;
- Locais de processamento de material.

A área de armazenamento, em m<sup>2</sup>, deve ser definida para suportar a quantidade de resíduos gerados em um dado período. Este período deve ser definido de acordo com a frequência de retirada dos resíduos do canteiro para seus destinos. Portanto, o armazenamento deve ter capacidade para absorver a diferença entre o fluxo de material gerado, em relação ao fluxo de material retirado. Estes fluxos variam de acordo com as etapas chave da demolição definidas no planejamento.

#### 4.8.2 Logística externa



**Figura 51 - Etapas do planejamento da logística externa**

A logística externa se inicia na definição de potenciais destinos dos resíduos que serão melhor discutidos no capítulo 4.7 Gestão de Resíduos, com isso se pode definir as rotas de circulação. As rotas de circulação devem ser definidas de acordo com os seguintes princípios:

- O encaminhamento para as principais vias da maneira mais rápida;
- Evitar rotas através de áreas residenciais, onde for possível;
- As rotas devem ser informadas por escrito a todos os interessados, especialmente a empresa de transportes;
- Considerar horários de operação levando em conta poluição sonora, restrições de circulação de veículos pesados e evitar rotas/horários de congestionamento.

Após a definição das rotas de circulação, deve-se definir o número de viagens dos veículos para remoção dos resíduos. E por fim o número de viagens médio no período considerado, que depende da produção de resíduos e da capacidade de armazenamento do canteiro.

## 5 VISITAS

As informações levantadas nas visitas estão apresentadas em três seções:

- Caracterização das obras: características específicas das obras, com informações observadas em campo. Nesta seção também estão caracterizadas duas visitas realizadas a empresas, com intuito de entrevistas profissionais relacionados à atividade;
- Comparação entre as obras: cruzamento das informações coletadas nas diferentes obras de acordo com os tópicos abordados no trabalho;
- Análise crítica pelos profissionais: compilação de observações críticas feitas pelos profissionais com base na experiência prática no ramo, sendo relatadas sem observação em campo.

### 5.1 Caracterização das Obras

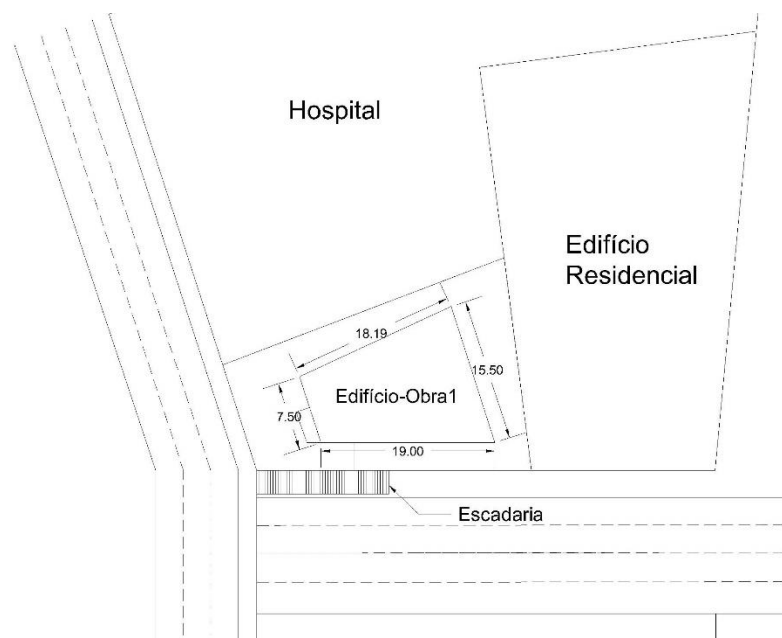
#### 5.1.1 Obra 1 – edifício de múltiplos pavimentos – empresa 1

- DADOS DO EDIFÍCIO:
  - Parte da ampliação de hospital vizinho à obra, na região da Avenida Paulista;
  - Edifício a ser demolido: escritórios - 2 subsolos + 10 pavimentos + cobertura;
- OBRA DA DEMOLIÇÃO:
  - PGRS;
  - Duração: 5 meses (março – agosto/2016);
  - Contrato envolveu demolição completa dos pavimentos (não incluiu subsolos e fundações);
  - A empresa demolidora não possuía os projetos da estrutura original. Todos os estudos preliminares foram feitos através de observação e inspeção de integridade da estrutura (furos nos próprios componentes para avaliar espessuras e armaduras);
  - A obra contou com 10 trabalhadores em média e contou com uma produtividade média de cinco dias para demolir cada andar.
- DEMOLIÇÃO:
  - “Top-down”;
  - Equipamentos utilizados (todos da própria empresa):
    - Minicarregadeira para retirada e armazenamento no caminhão (no pavimento térreo), sendo içada por meio de guindaste para o andar a ser demolido;
    - Martelo hidráulico;
    - Rompedor manual.
  - SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO:
    1. Limpeza Interna – remoção de móveis e objetos;
    2. Montagem de escoramentos;

3. Retirada de *drywalls*, vidros, caixilharia e fiação elétrica;
  4. Retirada de louças;
  5. Retirada de piso cerâmico (porcelanato; estava em ótimo estado, tendo sido vendido para reuso);
  6. Remoção das lajes: a máquina removia parte do andar  $n+1$  o suficiente para formar uma rampa com o entulho gerado, e assim descer para o andar  $n$  para completar a demolição do andar  $n+1$  por baixo;
  7. Remoção das vigas;
  8. Remoção de pilares.
- Segurança:
    - Andaime tubular nos entornos suportando as bandejas;
    - Tela em toda fachada;
    - EPI adequado dos operários;
    - Escadas livres e com acesso aos andares fechados por cancelas;
    - Remoção de material por queda livre pelo poço do elevador;
    - Escoramento do primeiro andar e dos 5 andares abaixo do que está sendo demolido.
- RESÍDUOS: CARACTERIZAÇÃO, TRANSPORTE E DESTINAÇÃO:
    - Materiais:
      - Estruturais (viga, pilar e laje): concreto e armadura em aço;
      - Vedação externa: vidro;
      - Revestimentos: cerâmica, gesso e argamassa.
      - Cobertura de amianto.
    - Transportados pelo vão do elevador;
    - Separação de todos os materiais;
    - Apenas uma caçamba, por falta de espaço, no piso térreo.



**Figura 52 - Fotografia em perfil do edifício**



**Figura 53 - Desenho esquemático do entorno em planta**

### 5.1.2 Obra 2 – galpões industriais – empresa 1

- DADOS DO EDIFÍCIO:
  - Galpões industriais de fábrica têxtil próximos à rodovia Presidente Dutra;
  - Área aproximada de 35.000m<sup>2</sup>;
  - Estrutura de pré-moldados de concreto protendido, cobertura metálica e fechamento em alvenaria;
  - Disponibilidade de espaço para estoque de material e movimentação de equipamentos.
- DEMOLIÇÃO:
  - Equipamentos:
    - Martelo hidráulico;
    - Tesoura hidráulica;
    - Britador de grandes dimensões (11,5 x 2,5 x 3,0 m).
  - SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO:
    1. Remoção de telhas de amianto;
    2. Demolição de paredes de alvenaria;
    3. Remoção e demolição das estruturas metálicas da cobertura;
    4. Remoção e subsequente demolição das vigas;
    5. Remoção cuidadosa dos pilares para revenda.
  - Segurança:
    - Retirada de grande quantidade de amianto;
    - EPI inadequado por parte dos operários;
    - Nenhum profissional de segurança;
    - Controle de acesso na portaria.
- RESÍDUOS: CARACTERIZAÇÃO, TRANSPORTE E DESTINAÇÃO:
  - Materiais:
    - Perigosos: lâmpadas fluorescentes (mercúrio) e amianto;
    - Concreto;
    - Madeira;
    - Sucatas metálicas;
    - Vidro.
  - Amianto: retirado, ensacado e enviado para aterro adequado;
  - Concreto: britagem *in loco*, armazenagem, utilização local e revenda;
  - Sucatas metálicas: revendidas; aço é retirado por imã;
  - Vidro: quase todo é quebrado, ensacado e revendido.



**Figura 54 - Vista do próximo galpão a ser demolido + entulho de concreto**

### **5.1.3 Obra 3 – demolição de laje de galpão industrial – empresa 2**

- **DADOS DO EDIFÍCIO:**
  - Laje pré-moldada em galpão de usinagem de uma indústria em Jundiaí;
  - Área de ~300m<sup>2</sup>;
  - Houve recobrimento de 10cm de concreto armado na laje, por necessidade de nivelamento com o resto do galpão. Após isso, o engenheiro responsável constatou que tal configuração não era segura, sendo decidido assim que se demolisse a laje;
  - Laje suportada por 40 vigas;
- **OBRA DA DEMOLIÇÃO:**
  - Documentos:
    - PCMAT/PPRA;
    - Alvará de demolição;
    - Planejamento e escopo do trabalho.
  - Planejamento com visitas prévias ao local e sondagem da laje para confirmação das informações recebidas sobre a área a ser demolida;
  - Das 40 vigas da área, apenas três foram mantidas;
  - Duração: 12 dias. Vale observar que previa-se sua execução para apenas seis dias. Entretanto, a grande espessura da laje atrasou o trabalho;
  - Cobrança feita por metro cúbico de material demolido;
- **DEMOLIÇÃO:**
  - Equipamentos:
    - Robô de demolição com rompedor;
    - Martelete pneumático;



- Mini carregadeira;
- Maçarico.
- SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO:
  1. Demolição da laje a partir do canto superior direito na vista em planta com robô de demolição com rompedor/corte das armaduras com maçarico;
  2. Içamento das vigas para posicioná-las no piso superior;
  3. Remoção do material removido (também concomitante às duas primeiras etapas) com uma mini escavadeira/quebra das vigas para reaproveitamento das armaduras;
- Segurança:
  - EPI adequado dos operários;
  - Uso de ancoragem e colete paraquedista do operário;
  - Isolamento da área;
  - Operação remota pelo uso do robô, embora eventualmente funcionários se posicionem de maneira insegura e muito próxima da máquina.
- RESÍDUOS: CARACTERIZAÇÃO, TRANSPORTE E DESTINAÇÃO:
  - Materiais:
    - Concreto;
    - Aço.
  - Concreto: centro de moagem de entulhos e reaproveitamento GERESOL (Projeto de Gerenciamento de Resíduos Sólidos);
  - Aço: reaproveitamento e revenda.

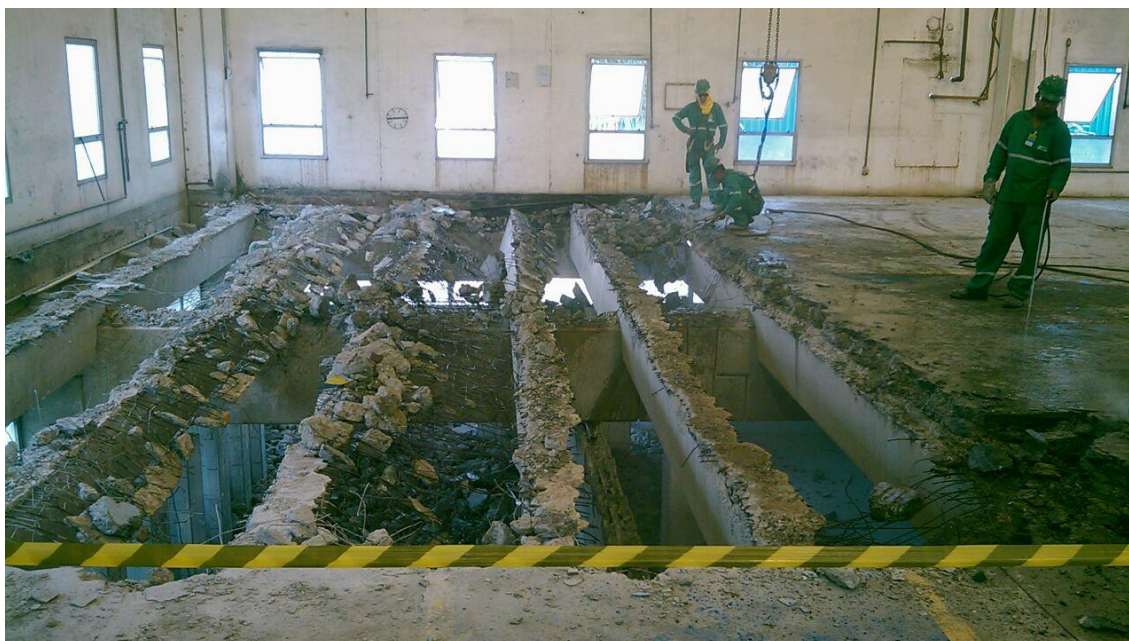


Figura 55 - Laje parcialmente demolida (restante à direita da figura)





**Figura 56 - Uso do robô de demolição para britagem do concreto armado**

#### **5.1.4 Entrevista 1 – empresa de demolição controlada**

- **DADOS DA EMPRESA:**
  - Presta serviços de demolição controlada, com mão de obra e equipamentos;
  - Principais equipamentos utilizados nos serviços: robô de demolição, fio diamantado e serra diamantada;
  - Clientes: portos, aeroportos, siderúrgicas, usinas, etc.;
- **ABORDAGEM DA ENTREVISTA:**
  - Principais serviços contratados e tempo de contratação médio;
  - Aspectivos executivos relevantes (logística, gestão de resíduos, etc.);
  - Houve dificuldade na obtenção de mais informações sobre a relação entre incorporadoras e demolidoras pois o responsável por essa área havia sido demitido.

#### **5.1.5 Entrevista 2 – construtora que contrata serviços de demolidoras**

- **DADOS DA EMPRESA:**
  - Incorporadora e construtora de grande porte;
  - Contrata serviços de demolição sempre que necessário.
- **ABORDAGEM DA ENTREVISTA:**
  - Processo de contratação de demolidoras;
  - Gerenciamento de resíduos e responsabilidade ambiental.

## 5.2 Comparação entre as obras

- DADOS DO LOCAL:

Das obras visitadas, duas se tratavam de demolição completa (obra 2) ou parcial (obra 3) de galpões industriais, enquanto a obra 1 se tratou de um edifício. A demolição de galpões industriais pode ser considerada a segunda mais comum na região metropolitana de São Paulo, atrás somente de demolição de casas – informação esta dita por todos os entrevistados. Considera-se então que uma obra de demolição de um edifício de múltiplos pavimentos não é comum no mercado atual.

- OBRA DA DEMOLIÇÃO:

- Documentos:

As obras 1 e 3 apresentaram PCMAT/PPRA e alvará de demolição (não foi possível obter a documentação utilizada para a obra 2 por questão de sigilo da empresa). Entretanto, apenas a obra 1 possuía um Plano de Gerenciamento de Recursos Sólidos (PGRS), por certamente se caracterizar como uma grande geradora de resíduos. A obra três, no entanto, apesar de não ter fornecido o volume de concreto armado demolido, pode-se fazer a seguinte estimativa: a área da laje era de  $300\text{m}^2$ , e sua espessura de  $0,2+0,1 = 0,3$  m. Sendo assim, o volume gerado foi de  $90\text{m}^3$ , isto é, a massa de resíduos gerada foi de aproximadamente  $2500 \times 90 = 225\text{t}$ . Como a obra foi feita em 12 dias, a produção diária média de resíduos foi de  $18,75\text{t}/\text{dia}$ , isto é, muito superior ao máximo estabelecido para não se elaborar um PGRS ( $50\text{kg}/\text{dia} = 0,05\text{t}/\text{dia}$ ).

- MÉTODO:

Para edifícios de múltiplos pavimentos, é mais comum o uso do método *top down*. O método mecanizado com operação à distância também pode ser vantajoso nessas e em outras situações. Apesar de a obra 2 não ter se utilizado de algum método específico à risca, a ideia da demolição utilizada assemelhou-se ao método mecanizado com operação à distância.

O planejamento das obras, em todos os casos, se baseou em visita(s) prévia(s) ao local, sendo que a obra 1 precisou também realizar furações na estrutura para melhor conhecimento do edifício.

- DEMOLIÇÃO:

- Equipamentos:

É comum o uso do martetele hidráulico/pneumático, tanto por suas dimensões quanto por sua utilidade. Máquinas mini escavadeiras também são soluções encontradas para o transporte de resíduos, principalmente quando o espaço é um forte limitante (obras 1 e 3) e não é possível o uso de carregadeiras normais. Além disso, cada obra deve avaliar a necessidade de outros equipamentos específicos, como a tesoura hidráulica na obra 2 (para demolição de pontos específicos e de

difícil acesso) e robô de demolição (quando necessária a operação remota);

- Segurança:

Observou-se o uso dos devidos EPI's nas três obras, principalmente capacete, luva, óculos protetores e cintos de segurança. Entretanto, vale notar que, conforme observado na Figura 56, operação do robô de demolição está sendo feita muito próxima ao equipamento (o que, aliás, torna parcialmente injustificado o uso de robô de demolição para o trabalho), o que não é uma situação segura ao operador.

- RESÍDUOS:

O maior volume de resíduos gerados certamente é de concreto, uma vez que grande parte das estruturas na região metropolitana de São Paulo são de concreto armado. Assim, o aço também é um material bastante encontrado nas demolições. Outros resíduos como cerâmicas, telhas e perfis de aço também serão encontrados, principalmente em se tratando de edifícios/casas.

A principal destinação para os resíduos de Classe A encontrada é o envio para um aterro RCC, principalmente por ser a solução mais prática. A cultura de logística reversa ainda não se encontra consolidada, pois nota-se que não é comum o envio para usinas recicladoras (fixas ou móveis), fabricantes do material nem ATT's.

### 5.3 Análise Crítica pelos Profissionais

Durante as visitas, além da observação das obras por si, entramos em contato com diversos profissionais da área que contribuíram com suas visões críticas de acordo com a experiência prática. Os pontos mais relevantes ao trabalho foram agrupados seguindo os temas abaixo e apresentados com referência à visita de origem.

- Execução e planejamento de obra:

- A maior dificuldade encontrada pelas empresas, no geral, é a falta de dados fornecidas pelo cliente [obras 1 e 3; entrevista 1]. Geralmente este não possui pleno conhecimento da estrutura a ser demolida, por não possuir desenhos e projetos (executivo ou *as built*). Pode surgir a necessidade de utilização de outros equipamentos e maior tempo para execução do serviço. Justamente por esse motivo, as empresas estabelecem para o preço uma margem de segurança alta (e.g. 40% para a obra 3). Isto para cobrir a incerteza quanto ao tempo de execução, quantidade de operários e máquinas previstos em orçamento – este geralmente feito por preço fechado;
- A obra mais comum realizada é a de demolição de casas na região metropolitana de São Paulo, sendo que a empresa da obra 3, por exemplo, nunca realizou um trabalho de demolição de edifício de múltiplos pavimentos. São raros os casos de demolição de edifícios de múltiplos pavimentos, por ser uma obra

extremamente onerosa à incorporadora [entrevista 2]. Demolições de galpões industriais também se apresentam com certa frequência [entrevista 1], podendo ser entendida como o segundo tipo de estrutura mais demolido;

- Em caso de suspeita de contaminação do material a ser demolido, pode ser realizada uma investigação confirmatória destes [obra 2], de acordo com as exigências da CETESB;
  - Quando há a necessidade de execução de algum serviço específico, pode-se contratar outras empresas especializadas. Por exemplo, corte de estruturas compartilhadas (casa germinada), quando há a necessidade de se abrir uma junta sem correr o risco de danificar a estrutura contígua. Esses serviços, em geral, duram em torno de dois a três dias [entrevista 1];
  - Quando há a presença de peças pré-moldadas [obra 2], deve-se cuidar em retirá-las primeiro (se a peça for uma viga, suas fixações são removidas dos pilares nos quais está apoiada, ainda sob protensão), e liberar esta tensão apenas sob distância da estrutura – e comumente apoiada no solo;
  - A restrição de circulação dos veículos pesados em determinados horários é um grande limitante da logística da obra [obra 1];
  - É comum reduzir as dimensões dos resíduos (principalmente britagem do concreto) para reduzir empolamento quando do seu transporte [obra 2; entrevista 2];
  - Quando são encontrados equipamentos antigos na obra [obra 3], deve-se tomar cuidado com a existência de materiais perigosos, como por exemplo transformadores antigos;
  - A cobrança do serviço é geralmente feita por metro cúbico de material demolido.
- Mão de obra e equipamentos:
    - Cronograma existe, mas é informal [obras 2 e 3]. Não há, por exemplo, controle de fluxo de materiais/resíduos, curva de homens na obra por fase e Fichas de Verificação de Serviço, assim como encontrado no setor da construção civil;
    - É comum haver a necessidade de se decidir entre um equipamento de maior custo mas que execute o serviço mais rapidamente ou um equipamento mais barato mas que tome mais tempo para a obra [entrevista 1]. Essa questão deve ser avaliada levando em conta qual é esse tempo a mais que tomará da obra e quanto isso pode impactar no tempo do serviço como um todo;
    - A interdição do local e entornos é outro fator a ser considerado na escolha dos equipamentos a serem utilizados [entrevista 1];
    - Os equipamentos mais utilizados nas obras em geral são: (mini)escavadeira (com concha ou rompedor), martelete pneumático, martelete elétrico, maçarico para corte de armadura e ferramentas manuais, como marreta, ponteiro e picareta: nota-se a tendência em se usar equipamentos de pequeno e médio porte, o que está de acordo com o método mais empregado em São Paulo – *top down* – e com a falta de espaço em obra, impossibilitando o uso de grandes equipamentos como

escavadeira. Junto a isso, o custo dos equipamentos é geralmente proporcional ao seu tamanho (com exceção, por exemplo, do robô de demolição), além de muitos deles serem importados;

- O encarregado acompanha os operários frequentemente, observando se ao final do dia (ou de alguns dias, dependendo da obra), foi demolida quantidade prevista;
- Materiais e resíduos: gerenciamento e destinação:
  - As maneiras mais usuais de se minimizar os custos da demolição são reduzir gastos com transporte de resíduos (utilizando o material no próprio local, reduzindo o empolamento do material no transporte, etc.) e amortecer com vendas de materiais para reuso ou reciclagem (nem que seja para apenas não pagar a destinação para um aterro) [obras 2 e 3];
  - Na etapa de remoção leve procura-se revender o máximo de materiais possível para algum depósito de material de demolição. É comum fazê-lo com esquadrias e peças de madeira nobre [obra 3];
  - É praxe enviar materiais cimentícios e cerâmicos a aterros de RCC [obra 3], devido à praticidade do processo e da ausência de desvantagens (única possível é o elevado custo de transporte, quando o aterro for demasiadamente distante da obra);
  - Concreto é usualmente enviado para aterros (estando conforme levantado na revisão bibliográfica), podendo ser britado antes [obras 2 e 3] ou não [obra 1]. Pode também haver o seu reuso, como é o caso da obra 2, em que este foi reciclado para servir como base para as vias, sem destinação externa;
  - A remoção cuidadosa para o reuso e reciclagem demanda tempo [obra 2], o que pode limitá-la de acordo com o prazo do cliente. Além disso, pode ser uma alternativa inviável, dependendo do material, sua quantidade e da distância à destinação;
  - Destinação de gesso [obra 2]: em média 70% é destinada a aterros (classe II A) e 30% a fábricas de cimento (logística reversa do material gipsita): sendo uma destinação prática (mas sem gerar altos ganhos ambientais e econômicos) e sem desvantagens, aterros de classe II A são mais comumente utilizados como destino de resíduos de gesso do que fábricas de cimento, também por esta destinação requerer controle de triagem rigoroso do material;
  - Aço e sucatas metálicas são vendidos em sua totalidade [obra 2]. O material pode ser extraído sem grandes danos e é usualmente vendido a siderúrgicas ou sucateiros, mesmo que não haja lucro sobre a venda;
  - Quando é possível extrair revestimentos (granito, mármore e cerâmica, principalmente) da estrutura sem danificar a peça, a revenda é a melhor opção [obra 2];
  - A destinação de resíduos é geralmente feita pela própria demolidora [obra 3]. A contratante exige apenas a documentação comprovando que os resíduos possuíram destinação adequada;

- Não obstante, há uma preocupação da empresa contratante em relação a responsabilidade ambiental como um todo [entrevistas 1 e 2], pois nos casos em que a demolidora presta serviço a uma construtora/incorporadora, a ‘imagem’ da obra como um todo recai muito mais sobre a construtora/incorporadora. Nesse sentido, há o risco do processo de gestão de resíduos recair sobre a demolidora, distoando do que se entende por correto – isto é, a responsabilidade compartilhada.
- Indústria de demolição: o que poderia ser alterado, tendências observadas e críticas:
  - Os profissionais das demolidoras responsáveis pelas obras não possuem necessariamente formação em engenharia civil (o próprio encarregado da obra 3 é graduado em Ciências Contábeis), tampouco experiência acadêmica com demolição. Adquire-se experiência prática com a demolição e esse conhecimento empírico é transmitido para familiares mais jovens que irão se adentrar no ramo, e assim em diante. Não há cursos de demolição de qualquer tipo (especialização, disciplinas de graduação, pós-graduação, etc), de modo que a única maneira de se obter conhecimento com o tema é na prática – ou com um profissional experiente no ramo;
  - Adequar regulamentação [obras 1 e 2]: as normas aplicáveis à demolição foram elaboradas para a construção civil. Portanto, partes das normas de segurança não atendem às peculiaridades da demolição, principalmente em relação aos riscos estruturais e características dos materiais em risco de queda. Um bom exemplo são as dimensões inapropriadas da bandeja e das telas de segurança para suportar as cargas exigidas (NR 18);
  - Por outro lado, as normas ambientais encontram-se mais rígidas [obra 3], afetando positivamente a concorrência entre as empresas, por exigirem requisitos de destinação de resíduos sólidos e gerar problemas logísticos que as menos preparadas tecnicamente não conseguem atender;
  - Certificações de sustentabilidade (e.g. AQUA) [obra 1]: não há certificados voltados para a indústria da demolição – apenas para o setor da construção;
  - A empresa 2 relatou que já atendeu clientes para dar continuidade a trabalhos incompletos de outras demolidoras. Isto por existirem no mercado empresas, em geral de pequeno porte, despreparadas para os serviços, o que poderia ser corrigido por uma melhor regulamentação e controle técnico do setor;
  - O método de demolição com explosivos deve ser melhor desenvolvido [obra 1]: o método pode ser vantajoso quando o tempo for uma variável fundamental à obra. Entretanto, é um método que ainda carece de mão de obra especializada para tal serviço;
  - Mecanização ainda é falha e tende a aumentar [obra 2]: equipamentos especializados de médio e grande porte que trariam um grande ganho produtivo e de segurança. Por exemplo,

escavadeiras de grande porte sobre esteiras para operação a distância ainda são inviáveis economicamente, até por terem de ser importados;

- Outra tendência observada é o uso crescente de robô de demolição [obra 3; entrevista 1], principalmente por ser operado remotamente, não trazendo risco à segurança do operador, e por possuir menor porte em relação aos equipamentos usuais (e.g. escavadeiras), garantindo maior espaço disponível na obra. Além disso, o robô de demolição é mais eficiente que os equipamentos usuais;
- Retorno financeiro da atividade [obras 1 e 2]: foi citado como fator limitando para maior investimento em tecnologias ou em corpo técnico da obra a viabilidade financeira das medidas;
- Junto a isso, a atividade de demolição é altamente dependente da qualificação da mão de obra para operar as máquinas na sequência correta da estrutura de forma segura [obra 2].

## 6 DESENVOLVIMENTO

No fluxograma a seguir está representado o processo de demolição, sendo cada etapa do processo desenvolvida em seguida.

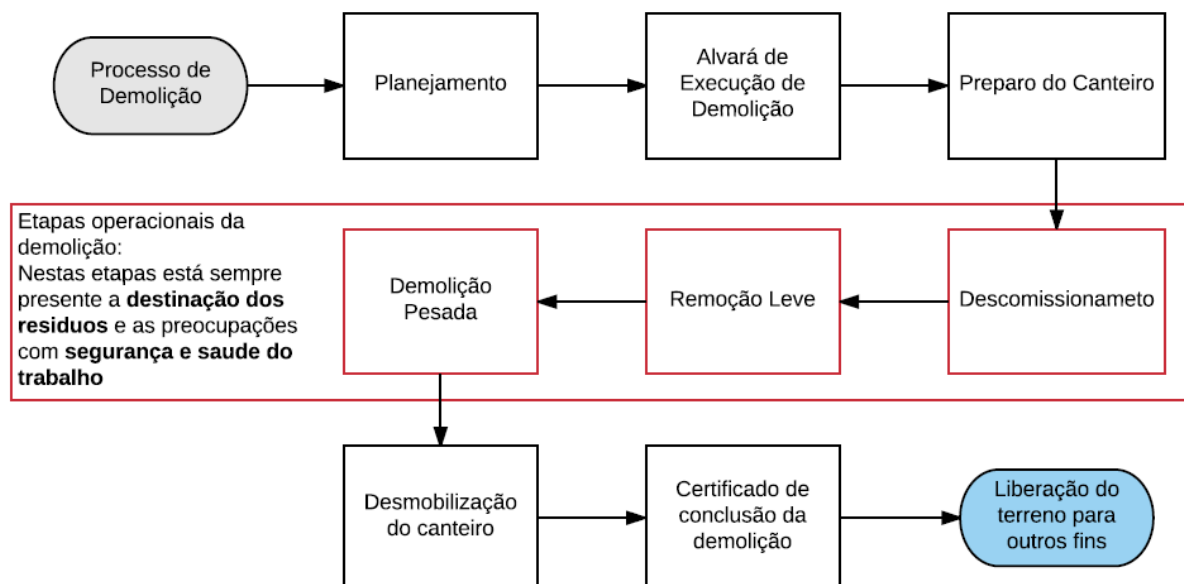
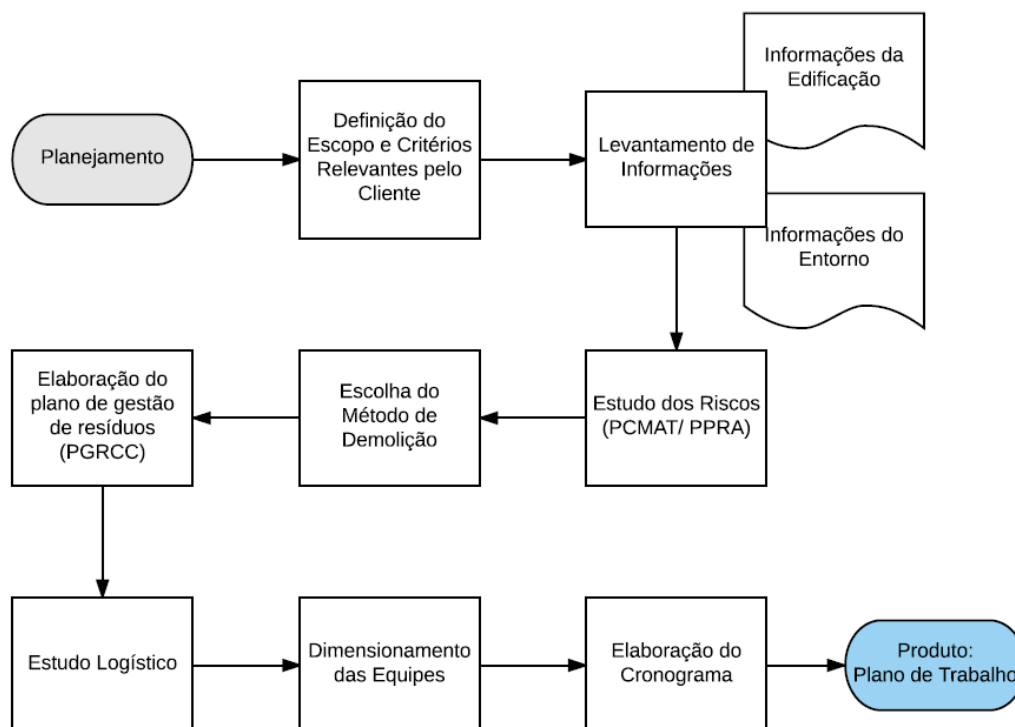


Figura 57 - Fluxograma: processo de demolição

### 6.1 Planejamento

O planejamento segue a seguinte estrutura:





**Figura 58 - Fluxograma: planejamento**

### 6.1.1 Definição do escopo e levantamento de informações

O primeiro passo do planejamento é saber qual o escopo da demolição decidido pelo cliente. O cliente deve definir o escopo do trabalho, bem como os critérios mais relevantes durante a execução, tais como restrição de tempo total para realização da demolição, nível de cuidados ambientais e reuso de materiais ou até o nível de especificação e controle técnico.

Assim se pode levantar as informações sobre o empreendimento, primeiramente as informações sobre o edifício que compreendem:

- Identificar os materiais presentes no local e os processos no qual foram instalados;
- Identificar a configuração dos ambientes através de plantas arquitetônicas;
- Analisar a estrutura do edifício tipo, quantidade de armação, estabilidade. Através de plantas, retirada de amostras e vistorias;
- Obter informações dos antigos usuários sobre possíveis riscos de segurança.

Juntamente com esse levantamento, deve se levantar as informações do entorno, tais quais:

- Condições estruturais das edificações próximas;

- Características que impliquem em restrições nas operações, como proximidade de hospitais, áreas densamente ocupadas ou outras áreas que tenham restrições de vibrações ou material particulado;
- Existência de interferências subterrâneas naturais ou artificiais como: tubulações, reservatórios de água, lenções freáticos, tuneis, etc.

Todo esse levantamento dará suporte ao estudo de riscos. Vale ressaltar que as construções vizinhas devem ser monitoradas para preservar a integridade e estabilidade (NR-18).

### 6.1.2 Estudo dos riscos

Ambos PCMAT e PPRA ditam uma série de medidas de segurança a serem adotadas durante o desenvolvimento da obra que visam antecipar os riscos e evitar acidentes de trabalho. Devem ser considerados:

- Riscos Físicos;
- Riscos Químicos;
- Riscos Biológicos;
- Riscos Ergonômicos; e
- Riscos de Acidentes.

A elaboração é feita para cada obra e as etapas estão listadas abaixo.

**Tabela 13 – Lista de checagem: elaboração de PPRA**

#	Itens	Checagem
1	Elaboração do PPRA (NR-9)	
1.1	<i>Antecipação e reconhecimentos dos riscos</i>	
1.2	<i>Estabelecimento de prioridades e metas de avaliação e controle</i>	
1.3	<i>Avaliação dos riscos e da exposição dos trabalhadores</i>	
1.4	<i>Implantação de medidas de controle e avaliação de sua eficácia</i>	
1.5	<i>Monitoramento da exposição aos riscos</i>	
1.6	<i>Registro e divulgação dos dados</i>	
2	A partir de 20 empregados no pico, elaborar o PCMAT (NR-18)	
2.1	<i>Ser elaborado por profissional legalmente habilitado na área de segurança do trabalho</i>	
2.2	<i>Contar com as etapas da PPRA (NR-9)</i>	
2.3	<i>Memorial sobre condições e meio ambiente de trabalho</i>	
2.4	<i>Projeto de execução das proteções coletivas para cada etapa da obra</i>	
2.5	<i>Especificação técnica das proteções coletivas e individuais utilizadas</i>	
2.6	<i>Cronograma de implantação das medidas preventivas</i>	
2.7	<i>Layout inicial do canteiro de obras, com a área de vivência</i>	
2.8	<i>Programa educativo de prevenção de acidentes e doenças do trabalho</i>	

### 6.1.3 Escolha do método de demolição pesada

Os procedimentos descritos neste trabalho são recomendações gerais de demolição de estruturas, mas cada local tem suas características específicas. Em geral, a demolição ocorre na medida do possível na ordem inversa da construção. Podem ser utilizados mais de um método para a demolição total do edifício.

Resumidamente a escolha do método depende da (Hong Kong, 2004; Abdullah, 2003; BSI, 2000):

- Situação da edificação;
- Documentação disponível do empreendimento;
- Restrições do entorno e sensibilidade aos impactos na vizinhança;
- Cultura da empresa e disponibilidade de equipamentos.

O fluxograma a baixo visa direcionar, de forma simplificada, o método de demolição mais apropriado. Essa escolha é uma diretriz inicial e pode acrescentar outros critérios que o responsável da demolição julgar relevantes.

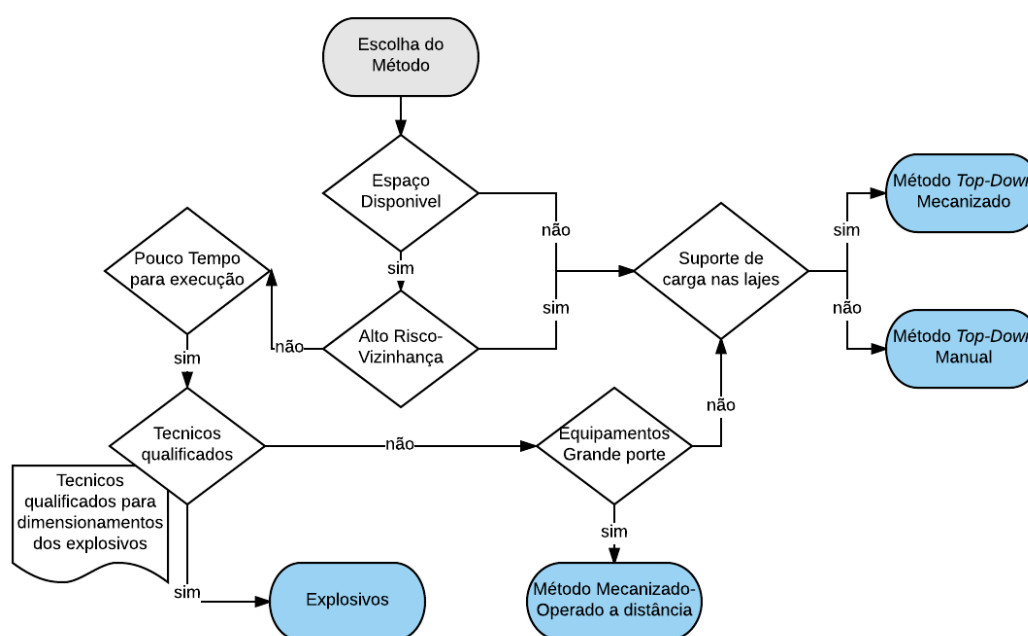


Figura 59 - Fluxograma: escolha do método

Se não houverem restrições no Impacto no solo e houver disponibilidade de equipamentos o Método mais indicado é o **método mecanizado operado à distância** por ser mais rápido sua execução e proporcionar maior segurança aos operadores. Mas devem ser consideradas as seguintes restrições:

- Exigência de espaço livre: é necessária uma área no entorno do edifício de raio no mínimo da metade da altura do edifício (Hong Kong, 2004);
- Geração de vibrações excessivas (além de ruído e poeira);

- Necessidade de fragmentação posterior do material restante, uma vez que os fragmentos gerados nessa técnica são de médio e grande porte;
- Além disso, deve-se considerar também a questão de segurança, devido às grandes dimensões dos equipamentos e ao grande impacto gerado, além da grande massa que pode ser derrubada de uma só vez.

Os métodos mecanizados operados a distância são mais utilizados para casos onde há necessidade de demolições mais rápidas, em grandes estruturas ou diversos edifícios e locais com menor disponibilidade de mão de obra.

No caso de haver técnicos qualificados para dimensionamento do edifício se pode optar pelo uso de **explosivo**, se tornando necessária uma série de precauções com o entorno e a segurança de todos os envolvidos. É usual para grandes estruturas, com área adequada e onde as construções em volta podem suportar a carga aplicada. Para esse método também são necessários técnicos qualificados para dimensionamento dos explosivos e colocação adequada.

No caso de não haver disponibilidade de equipamentos e o espaço ser restrito, podem ser utilizados os **Métodos Top-Down** que, por serem realizados dentro do edifício, são os de melhor aplicação para locais densamente ocupados e com áreas restritas, assim são aplicáveis para a maioria dos edifícios de múltiplos andares, mesmo sendo mais demorados que os métodos já apresentados.

A escolha entre o Método *Top-Down* Manual e Mecanizado depende da capacidade do edifício receber os equipamentos de demolição, isto é, área para operação e suporte das cargas.

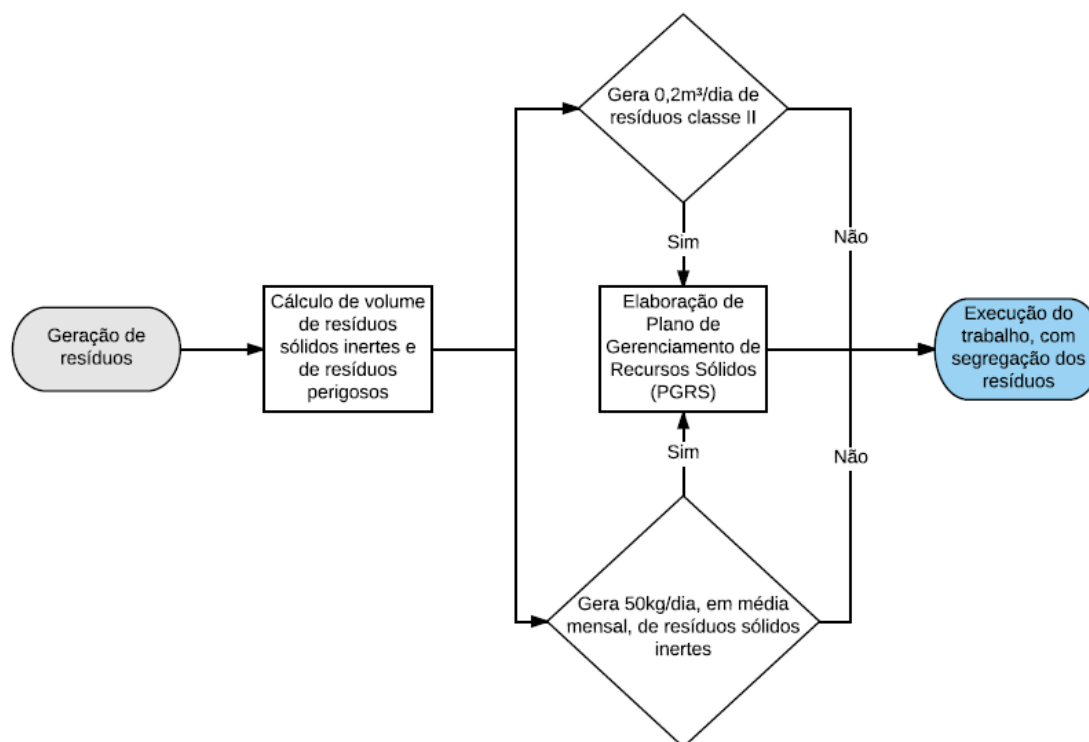
Outras considerações são o custo de operação e a capacitação dos funcionários para operar os equipamentos de *Top-Down* Mecanizado.

Outros métodos são aplicados em casos específicos e foram listados no item 4.4 Métodos de demolição pesada.

#### 6.1.4 Elaboração de Plano de Gestão de Resíduos

O fluxograma da Figura 60 auxilia na verificação da obrigatoriedade de elaboração de um PGRS. Para isso, a empresa demolidora deve verificar se ela será caracterizada como grande geradora de resíduos (conforme detalhada no item 4.7). Estando legalmente apta a gerenciar os resíduos, a empresa então deverá, durante a execução da obra, segregar devidamente e destinar os resíduos aos locais adequados.

A lista de checagem abaixo auxiliará nesta etapa do processo.



**Figura 60 - Fluxograma: possibilidade de elaboração de PGRS**

**Tabela 14 - Lista de checagem: possibilidade de elaboração de PGRS**

#	Itens	Checagem
1	Possibilidade de elaboração de PGRS	
1.1	<i>Cálculo de volumes de resíduos sólidos inertes e perigosos a serem gerados</i>	
2	Em sendo necessário elaborar um PGRS, itens principais	
2.1	<i>Origem, volume e caracterização dos resíduos sólidos</i>	
2.2	<i>Definição dos procedimentos operacionais para gerenciamento dos resíduos</i>	
2.3	<i>Metas e procedimentos realizados para minimizar a geração dos resíduos</i>	

### 6.1.5 Logística

Devem ser elaborados os seguintes produtos do estudo logístico:

- Fluxo de materiais: que contem os caminhos verticais e horizontais de transporte assim como os equipamentos utilizados para isso e também as áreas de armazenamento dos resíduos.
- Rotas de transporte externas: que contem todas as rotas entre o canteiro e o destino final do resíduo.

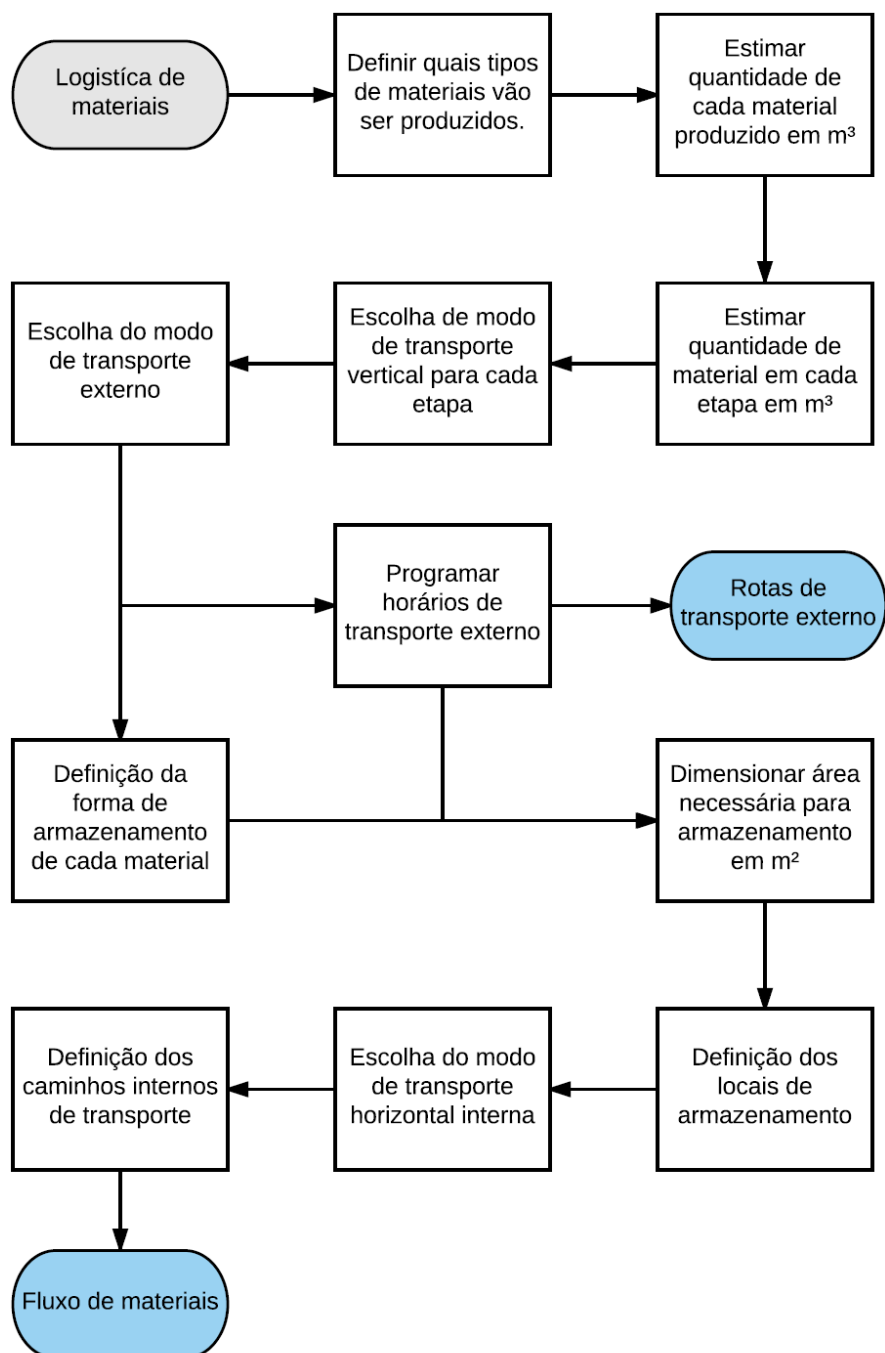
A Logística depende do plano de resíduos, pois nele será definido os destinos dos resíduos e será feito o calculado do volume de resíduos que será gerado. Para definição do Fluxo de materiais é preciso além do plano de resíduos um estudo das áreas disponíveis no canteiro para armazenamento dos materiais,

essas áreas devem ser de fácil acesso e que não impessão a passagem de pessoas e equipamentos. Verificada as áreas se pode então definir com que frequência será necessário a retirada de resíduos do canteiro.

A seguir será apresentado uma lista do que se deve ser levado em conta para elaboração do fluxo de materiais, seguindo de um processo para auxiliar na elaboração desse fluxo e das rotas de transporte externas.

**Tabela 15 - Lista de checagem: elaboração do fluxo de materiais**

#	Itens	Checagem
1	Definir como será feito o transporte interno vertical e horizontal dos resíduos em cada etapa	
1.1	<i>Objetos pesados devem ser removidos com dispositivos mecânicos, como grua, mini grua ou roldanas.</i>	
1.2	<i>Fica proibido o lançamento em queda livre de qualquer material</i>	
1.3	<i>A remoção por gravidade só deve ser feita por calha fechada com inclinação máxima de 45° e dispositivo de fechamento (NR-18.5)</i>	
2	Definir os caminhos de transporte internos	
2.1	<i>As escadas devem ser mantidas sem obstruções</i>	
2.2	<i>Definir rotas de circularização de pessoas, definindo as áreas com restrição de acesso.</i>	
2.3	<i>Para transporte interno horizontal pode se fazer uso de mini escavadeiras, carrinhos de mão.</i>	
3	Definir onde e de que forma serão armazenados os resíduos	
3.1	<i>Deve se estimar a quantidade de resíduos que será produzido e também quais áreas podem ser disponibilizadas para armazenamento.</i>	
3.2	<i>As áreas devem ser separadas por destino dos resíduos</i>	
3.3	<i>Os resíduos devem ser armazenados segundo a NR 18.24</i>	
3.4	<i>As áreas devem ser sinalizadas e isoladas</i>	
3.5	<i>Pode ser feito o armazenamento diretamente em caçamba.</i>	
4	Quando e por qual tipo de transporte serão retirados os resíduos do canteiro.	
4.1	<i>Deve ser escolhido o porte do caminhão, baseados em:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Restrições de tráfego</li> <li>• Capacidade de carga do caminhão</li> <li>• Capacidade das vias de acesso ao canteiro</li> <li>• Custos relacionados.</li> </ul>	
4.2	<i>Definir a frequência de saída dos caminhões que deve ser definida de acordo com a quantidade de material que será extraído</i>	
4.3	<i>Se for necessária a interdição de tráfego para carregamento do caminhão. Conseguir a autorização dos órgãos responsáveis pelo tráfego.</i>	



**Figura 61 - Fluxograma: logística de materiais**

A elaboração das rotas de transporte deve ser feita para cada destino dos resíduos, com as devidas precauções:

**Tabela 16 - Lista de checagem: rotas de transporte**

#	Itens	Checagem
1	O encaminhamento para as principais vias da maneira mais rápida possível	
2	Evitar rotas através de áreas residenciais, onde for possível	
3	As rotas devem ser informadas por escrito a todos os interessados, especialmente a empresa de transportes	
4	Considerar horários de operação levando em conta poluição sonora, restrições de circulação de veículos pesados e evitar rotas/horários de congestionamento	

### 6.1.6 Dimensionamento das equipes e Elaboração do cronograma

O dimensionamento de equipe depende da experiência de cada profissional alocado e dos métodos adotados em cada etapa. Ele está diretamente relacionado com o cronograma e deve ser pensado os seguintes itens para seu dimensionamento adequado:

Por fim se obtém um número de profissionais para cada etapa da obra. Os itens 1 e 2 se referem ao cronograma.

### 6.1.7 Plano de Trabalho

O plano de trabalho é o produto final do planejamento deve ser elaborado contemplando os seguintes itens:

**Tabela 17 - Lista de checagem: plano de trabalho**

#	Itens	Checagem
1	Definição do escopo pelo cliente	
2	Caracterização da obra	
2.1	<i>Topografia detalhada do local</i>	
2.2	<i>Layout de todos os andares do edifício a ser demolido, mostrando os sistemas de apoio, o estado do edifício</i>	
2.3	<i>Arranjo estrutural do edifício</i>	
3	Estudo dos riscos (PCMAT)	
3.1	<i>Avaliação do edifício, ou estrutura a ser demolido</i>	
3.2	<i>Medidas para todos os edifícios adjacentes afetados, encostas, estruturas e serviços de retenção em cada fase da demolição</i>	
3.3	<i>Proteções coletiva: bandejas, telas, controle de particulados</i>	
4	Método de demolição e sequência	
5	Desenho do canteiro com áreas de armazenamento, carregamento e de trânsito de veículos	
6	Escoramento proposto e os apoios ao edifício a demolir	
7	Dimensionamento das equipes	
8	Cronograma	
9	Plano de Gestão de Resíduos	



Ele deve ser elaborado anteriormente ao início dos trabalhos e deve ser um material de consulta disponível no canteiro durante toda a demolição

## 6.2 Alvará de execução de demolição

Esse documento autoriza a execução de uma demolição tendo prazos legais para prescrever após a sua emissão. A descrição está baseada na legislação da cidade de São Paulo e pode variar para demais cidades.

Em caso de edificação no alinhamento é obrigatória a solicitação de Alvará de Tapume antes do início da obra, que autoriza a colocação de tapume avançando sobre a calçada.

**Tabela 18 - Lista de checagem: Alvará de execução**

#	Itens	Checagem
1	Alvará de execução	
1.1	<i>Requerimento pelo proprietário</i>	
1.2	<i>CREA do profissional e Ficha de Inscrição no C.C.M., se o prédio possuir mais de 2 andares</i>	
2	Alvará de Tapume	
2.1	<i>Requerimento pelo proprietário ou profissional responsável</i>	
2.2	<i>Alvará de Execução ou requerimento de comunicação</i>	
2.3	<i>Croquis demonstrativos da calçada, do tapume e das instalações beneficiadas</i>	
2.4	<i>Indicação da sequência de utilização do tapume quando da execução da obra por trechos</i>	

## 6.3 Preparo do canteiro e descomissionamento

No preparo do canteiro, um conjunto de providências é tomado para possibilitar o início da demolição de forma segura. Por mais que o descomissionamento se estenda até a remoção leve, seu conceito é apresentado aqui e complementado em seguida.

**Tabela 19 - Lista de checagem: preparo do canteiro**

#	Itens	Checagem
1	Isolamento do local (NR 18)	
2	Instalação de telas de proteção (NR 18)	
3	Desligar e isolar as redes elétrica, hidráulica ou de quaisquer outras substâncias (descomissionamento)	
4	Instalação de áreas de vivência: instalações sanitárias; vestiário; local de refeições; cozinha, quando houver preparo de refeições; ambulatório, quando se tratar de frentes de trabalho com 50 (cinquenta) ou mais trabalhadores.	

## 6.4 Remoção leve

A remoção leve ou *soft stripping* consiste na remoção de componentes leves, não contemplando a estrutura e a alvenaria existente. O escopo da remoção leve varia muito, mas depende fundamentalmente dos materiais encontrados e da forma como estão fixados.

Após identificar o que se encontra presente no local, a decisão de remover ou não determinado material deve seguir a seguinte lógica:

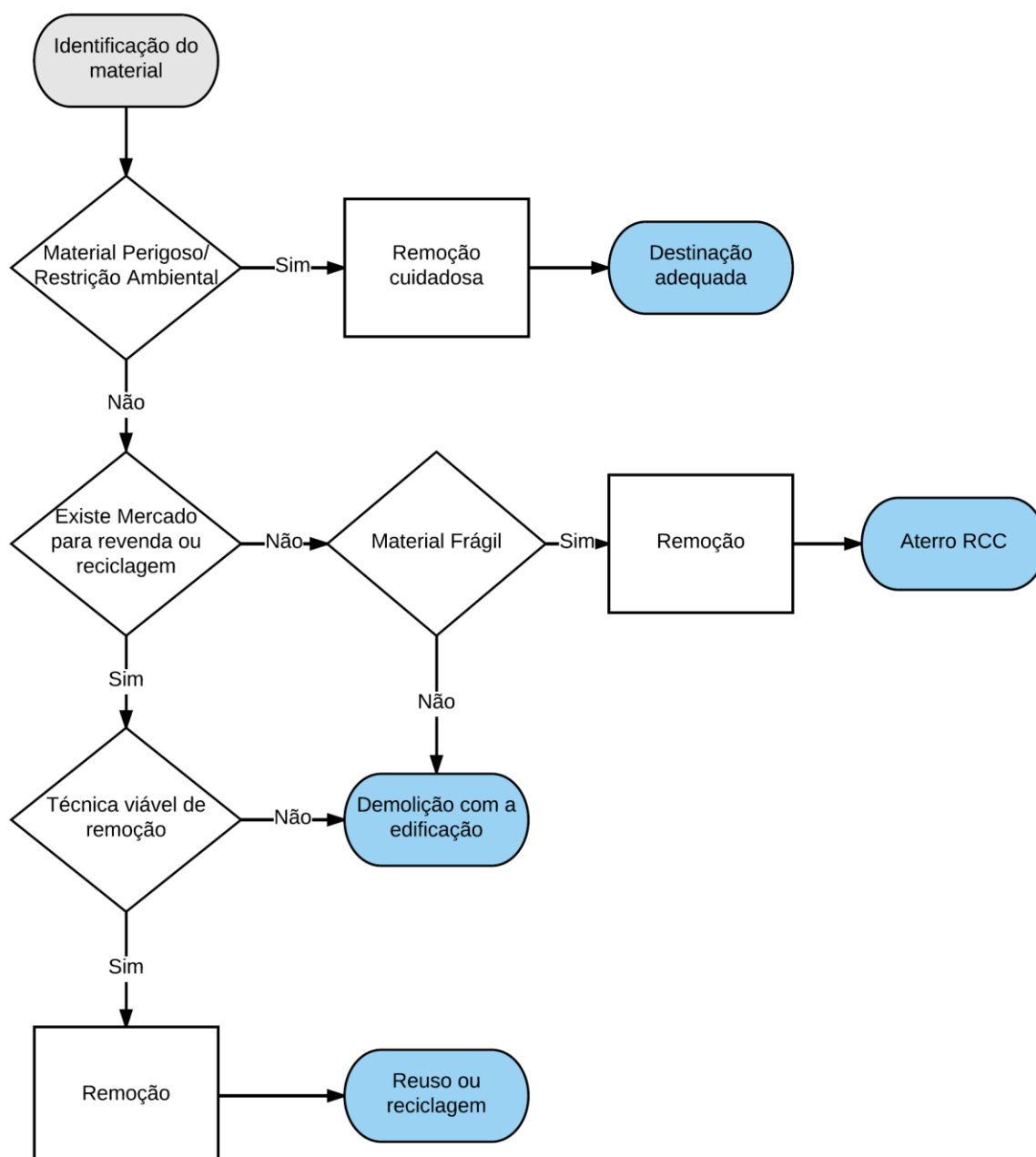


Figura 62 - Fluxograma: remoção leve

Vale ressaltar a necessidade de remoção de quaisquer materiais perigosos, que possuam restrições ambientais quanto à sua destinação ou mesmo que sejam frágeis, como os vidros, ripados e estuques.

Em seguida, deve ser pensada a sequência de remoção levando em conta aspectos logísticos de armazenamento e carregamento.

**Tabela 20 - Lista de checagem: remoção leve**

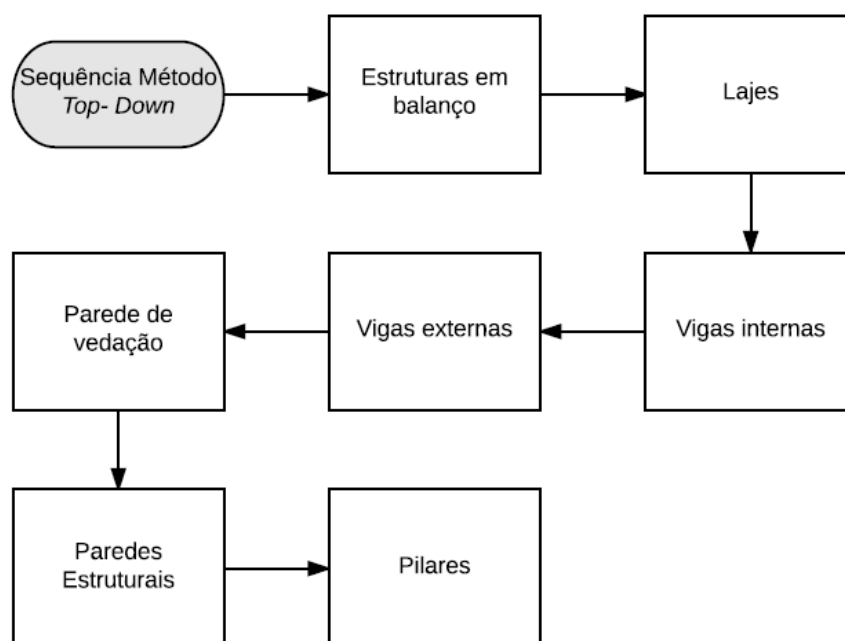
#	Itens	Checagem
1	Vistoria e identificação dos materiais presentes	
2	Decisão dos materiais a serem removidos (fluxograma)	
3	Planejamento da sequência de remoção	
4	Remoção e controle de materiais perigosos (descomissionamento)	
5	Primeira triagem: remoção de material abandonado, componentes de fácil remoção ou que impeçam o prosseguimento da remoção	
6	Segunda triagem: remoção dos demais componentes e instalações a serem removidos	
7	Controle da destinação dos materiais	

## 6.5 Demolição pesada

### 6.5.1 Método *Top Down*

A lista de checagem a seguir, tem como suporte o item 4.4.1Top Down (De cima para baixo), e segue a sequência geral de execução de uma demolição por Método Top Down Manual.

Deve-se seguir a seguinte sequência de demolição:



**Figura 63 – Fluxograma: sequência do método *top down***

Os itens obrigatórios para os Métodos *Top Down* são:

**Tabela 21 - Lista de checagem: sequência do método *top down***

#	Itens	Checagem
1	Atender a Tabela 28 - Lista de checagem: risco de queda de materiais e trabalho em altura	
2	Exceto as de passagem de material, todas aberturas dos pisos devem ser fechadas, ficando proibida a permanência de pessoas nos pavimentos que possam ter sua estabilidade comprometida	
3	As escadas devem ser mantidas desimpedidas e livres para a circulação de emergência e somente serão demolidas à medida em que forem sendo retirados os materiais dos pavimentos superiores	
4	As paredes somente podem ser demolidas antes da estrutura, quando esta for metálica ou de concreto armado	
5	Para controle de particulado, os materiais das edificações devem ser previamente umedecidos	

#### 6.5.1.1 Método *Top Down* Manual

Nesse método os equipamentos que podem ser utilizados são: marteleiro giratório perfurador, rompedor hidráulico (britadeira), quebrador de cunhas, tesoura hidráulica manual, maçarico.

**Tabela 22 - Lista de checagem: sequência do método *top down* manual**

#	Itens	Checagem
1	Prender a estrutura com cabos e polias	
1.1	<i>Os cabos devem suportar 4x ou mais a carga da estrutura apoiada</i>	
2	Pré- enfraquecimento nos pontos definidos	
3	Elementos em demolição não devem ser abandonados em posição que torne possível o seu desabamento	
4	Corte da armadura	
5	Puxar ou içar estrutura	
5.1	<i>Ao puxar proteger ou retirar trabalhadores</i>	
6	Verificar cabos e polias 2 vezes ao dia	
7	Fica proibida a circulação de pessoas no pavimento inferior a demolição ou que possam ter sua estrutura comprometida	

#### 6.5.1.2 Método *Top Down* Mecanizado

Nesse método os equipamentos que podem ser utilizados são a retroescavadeira ou a escavadeira (sobre rodas ou esteiras) de pequenas dimensões, que se pode acoplar diversos acessórios, estes acessórios podem ser: rompedor, tesoura, pinças, ganchos e pulverizadoras. Também pode se fazer uso de um robô de demolição.

**Tabela 23 - Lista de checagem: sequência do método *top down* mecanizado**

#	Itens	Checagem
2	Verificar se o andar suporta as cargas do equipamento	
2.1	<i>Se a laje do pavimento não suportar a carga do equipamento, escoramentos devem ser instalados abaixo do piso de trabalho, e se necessário nos andares inferiores, para suporta a operação do equipamento de forma segura</i>	
3	Atender a Tabela 31 - Lista de checagem: máquinas e equipamentos	
4	Apoiar elementos com o braço do equipamento	
5	Pré- enfraquecimento nos pontos definidos	
6	Elementos em demolição não devem ser abandonados em posição que torne possível o seu desabamento	
7	Corte da armadura	
8	Puxar ou içar estrutura com o braço do equipamento	
8.1	<i>Ao puxar, proteger ou retirar trabalhadores</i>	
9	A descida do equipamento para o piso inferior deve ser feita por meio de uma rampa	
9.1	<i>Sua inclinação deve ser de no máximo 1,75H:1V ou as recomendações do fabricante</i>	

### 6.5.2 Método mecanizado com operação à distância

A lista de checagem a seguir tem como suporte o item 4.4.2 - Métodos Mecanizados com operação à distância.

Nesse método os equipamentos que podem ser utilizados são a retroescavadeira ou a escavadeira que se pode acoplar diversos acessórios, estes acessórios podem ser: rompedor, tesoura, pinças, ganchos e pulverizadoras.


**Tabela 24 - Sequência do método mecanizado com operação à distância**

#	Itens	Checagem
1	Vedar complemento o local para proteger contra detritos	
2	As maquinas devem ser operadas em terrenos planos e firmes e devem ter contrapesos adequados para evitar que capotem durante a operação	
3	Inspeção frequente dos equipamentos	
4	Verificar os impactos dos elementos que são derrubados para não calçarem danos às propriedades adjacentes ou elementos subterrâneos	
5	Isolamento do local para evitar entrada de pessoas não autorizadas	
6	Pulverizar água para diminuir as partículas sólidas suspensas no ar	
7	Atender a Tabela 31 - Lista de checagem: máquinas e equipamentos	
8	O operador deve ter a capacitação necessária para operação das maquinas	

9	Plataforma criada por detritos, opcional, para ampliar o alcance da escavadeira	
9.1	<i>Os detritos devem ser densamente compactados</i>	
9.2	<i>A plataforma de trabalho deve ser planta</i>	
9.3	<i>Inclinação uniforme da rampa de subida</i>	
9.4	<i>Altura limite da plataforma de 3m</i>	
9.5	<i>A inclinação máxima da rampa de subida deve ser de 1H:1V ou especificações do fabricante</i>	
9.6	<i>Largura em ambos os lados deve ser de no mínimo 1,5 x a maior dimensão da escavadeira</i>	

Além dessas precauções gerais devem ser tomadas precauções específicas para cada equipamento. Na tabela a seguir estão identificadas as principais especificações, e posteriormente cada método é explicado em mais detalhes.

**Tabela 25 - Especificações de operação para o método**

Método	Braço longo	Empurramento	Colapso deliberado	Puxamento
Especificação				
Distância entre o equipamento e a estrutura	0,5 * altura do edifício	0,5 * altura do elemento	1,5 * altura do elemento	1,5 da altura do elemento
Limitações da altura do edifício	Não se aplica	15 m	15m	15m
Especificações técnicas				O cabo deve ter 4x a resistência à tração calculada

### 6.5.3 Explosivos

O uso de explosivos deve ser dimensionado por especialistas qualificados. Deve ser feito um projeto detalhado e que garanta que a detonação não prejudique nenhuma outra estrutura subterrânea ou adjacente. As checagens que devem ser feitas nesse tipo de demolição, devem ser elaboradas por um especialista e devem ser completas para atender todas os requisitos de segurança. Ademais, a seguir será apresentado uma proposta simplificada de lista de checagem para demolição com explosivos.

Tabela 26 - Lista de checagem: demolição por explosivos

#	Itens	Checagem
1	Pré- enfraquecimento das estruturas para garantir a estabilidade da estrutura antes da implosão	
2	Instalar contenções fora do edifício para conter os detritos	
3	Evacuar todos os habitantes da zona de exclusão durante a detonação	
3.1	<i>O raio da zona de exclusão deve ser maior ou igual a 2,5x a altura do edifício e deve ser analisado e escolhido pelo projetista</i>	
4	Realizar uma avaliação geotécnica nos muros de arrimo e taludes das proximidades, para assegurar que a detonação não era afetar a estabilidade destes elementos	
5	Notificar antecipadamente a população local de forma adequada	
6	Elaborar plano de emergência para lidar com qualquer eventualidade, como explosões prematuras, falha na ignição ou interrupção devido ao mau tempo	
7	Verificar após a explosão não há nenhum explosivo que não tenha detonado, essa verificação deve ser feita por um técnico qualificado	
8	Na medida do possível, os sistemas de ignição não devem ser elétricos para evitar risco de detonação prematura causado por ondas eletromagnéticas ou frequências de rádio	
9	A instalação deve possuir um sistema redundante para garantir o sucesso da demolição	
10	O modo de colapso deve ser simulado	
10.1	<i>Garantir que nenhuma parte do edifício irá cair fora da área protegida</i>	
10.2	<i>Garantir que o impacto do colapso da estrutura não causará vibrações que possam afetar tuneis subterrâneos, outros elementos subterrâneos ou as propriedades adjacentes</i>	

## 6.6 xSegurança e saúde do trabalho

### 6.6.1 Medidas Administrativas da Empresa

As medidas administrativas são medidas tomadas pelas empresas (exigidas por norma) para garantir condições seguras de trabalho. Elas não são especificadas para uma obra, mas sim medidas e políticas a serem seguidas em todas as atividades da empresa. O PCMAT e a PPRA estão abordados a parte, pois apesar de serem documentos, eles são feitos para cada obra. Este capítulo tem como referência o item 4.5 - Segurança e Saúde do Trabalho.



**Tabela 27 - Lista de checagem: medidas administrativas para segurança de trabalho**

#	Itens	Checagem
1	Dimensionar o SEESMT (NR-4) para as obras	
2	Compor a CIPA (NR-5)	
2.2	<i>Definir forma de organização e a quantidade de membros por canteiro</i>	
3	Elaboração e Implantação do PCMSO (NR-7)	

## 6.6.2 Medidas Operacionais da Atividade

### 6.6.2.1 Proteção contra quedas e Trabalho em altura

Sempre que houver risco de queda de materiais ou de trabalhadores, a lista abaixo deve ser seguida.

**Tabela 28 - Lista de checagem: risco de queda de materiais e trabalho em altura**

#	Itens	Checagem
1	Instalação de proteção coletiva onde houver risco de queda de trabalhadores ou de projeção de materiais	
1.1	<i>Proteger as aberturas com guarda-corpo fixo e fechamento do tipo cancela</i>	
1.2	<i>Instalação das plataformas principal e secundárias de proteção segundo as especificações</i>	
1.3	<i>Fechar o perímetro da construção com tela a partir da plataforma principal</i>	
1.4	<i>Bandeja primaria: no primeiro pavimento de 2,5m</i>	
1.5	<i>Bandeja secundaria: a cada 3 andares de 1,5m</i>	
1.6	<i>Plataformas de retenção de entulho a no máximo 2 pavimentos abaixo do que será demolido</i>	
2	Caso haja trabalho em altura, atender NR-35	
2.1	<i>Treinamento para trabalhadores</i>	
2.2	<i>Linha de vida com cinto paraquedista</i>	

### 6.6.2.2 Trabalhos em Espaço Confinado

A lista abaixo se refere a situações de trabalho caracterizadas como em espaço confinado.

**Tabela 29 - Lista de checagem: trabalhos em espaço confinado**

#	Itens	Checagem
1	Nas atividades que exponham os trabalhadores a riscos de asfixia, explosão, intoxicação e doenças do trabalho, devem ser adotadas medidas especiais de proteção	
1.1	<i>Treinamento para os trabalhadores</i>	
1.2	<i>Monitoramento das substâncias</i>	
1.3	<i>Ventilação local exaustora</i>	
1.4	<i>Identificar, isolar e sinalizar os espaços confinados</i>	
1.5	<i>Uso de cabos de segurança que possibilitem resgate</i>	
1.6	<i>A cada grupo de 20 trabalhadores, 2 deles devem ser treinados para resgate</i>	



### 6.6.2.3 Organização do Canteiro

Todos os canteiros devem seguir as diretrizes definidas em norma e apresentadas abaixo para a organização do canteiro, garantindo um ambiente seguro de trabalho.

**Tabela 30 - Lista de checagem: organização do canteiro**

#	Itens	Checagem
1	Dispor das áreas de vivência e conservá-las (sem considerar trabalhadores alojados no local)	
1.1	<i>Instalações sanitárias</i>	
1.2	<i>Vestiários</i>	
1.3	<i>Local de refeições</i>	
1.4	<i>Cozinha, quando houver preparo de refeição</i>	
1.5	<i>Ambulatório, quando 50 trabalhadores ou mais</i>	
2	Manter o canteiro organizado, limpo e desimpedido	
3	Armazenagem e estocagem adequada dos materiais	
3.1	<i>Não prejudicar o trânsito e pessoas ou equipamentos</i>	
3.2	<i>Não provocar empuxos ou sobrecargas excessivas no local</i>	
3.3	<i>Pilhas que garantam estabilidade e facilitem o manuseio</i>	
4	Medidas de prevenção e combate a incêndio	
4.1	<i>Sistema de alarme</i>	
4.2	<i>Treinamento para utilização do material de combate ao fogo</i>	
5	Sinalizar adequadamente o canteiro	
6	Utilização de colete com tiras reflexivas quando necessário	
7	Instalação de tapumes e proteção das edificações vizinhas	

### 6.6.2.4 Máquinas e Equipamentos

A lista abaixo visa garantir a operação segura de máquinas e equipamentos no canteiro de obras.

**Tabela 31 - Lista de checagem: máquinas e equipamentos**

#	Itens	Checagem
1	Nos locais de instalação de máquinas e equipamentos, as áreas de circulação devem ser devidamente demarcadas	
2	Os espaços ao redor das máquinas e equipamentos devem ser adequados ao seu tipo e ao tipo de operação	
3	Os pisos em que operam devem estar limpos, nivelados e serem resistentes às cargas	
4	Posicionar de modo que não ocorra transporte ou movimentação aérea de materiais sobre os trabalhadores	
5	Manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos	
6	Garantir que o equipamento se movimente apenas nas seguintes áreas:	
6.1	<i>Dentro de áreas escoradas</i>	
6.2	<i>Dentro de 2m da borda do edifício</i>	
6.3	<i>Dentro de 1m de qualquer abertura no piso</i>	
6.4	<i>Não se movimentar em cima de estruturas suspensas</i>	

- |   |  |
|---|--|
| 7 | Marcar com fitas, tintas ou outros meios adequados a área de apoio e limites de operação do equipamento. |
|---|--|
- 

#### **6.6.2.5 Demolição**

Existe a seção 18.5 da NR 18 que é específica para a demolição. No entanto, seus itens já estão apresentados nas demais listas de checagem referentes, como descomissionamento, remoção leve ou demolição pesada. Logo, não terão uma lista de checagem específica.

### **6.7 Destinação de resíduos**

Os dois fluxogramas seguintes a seguir irão auxiliar na escolha da melhor opção de destinação para os resíduos de cimentícios, cerâmicos, solo de escavação, madeira, gesso e tinta com metal pesado ou solvente. O fluxo elaborado leva em conta principalmente aspectos de logística externa, custos, riscos e impactos ambientais.

O fluxograma da Figura 64 se refere à destinação de resíduos classe A (cimentícios, cerâmicos e solo), enquanto que o fluxograma da Figura 65 se refere a resíduos de madeira, gesso e tinta com metal pesado ou solvente.

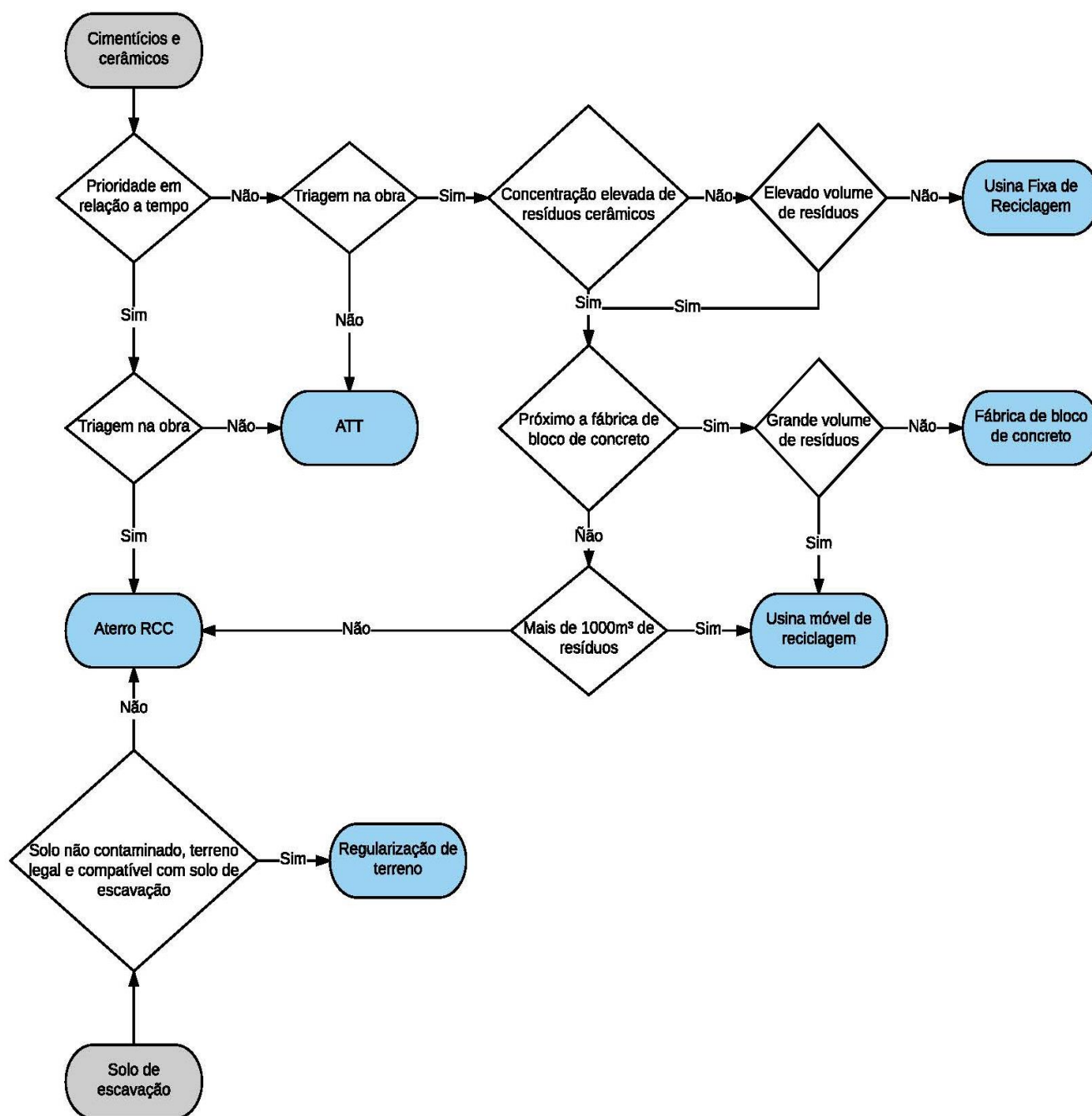


Figura 64 - Fluxograma: destinação de resíduos Classe A

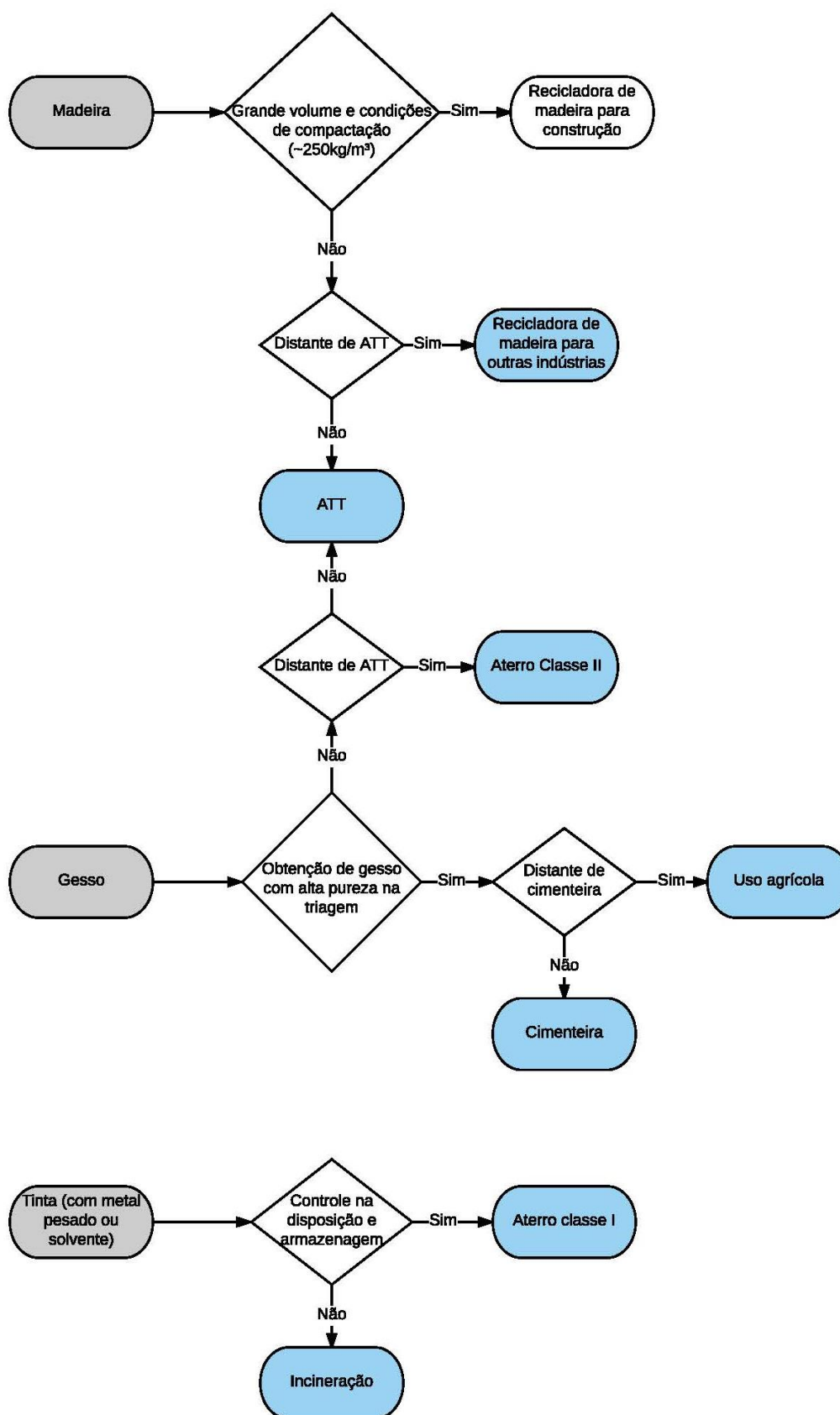


Figura 65 - Fluxograma: destinação de resíduos de madeira, gesso e tinta com metal pesado ou solvente)

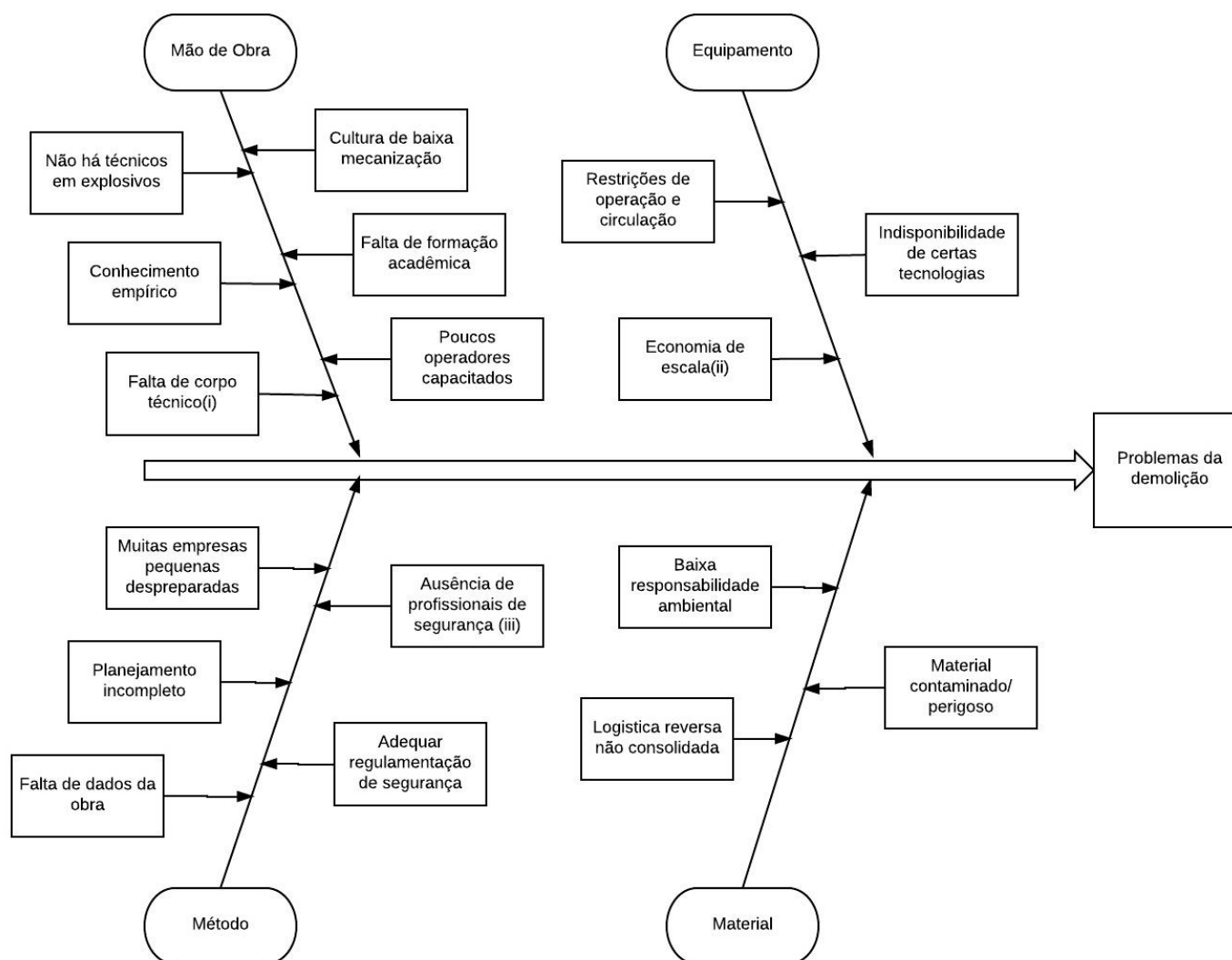
## **6.8 Desmobilização do canteiro e certificado de conclusão de demolição**

Ao final da demolição, são retiradas as instalações temporárias e equipamentos do canteiro (CEHOP). A etapa inclui a desmobilização do pessoal, a limpeza geral e a adequação do local para as próximas finalidades.

Legalmente, deve ser retirado o Certificado de Conclusão de Demolição, que é o documento expedido pela Prefeitura que atesta a conclusão total de demolição.

## **7 CONCLUSÕES**

Foi feito um diagrama de Ishikawa para ilustrar as principais causas levantadas de problemas na demolição, que será melhor detalhado em seguida.



**Figura 66 - Diagrama de Ishikawa sintetizando problemas encontrados no setor da demolição**

- (i) O retorno financeiro da atividade dificulta a alocação de profissionais para desenvolver atividade de planejamento. Desta forma os poucos profissionais qualificados existentes nas empresas executam tarefas operacionais, tornando deficiente o planejamento.
- (ii) Inviabilidade de compra de equipamentos de grande porte por não haver demolições em número suficiente.
- (iii) Um dos problemas de segurança encontrados é a ausência de profissionais da segurança, que deveriam estar constantemente presente no canteiro.

Durante o trabalho notou-se que a normas para demolição são permissivas em alguns pontos e restritiva em outros, carecendo de devida revisão, como por exemplo ao subestimar as cargas para bandejas e telas. Há também na demolição problemas de viabilidade financeira, resultando em pouco investimento em tecnologias, deficiências ambientais, técnicas e organizacionais, como utilizar adequadamente um cronograma, curva de mobilização de operários, contar com técnicos de segurança nas obras ou contar com ferramentas e equipamentos mais especializados.

Esses aspectos foram interpretados como uma desvalorização da demolição pelo mercado. No entanto, sua demanda vem aumentando com novos empreendimentos urbanos, o que tende a valorizar a atividade, apesar da queda dos últimos anos por conta do momento econômico.

Dentro deste contexto, entende-se que não existe bibliografia nacional adequada para acompanhar o crescimento do setor, as normas não estão adequadas e o conhecimento ainda é concentrado em poucos profissionais com experiência empírica. Sendo assim, este trabalho busca trazer ferramentas básicas e dar base para futuros estudos e maior formalização técnica desta atividade.



## 8 TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho teve por objetivo abordar diversas áreas de engenharia civil, que se relacionam com a demolição. Por esse motivo, foi preciso focar em alguns pontos, e abordar de maneira simplificada outros, até pela restrição de tempo que tivemos. Os principais pontos a serem mais bem desenvolvidos são:

- Dimensionamento de equipes: estudar maneiras menos empíricas de dimensionar as equipes, baseadas nas restrições das etapas e produtividade das equipes e equipamentos;
- Produtividade de métodos e equipamentos: para o item anterior seria necessário fazer um estudo das produtividades dos métodos e equipamentos - o que não foi possível desenvolver nesse projeto, por haver uma grande variedade de obras, equipamentos e métodos, demandando um grande tempo para realizar essa pesquisa;
- Segurança: uma análise crítica mais profunda ajudaria a adaptar melhor as normas existentes para a demolição;
- Logística: por ser um tema muito amplo por si só, deveria ser abordado em um estudo separado para assim ser conhecido em sua completude;
- Validar diretrizes: implementar os fluxos e listas de checagem para validar as diretrizes apresentadas e realizar eventuais ajustes;
- Elaboração de um manual completo de demolição no Brasil: seria necessário um trabalho mais longo, com uma equipe multidisciplinar, para avaliar os diversos aspectos e elaborar um manual e aprová-lo pelos órgãos reguladores.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, A. **Intelligent selection of demolition techniques. 2003.240 f.** Tese (PhD) – Loughborough University, Reino Unido. 2003.

ADDIS, B. **Reúso de materiais e elementos de construção.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 368 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520:** apresentação de citações em documentos: procedimento. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5682:** Contratação, execução e supervisão de demolições. Brasil, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR7678:** segurança na execução de obras e serviços de construção. Brasil, 1983.

BRITISH STANDARD INSTITUTE. BS 6187: 2000: **Code of Practice for Demolition.** Reino Unido, 2000.

BUILDINGS DEPARTMENT. **Code of practice for demolition of buildings.** Hong Kong, 2004.

CSCMP. **Supply chain management terms and glossary.** Council of Supply Chain Management Professionals (Updated: February 2010). Disponível em < [http://www.cscmp.org/sites/default/files/user\\_uploads/resources/downloads/glossary.pdf](http://www.cscmp.org/sites/default/files/user_uploads/resources/downloads/glossary.pdf) / >. Acesso em: 23 Jul 2014.

CEHOP. **Mobilização, Instalações Provisórias, Desmobilização.** Companhia Estadual de Habilitação e Obras Públicas.

GOMES, G.M. **Medidas preventivas na execução de trabalhos de demolição e reabilitação de edifícios antigos – técnicas e equipamentos de demolição.** 2010. 257 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharias, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Portugal, julho de 2010.

GYPSUM TO GYPSUM. **European Handbook on Best Practices in Deconstruction Techniques.** Europa, 2015.

KIBERT, C. J.; CHINI, K. A. **Overview of Deconstruction in Selected Countries.** In: International Council for Research and Innovation in Building Construction (CIB), Florida. 239 p, 2000.

MARCONDES, F. C. S. **Sistemas logísticos reversos na indústria da construção civil – estudo da cadeia produtiva de chapas de gesso acartonado.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2007

NASCIMENTO, R. R. **Logística Na Construção De Edifícios Estudo De Caso Em Grande Construtora.** Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade

de São Paulo para obtenção do título de pós-graduação *lato-sensu* em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios

NORMA REGULAMENTADORA. **Nº4:** Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SEESMT). Brasil, 1978.

NORMA REGULAMENTADORA. **Nº5:** Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA). Brasil, 1978.

NORMA REGULAMENTADORA. **Nº7:** Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO). Brasil, 1978.

NORMA REGULAMENTADORA. **Nº 9:** Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA). Brasil, 1978.

NORMA REGULAMENTADORA. **Nº12:** Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Brasil, 1978.

NORMA REGULAMENTADORA. **Nº16:** Atividades e Operações Perigosas. Brasil, 1978.

NORMA REGULAMENTADORA. **Nº18:** Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Brasil, 1978.

NORMA REGULAMENTADORA. **Cartilha de segurança e saúde do trabalho na Construção Civil/ ES Nº18.** Brasil, 2007.

NORMA REGULAMENTADORA. **Nº19:** Explosivos. Brasil, 1978.

NORMA REGULAMENTADORA. **Nº33:** Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados. Brasil, 2006.

NORMA REGULAMENTADORA. **Nº35:** Trabalho em Altura. Brasil, 2012.

ONAGA, A.A. **Desmontagem de placas cerâmicas aderidas em substratos cimentícios.** Relatório (Iniciação Científica) – Departamento de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 17p, dezembro de 2015.

RESENDE, F. **Poluição Atmosférica Por Emissão De Material Particulado: Avaliação E Controle Nos Canteiros De Obras De Edifícios.** Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. São Paulo, 2007.

SINDUSCON PELOTAS. **Cartilha de segurança em obra.** Brasil, 2008

TOPLISS, C.E. **Demolition.** Reino Unido: Longman Group, 1982. 402 p.