

GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

AVANÇOS INSTITUCIONAIS E MELHORIAS TÉCNICAS



**GESTÃO AMBIENTAL
DE RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL -
AVANÇOS INSTITUCIONAIS
E MELHORIAS TÉCNICAS**

DIRETORIA

Presidente

José Romeu Ferraz Neto

Vice-presidentes

Eduardo Carlos Rodrigues Nogueira
Eduardo May Zaidan
Francisco Antunes de Vasconcellos Neto
Haruo Ishikawa
Jorge Batlouni Neto
Luiz Antônio Messias
Luiz Claudio Minnitti Amoroso
Maristela Alves Lima Honda
Maurício Linn Bianchi
Odair Garcia Senra
Paulo Rogério Luongo Sanchez
Roberto José Falcão Bauer
Ronaldo Cury de Capua

Representantes junto à Fiesp

Eduardo Ribeiro Capobianco
Sergio Antonio Monteiro Porto
Cristiano Goldstein
João Claudio Robusti

Diretores Regionais

Elias Stefan Junior
Fernando Paoliello Junqueira
Germano Hernandez Filho
Márcio Benvenuto
Mario César de Barros
Mauro Rossi
Paulo Edmundo Perego
Ricardo Aragão Rocha Faria
Ricardo Beschizza
Sergio Ferreira dos Santos

Conselho Fiscal

Titulares:

Fabio Villas Bôas
André Gonzaga Aranha Campos
Márcio Escatêna

Suplentes:

Luiz Eduardo de Oliveira Camargo
Fernando Augusto Correa da Silva
Fernando Rossi Fernandes

Conselho Consultivo - Vitalícios

Arthur Rodrigues Quaresma
Artur Rodrigues Quaresma Filho
Eduardo Ribeiro Capobianco
Emílio Paulo Siniscalchi
Francisco Virgílio Crestana
Júlio Capobianco
Nelson Farah Fakiani
Sergio Antonio Monteiro Porto
João Claudio Robusti
Sergio Tiaki Watanabe

Conselho Consultivo - Eleitos

Alexandre Luis de Oliveira
André Alexandre Glogowsky
Delfino Paiva Teixeira de Freitas
Flavio Aragão dos Santos
João Lemos Teixeira da Silva
José Antonio Marsilio Schwarz
José Batista Ferreira
José Carlos Molina
José Edgard Camolese
José Roberto Maluf Moussalli
Luis Gustavo Ribeiro
Luiz Alberto Matias Lucio Mendonça
Luiz Antonio Paiva dos Reis
Marcelo Pedro Moacyr
Marcos Roberto Campilongo Camargo
Mauricio Monteiro Novaes Guimarães
Norton Guimarães de Carvalho
Paulo Brasil Batistella
Renato Genioli Junior
Renato Soffiatti Mesquita de Oliveira
Renato Tadeu Parreira Pinto
Ronaldo de Oliveira Leme
Rosana Zilda Carnevalli Herrera
Salvador de Sá Campos Benevides

FICHA TÉCNICA

Coordenação geral dos trabalhos

André Aranha Campos, *Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP (Comasp)*
Francisco Antunes de Vasconcellos Neto, *SindusCon-SP*

Coordenação técnica

Lilian Sarrouf, *Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP (Comasp)*
Mariana Carriles, *Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP (Comasp)*

Colaboradores

Francesco Sirangelo, *Área técnica do SindusCon-SP*
Roseane Petronilo, *Área técnica do SindusCon-SP*

PARTE I

Autores

Élcio Carelli, *Obra Limpa Ltda*
Lilian Sarrouf, *Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP (Comasp)*
Mariana Carriles, *Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP (Comasp)*

PARTE II

Autores

Sérgio Cirelli Angulo, *Universidade de São Paulo / Escola Politécnica / Departamento de Engenharia de Construção Civil*
Élcio Carelli, *Obra Limpa Ltda*
Marco Quattrone, *Universidade de São Paulo / Escola Politécnica / Departamento de Engenharia de Construção Civil*
Vanderley M. John, *Universidade de São Paulo / Escola Politécnica / Departamento de Engenharia de Construção Civil*
Rosângela Motta, *Universidade de São Paulo / Escola Politécnica / Departamento de Engenharia de Transportes*
Maria Eugênia Boscov, *Universidade de São Paulo / Escola Politécnica / Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica*
Raphael Balduino Silva, *Universidade de São Paulo / Escola Politécnica / Departamento de Engenharia de Construção Civil*
Ricardo L. Castro Paniguel, *Universidade de São Paulo / Escola Politécnica / Departamento de Engenharia de Construção Civil*

Colaboradores

Alexandre Brites e Thais Gulo, *Cyrela Construtora Ltda.*
Cláudia Andrade Nascimento, *Odebrecht Realizações Imobiliárias*
Djanio Alves e Caio Granja, *Even Construtora e Incorporadora S.A.*
Eduardo Lima e Luciano Lima, *Glasser*
Jonas Richetti, *Conx Construtora e Incorporadora*
Lilian Sarrouf, *Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP (Comasp)*
Mariana Carriles, *Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP (Comasp)*
Roseane Petronilo, *Área técnica do SindusCon-SP*
Paulo Haddad, *Sinco Sociedade Incorporadora e Construtora Ltda.*
Sonia Hermsdorff, *Fortenge Empreendimentos*
Stephano Lattanzi, *Tecnisa Engenharia e Comércio Ltda.*

Projeto gráfico

Marcelo da Costa Freitas, *Setor de comunicação e marketing do SindusCon-SP*

Revisão

Enzo Bertolini - *Setor de imprensa do SindusCon-SP*
Aline Cunha - *Setor de imprensa do SindusCon-SP*

.....

Publicado em agosto de 2015

Este conteúdo está disponível para download no site do SindusCon-SP

APRESENTAÇÃO

A nova etapa de uma trajetória pioneira

Transcorridos dez anos da primeira edição do manual “Gestão Ambiental de Resíduos da Construção – A experiência do SindusCon-SP”, fazia-se necessária uma atualização do conhecimento adquirido. Assim, é com satisfação que apresentamos esta publicação, que traz atualizações importantes para a gestão dos resíduos da construção civil, sua reutilização nas obras, possibilidades de reciclagem, e apresenta o Sigor – Módulo Construção Civil.

O manual é mais uma etapa da trajetória pioneira do SindusCon-SP nessa área, iniciada em 1999 pelo Comitê de Meio Ambiente (Comasp) do sindicato e intensificada pela Vice-Presidência de Meio Ambiente. Desde a criação do Comasp, diversas conquistas foram alcançadas. Em 2005, lançamos o manual “Gestão Ambiental em Canteiros de Obras”, onde propusemos uma metodologia para a gestão nas obras, que tem sido replicada por todo o país. Participamos como representantes do setor na elaboração da Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas atualizações, na formulação da Política Nacional de Resíduos Sólidos e da Política Estadual de Resíduos Sólidos e na elaboração e revisão de normas técnicas.

Desde 2012, firmamos uma parceria com a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) para um trabalho conjunto que culminou com o lançamento do também pioneiro Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos (Sigor). O Módulo Construção Civil é o primeiro que está sendo implantado e posteriormente o sistema será expandido para os demais tipos de resíduos no Estado de São Paulo.

Neste caminho que traçamos, fica o agradecimento aos nossos parceiros das entidades do setor da construção, aos órgãos de governo, aos pesquisadores e às universidades. E, especialmente, às construtoras que sempre estiveram presentes: sem elas, não conseguiríamos realizar nossos trabalhos.

Desta forma, o sindicato presta mais um serviço ao setor e à sociedade, sempre apresentando soluções viáveis sob os pontos de vista técnico, econômico e social que conformam a construção sustentável. Essa postura também tem possibilitado que a contribuição da construção à preservação do meio ambiente se traduza em incremento da produtividade, diferencial de competitividade e bem-estar social.

Boa leitura a todos!

José Romeu Ferraz Neto

Presidente do SindusCon-SP - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

PARTE 1 - AVANÇOS NA GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Introdução (rascunho)	10
1 Cenário evolutivo	12
1.1 Da Resolução CONAMA nº 307/2002 à gestão online	12
1.2 Aspectos de mercado.....	16
1.3 Importância dos programas para certificação ambiental voluntária de empreendimentos	18
2 Gestão dos resíduos da construção civil nos canteiros de obras	20
2.1 Planejamento para gestão dos resíduos da construção civil	22
2.2 Elaboração dos planos de gerenciamento de resíduos e implantação da gestão dos resíduos da construção civil.....	23
2.2.1 Caracterização da construção (pré-existente ou nova)	24
2.2.2 Caracterização dos resíduos da construção civil.....	24
2.2.3 Práticas para redução da geração e reciclagem em obra	34
2.2.4 Organização do canteiro de obras.....	37
2.2.5 Práticas para logística interna (manejo, triagem e acondicionamento)	41
2.2.6 Transporte e destinação de resíduos	53
3 Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos (Sigor) - Módulo Construção Civil	57
4 Bibliografia	70

PARTE 2 - REÚSO E RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO EM CANTEIRO DE OBRAS

1	Estimar e minimizar a geração de resíduos	74
1.1	Indicadores de geração de solo	74
1.2	Indicadores de geração de resíduos (excluindo o solo)	77
1.2.1	Cimentícios e cerâmicos (Classe A)	82
1.2.2	Madeira (Classe B)	84
1.2.3	Gesso (Classe B)	86
1.2.4	Outros materiais (Classe B)	87
1.3	Recomendações	87
2	Identificar os destinos legais dos resíduos	89
3	Analisar as alternativas de reuso e reciclagem	92
3.1	Resíduos cimentícios e cerâmicos (Classe A)	92
3.2	Solos escavados (Classe A)	95
3.3	Resíduos de madeiras (Classe B)	97
3.4	Resíduos de gesso (Classe B)	98
4	Selecionar as práticas e gerenciar os riscos	100
4.1	Vias de acesso com brita corrida reciclada	103
4.1.1	Controle da demolição	104
4.1.2	Controle da reciclagem	105
4.1.3	Controle de qualidade da brita corrida reciclada	108
4.1.4	Controle de qualidade da via	109
4.1.5	Fatores de risco	110
4.1.6	Replicabilidade	111
4.2	Argamassas com areia reciclada	111
4.2.1	Escolha de equipamentos e local de reciclagem	112
4.2.2	Triagem e transporte do resíduo	115
4.2.3	Operação da reciclagem	117
4.2.4	Controle de qualidade da areia reciclada	121
4.2.5	Controle de qualidade da argamassa	121
4.2.6	Fatores de risco	123
4.2.7	Replicabilidade	125
4.3	Outras práticas	126
4.3.1	Logística reversa de resíduos de bloco de concreto	126
4.3.1.1	Triagem na obra	127
4.3.1.2	Controle de qualidade na fábrica	127
4.3.1.3	Fatores de risco	129
4.3.1.4	Replicabilidade	130
4.3.2	Reúso de solo orgânico	130
4.3.3	Reúso de concreto fresco e vergalhão	133
4.4	Recomendações	134
5	Referências bibliográficas	135
	Anexo A - Sobre a obtenção dos indicadores	139

INTRODUÇÃO

A Resolução nº 307/2002 do CONAMA estabelece como objetivo prioritário a não geração de resíduos da construção civil, e, secundariamente, a redução, a reciclagem e a destinação final dos mesmos.

Neste contexto, apresentamos esta nova publicação do SindusCon-SP, focando nos avanços obtidos pela correta gestão de resíduos nos canteiros de obra. Ela se inicia na fase de concepção do empreendimento, na elaboração dos projetos, escolha de materiais e sistemas construtivos, na execução e continua na fase do pós-ocupação. As etapas de limpeza inicial do terreno e demolição de edificações existentes também devem ser consideradas.

A Parte I, que trata dos avanços na gestão dos resíduos da construção civil, elaborada pela consultoria Obra Lima e pela equipe do Comasp, atualiza as informações do primeiro manual publicado em 2005, “Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil – A experiência do SindusCon-SP”. De 2005 a 2015, houve mudanças: as atualizações da Resolução CONAMA nº 307/2002 e a criação de novas legislações. A gestão nos canteiros de obras também evoluiu, e dúvidas como a correta destinação dos resíduos são esclarecidas.

Apresentamos de forma resumida o Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos (Sigor) – Módulo Construção Civil, desenvolvido em parceria com a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e a Cetesb.

Destacamos algumas das diversas funcionalidades do sistema, as que estão diretamente relacionadas com o gerador, como a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGRCC) e o Controle de Transporte de Resíduos (CTR). Ao final, trazemos uma completa listagem de resíduos gerados nos canteiros, compatibilizando e organizando de forma didática as listagens da resolução 307, da instrução do Ibama, que cria a lista brasileira de resíduos, e da classificação de acordo com as normas técnicas.

A Parte II, sobre reúso e reciclagem de resíduos de construção em canteiros de obras, foi desenvolvida em parceria com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, e apresenta um estudo sobre indicadores de geração de resíduos e sobre reutilização e reciclagem de resíduos da construção que estão sendo adotadas nos canteiros de obras, propondo recomendações para a implantação dessas práticas, considerando seus potenciais riscos e benefícios.

Para a realização deste trabalho, foram levantados dados em diversos canteiros de obras nas construtoras e incorporadoras: Cyrela Construtora, Odebrecht Realizações Imobiliárias, Even Construtora e Incorporadora, Glasser, Conx Construtora e Incorporadora, Sinco Sociedade Incorporadora e Construtora, Fortenge Empreendimentos e Tecnisa Engenharia e Comércio.

PARTE 1

AVANÇOS NA GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL



1. CENÁRIO EVOLUTIVO

1.1 DA RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307/2002 À GESTÃO ONLINE

Os resíduos da construção civil (RCC) são provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como, tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha, segundo a Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e suas alterações.

A geração dos resíduos ocorre de forma difusa nas cidades, sendo que a maior parcela é proveniente de reformas e da autoconstrução – cerca de 70% do volume gerado. Para efetiva solução, considerando-se ainda as especificidades regionais, são necessárias ações integradas dos governos municipal, estadual e federal com a iniciativa privada.

No conjunto de iniciativas necessárias para o avanço da construção sustentável no país, a gestão de resíduos é, provavelmente, a que mais rápido pode oferecer resultados significativos. Atualmente, dispomos de um arcabouço legislativo e de marcos regulatórios por meio da Política Nacional de Resíduos Sólidos, da Resolução CONAMA nº 307/2002 e da Política Nacional de Saneamento Básico que coloca o setor no tema com alguma maturidade. Além disso, no Estado de São Paulo temos a Política Estadual de Resíduos Sólidos e o Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos (Sigor), instituído pelo Decreto Estadual nº 60.520 de 2014.

Aprovada em 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos disciplina a gestão dos resíduos de construção de maneira diferenciada das regras para a indústria em geral e à semelhança do que é determinado para resíduos sólidos urbanos. Um aspecto fundamental de seu decreto regulamentador é que a gestão de resíduos de construção deve ser tratada de acordo com as regulamentações específicas do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama), o qual inclui as resoluções do CONAMA.

Dessa forma, a Resolução CONAMA nº 307/2002 passa a ser a principal diretriz para os setores público e privado, e a sociedade como um todo. Ela estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. Nela é apresentado um modelo de gestão na qual são definidas responsabilidades para os agentes envolvidos: geradores, transportadores, áreas de destinação e municípios.

Desde sua publicação, a resolução tem sofrido alterações contemplando as melhorias decorrentes de sua implementação. A resolução 448/2012 altera a 307/2002, contemplando as diretrizes da Política Nacional de Resíduos e estipulando prazos para que os municípios definam as regras de gestão dos resíduos pelos pequenos e grandes geradores. A resolução 469/2015 inclui como resíduo reciclável, as embalagens vazias de tintas imobiliárias, define o que seriam e estipula que essas embalagens devem ser submetidas ao sistema de logística reversa.

EVOLUÇÃO DA RESOLUÇÃO CONAMA 307/2002

- Junho 2002- 1ª Publicação
- Agosto 2004- Publicação da CONAMA 348/2004
 - Insere o resíduo de amianto na classificação como resíduo classe D, que requer cuidados especiais na sua disposição
- Maio 2011- Publicação da CONAMA 431/2011
 - Altera a classificação do resíduo de gesso de C para B – recicláveis
- Janeiro 2012- Publicação da CONAMA 448/2012
 - Compatibiliza com a Política Nacional de Resíduos
 - Estabelece novos prazos
- Julho 2015- Publicação da CONAMA 469/2015
 - Inclui na Classe B, resíduos recicláveis, as embalagens vazias de tintas imobiliárias
 - Inclui os parágrafos:

§ 1º No âmbito dessa resolução consideram-se embalagens vazias de tintas imobiliárias, aquelas cujo recipiente apresenta apenas filme seco de tinta em seu revestimento interno, sem acúmulo de resíduo de tinta líquida.

§ 2º As embalagens de tintas usadas na construção civil serão submetidas ao sistema de logística reversa, conforme requisitos da Lei nº 12.305/2010, que contempla a destinação ambientalmente adequada dos resíduos de tintas presentes nas embalagens.

É importante destacar que a Resolução CONAMA nº 307/2002 tem como finalidade a não geração de resíduos, e como objetivos secundários, a redução, reutilização, reciclagem e disposição final. Essa visão tem feito as empresas estabelecerem em seus processos de gestão, a preocupação com a não geração; ponto fundamental quando tratamos de questões voltadas à melhoria dos projetos, à inovação dos processos produtivos e à escolha dos materiais a serem empregados.

No Brasil, a indústria da construção está mobilizada há mais de 15 anos para a questão dos resíduos. Nesse período, foram realizados treinamentos de capacitação para a correta gestão nos canteiros de obras em todo o país. As empresas construtoras perceberam que os conceitos da não geração, da correta segregação e da destinação ambientalmente adequada trazem ganhos para as obras. Dentre eles, destacam-se a redução de desperdícios, que leva à diminuição de custos para a destinação. A preocupação com a gestão nos canteiros tem se refletido em obras mais organizadas, melhorias na limpeza e, conseqüentemente, queda no número de acidentes de trabalho.

A cadeia produtiva da construção tem ainda se engajado no estudo das possibilidades de reaproveitamento e reciclagem dos resíduos, e na criação de negócios relacionados à cadeia da reciclagem. Exemplo disso é o uso de agregado reciclado em obras de pavimentação. É necessário, todavia, maior empenho na busca de soluções para outros tipos de resíduos para atender à logística reversa, que começa a ser instalada no país.

No entanto, cabe aos municípios a regulamentação para os grandes e pequenos geradores e a implantação de equipamentos públicos que possam suprir as necessidades.

O Plano Nacional de Resíduos, instrumento de execução da Política Nacional, traçou metas para a eliminação da disposição irregular dos resíduos até 2014, implementação de pontos para entrega voluntária, aterros de resíduos inertes classe A da construção e áreas de reciclagem; lembrando que o poder público pode, juntamente com a iniciativa privada, atuar nessas frentes. No entanto, essas metas não foram cumpridas em sua maioria, o que dificulta avanços mais significativos. Novas metas serão elaboradas.

Logística reversa de resíduos da construção civil

Podemos dizer que a logística reversa de resíduos provenientes da construção possui exemplos de sua viabilidade. O primeiro e mais conhecido é a reciclagem de resíduos inertes, classe A, para a produção de agregados reciclados para uso em pavimentação ou em aplicações de concreto não estrutural. O mercado para esse tipo de negócio tem se consolidado.

Outra iniciativa é da reciclagem de resíduos de gesso. A Associação Drywall, que reúne as empresas fabricantes de painéis de gesso acartonado, tem buscado viabilizar o envio do resíduo de gesso para indústrias cimenteiras. O trabalho é viabilizado por meio de parcerias com as Áreas de Transbordo e Triagem que recebem os resíduos, ou diretamente com obras de grande porte, transportadores e a indústria. No entanto, esta ação ainda é bem pontual, se concentrando a obras na região Sudeste, em especial na região metropolitana de São Paulo, sendo que, um dos principais entraves, é a pouca disponibilidade de Áreas de Transbordo e Triagem que recebem o resíduo do gesso. Outras aplicações, como para a produção de defensores agrícolas, estão se viabilizando.

Induzidos pela recém-aprovada resolução 469 do CONAMA, que estabelece que as embalagens vazias de tintas devem estar sujeitas ao sistema de logística reversa, foi firmado um acordo entre o SindusCon-SP, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) e a Associação Brasileira de Fabricantes de Tintas (Abrafati) para a elaboração de um modelo de acordo setorial de logística reversa, que possa ser implantado em todo o Brasil, visando a correta destinação de todos os resíduos provenientes do processo de pintura envolvendo os fabricantes. O SindusCon-SP pretende assinar esse acordo setorial com a Secretaria Estadual de Meio Ambiente.

Gestão online

Uma das principais necessidades detectadas pelo setor é a criação de ferramentas que auxiliem os gestores públicos e privados a cumprirem suas atribuições definidas em legislações e normas e, também, no levantamento de informações que possam ser utilizadas na melhoria dos processos produtivos, identificação de oportunidades de novos negócios e no planejamento dos municípios, de forma a atender às demandas dos grandes e pequenos geradores.

Percebe-se o interesse crescente de municípios em informatizar o seu sistema de gerenciamento de resíduos da construção, de forma a facilitar a identificação de pontos de descarte irregular, áreas de destinação não licenciadas, transportadores e obras não legalizadas. Como exemplos de cidades que estão implantando sistemas online de gerenciamento de resíduos da construção, podemos citar: São José dos Campos, Jundiaí, São Carlos, Taubaté, Pindamonhangaba, Americana, Praia Grande, Araraquara, Bauru e Piracicaba, no Estado de São Paulo. Além de Uberaba, em Minas Gerais, e Blumenau, em Santa Catarina. Essas cidades já percebem os benefícios do uso de ferramentas informatizadas, principalmente os relacionados à agilidade dos processos, desburocratização e fiscalização. Eliminação de pontos de descarte irregular, de transportadores informais e de áreas de destinação não licenciadas, reduzem muito os custos da gestão pública e a insegurança dos geradores na contratação destes serviços.

Entendendo como fundamental instrumento de gestão, o SindusCon-SP, a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Companhia Estadual de Meio Ambiente (Cetesb) firmaram parceria para o desenvolvimento e implantação do Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos (Sigor) – Módulo Construção Civil.

Considerado inovador por sua abrangência e funcionalidades, o Sigor tem o objetivo de gerenciar as informações referentes aos fluxos de resíduos sólidos no Estado de São Paulo, da geração à destinação final, incluindo o transporte, bem como o de centralizar e facilitar o acesso às informações referentes aos resíduos gerados localmente. O Capítulo 3, da Parte 1, traz mais informações sobre o Sigor – Módulo Construção Civil.

1.2 ASPECTOS DE MERCADO

A intensa geração de Resíduos da Construção Civil nas cidades brasileiras gera expressiva demanda por serviços de coleta mecanizada, empregando caminhões basculantes ou equipados com poli-guindastes para acoplamento e transporte de caçambas estacionárias. A versatilidade da caçamba estacionária que permite carregamento fracionado, com permanência do caminhão apenas para entrega da caçamba vazia e retirada quando cheia, possibilita generalização do uso e, portanto, massificação do serviço especializado que combina locação (permanência de um equipamento para coleta por certo período) e coleta (utilização do caminhão equipado com poli-guindaste para coleta dos resíduos e destinação). Assim, a geração difusa característica dos RCC conta com serviços padronizados de transporte, coleta e destinação, com liberdade para os prestadores de serviço definirem seu porte e capacidade para atendimento, combinando relação variada entre veículos para transporte com equipamentos para içamento e dispositivos para acondicionamento e retirada dos resíduos.

Na medida direta do maior controle urbano sobre o fluxo dos RCC e da percepção, por parte dos grandes geradores formais de RCC, dos riscos associados ao transporte e, principalmente, com a destinação irregular dos RCC, surge a oportunidade de maior especialização para utilizar de maneira mais racional os veículos e equipamentos disponíveis, atendendo de modo mais rápido e correto os geradores e, destacadamente, possibilitando maior controle sobre os processos de destinação dos resíduos. Neste contexto, transportadores e áreas de destinação reconhecem potencial para formação de cargas, desde que obedeçam a norma técnica específica que define condições para implantação e operação das ATTs (Áreas de Transbordo e Triagem), nas quais reconfiguram cargas recebidas dos geradores de resíduos atendidos e também atraem resíduos coletados por outros transportadores que precisam destinar resíduos de seus clientes. Forma-se assim uma rede composta por transportadores e ATTs com capacidade para atrair resíduos, reconfigurar cargas buscando valoração das frações coletadas de acordo com classes e tipos de resíduos, melhorando a logística e reduzindo custos de transporte e destinação.

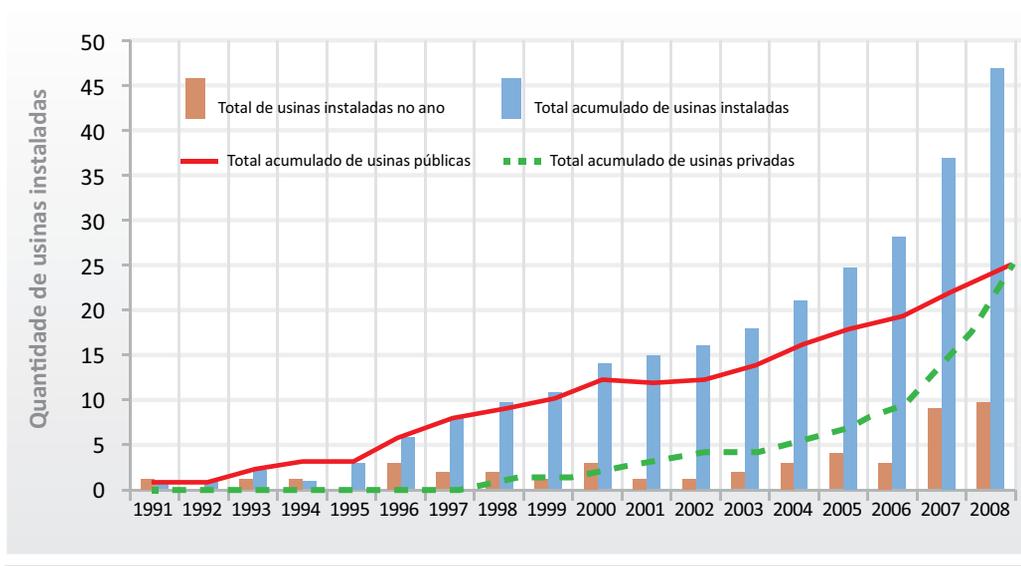
Por outra parte, também na malha urbana, há potencial para reaproveitamento de resíduos de alvenaria, concreto e argamassas mediado por processos mecanizados de britagem e classificação acompanhados por triagem tanto na entrada quanto nas correias transportadoras que fazem transferência para formação de pilhas dos agregados produzidos. As demandas mais expressivas, porquanto já delineadas por normas técnicas específicas, são de uso dos agregados reciclados em pavimentação e em concretos não estruturais. Assim, se configuram os negócios de reciclagem de RCC, para produção massiva de agregados e retorno ao mercado da construção, sendo atrativos, a grosso modo, por terem potencial para gerar receita tanto com o recebimento dos resíduos quanto com a venda dos agregados reciclados.

A consolidação da prática de produção e consumo massivos de agregados reciclados passa, necessariamente, pelo reconhecimento do potencial de verticalização propiciado por atividades correlatas. Os negócios especializados de reciclagem para produção de agregados, quando vinculados societária e operacionalmente ao transporte de RCC, são implantados em unidades de transbordo, triagem e reciclagem e oferecem oportunidade imediata de redução dos custos totais de destinação dos resíduos classe A, cabendo desenvolver nicho de mercado para comercialização dos agregados reciclados para progressivamente ocupar capacidade instalada e amortizar investimentos realizados. Os serviços de demolição também propiciam acesso frequente à oportunidade de processamento massivo, mas em canteiro de obra, cabendo identificar oportunidades locais (na própria obra ou nas imediações) para consumo também massivo dos agregados reciclados produzidos.

Por outra parte, a vinculação com atividades de pavimentação, construção, terraplenagem, produção de artefatos, usinagem de concreto, mineração e distribuição de pedra e/ou areia tenderá facilitar escoamento da produção dos agregados reciclados, cabendo equacionar e garantir captação dos resíduos de modo a garantir fornecimento contínuo. Como instrumento para regular fluxo urbano de RCC, a existência de cavas exauridas em processo de recuperação ambiental (aterros de RCC classe A) poderá dar oportunidade para reserva temporária dos resíduos visando processamento futuro, com potencial para implantação de planta móvel que oportunamente ocupe o espaço, produzindo agregados reciclados.

O retrospecto da implantação das usinas de reciclagem no Brasil identifica como pioneiras as iniciativas públicas que vislumbraram a oportunidade de reduzir custos públicos de limpeza urbana e impactos ambientais associados à dispersão dos RCC e, simultaneamente, gerar agregados reciclados poupando recursos na aquisição de agregados naturais para execução de serviços públicos, notadamente em pavimentação e saneamento. O **GRÁFICO 1** apresenta a evolução da implantação de usinas de reciclagem no Brasil, destacando, até 2008, a predominância das iniciativas públicas. Entretanto, a mesma pesquisa reconheceu que 11 das 47 unidades implantadas no período já haviam paralisado suas atividades, das quais 9 públicas e 2 privadas, reconhecendo que o insucesso das iniciativas públicas decorrem das dificuldades na gestão e operação das unidades (Miranda et al., 2008).

GRÁFICO 1
USINAS DE RECICLAGEM IMPLANTADAS NO BRASIL ATÉ 2008



A tendência ascendente da iniciativa privada na implantação de negócios de reciclagem de RCC apresentada também no **GRÁFICO 1** confirmou-se nos últimos anos. A Associação Brasileira das Empresas de Reciclagem de Resíduos da Construção (Abrecon), fundada em 2011, realizou pesquisa setorial em 2013 reconhecendo a existência de 310 usinas em todo o país. Das 112 usinas que responderam ao questionário para apurar informações mais detalhadas sobre gestão e operação, 80% eram privadas. Em relação à produção de agregados reciclados, a pesquisa setorial refere volume mensal e parcial, baseado em resposta de 96 das usinas, de 426.453 m³. Numa comparação com

a estimativa de geração nacional de RCC (cerca de 500 kg / habitante ano), o volume de agregado reciclado produzido apurado representa aproximadamente 6% da geração de RCC no país. O protagonismo da reciclagem de RCC tem sido assumido pelo Estado de São Paulo onde estão 58% das usinas pesquisadas (Abrecon; Miranda, 2013).

Assim, embora as demandas para consumo massivo de agregados reciclados sejam públicas (obras de infraestrutura, notadamente pavimentação e saneamento), a produção é cada vez mais concentrada em empresas privadas, havendo necessidade de regulação institucional que amplie o potencial de uso massivo e possibilite, em licitações, especificar uso de agregados reciclados, removendo barreiras e superando resistências.

O modo como se articulam e posicionam os diversos agentes do mercado de gestão urbana de RCC localmente, formado por transportadores e destinatários, define ambientes regionais mais ou menos propícios ao exercício da responsabilidade no manejo e destinação pelos geradores. Há condicionantes institucionais que também interferem neste processo, notadamente por conta da contribuição que o poder público pode dar como gestor, na fiscalização e no licenciamento de empreendimentos.

1.3 IMPORTÂNCIA DOS PROGRAMAS PARA CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL VOLUNTÁRIA DE EMPREENDIMENTOS

Desde 2007 até 2015, 422 empreendimentos receberam certificação ambiental voluntária no Brasil, nos quatro sistemas de certificação que apresentam requisitos relacionados à gestão de resíduos nas obras, conforme demonstrado na **TABELA 1**.

Assim, impulsionadas pela necessidade de cumprimento aos requisitos dos diversos sistemas de certificação ambiental, tem havido ampla mobilização das equipes gestoras de projetos e obra para alcance de metas e disseminação permanente das práticas entre todos os envolvidos, desde projetistas até operários, além da própria cadeia de fornecimento de materiais e serviços, visando a redução da geração dos resíduos nas obras.

TABELA 1

EMPREENDIMENTOS COM CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL NO BRASIL

Tipo de certificação	Empreendimentos certificados	%
LEED	252	59,7
Referencial Casa	2	0,5
AQUA	158	37,4
Casa Azul	10	2,4
TOTAIS	422	100,0

Fontes: GBC Brasil, Fundação Vanzolini e Caixa Econômica Federal

Certificação LEED

No processo LEED, há categorias peculiares ao tipo de empreendimento e níveis para certificação relacionados à quantidade de pontos alcançados no atendimento aos créditos. Em novas construções (LEED NC ou LEED CS), na versão 3 (2009), obtém-se 1 ponto se for comprovado desvio de aterro acima de 50% do volume ou massa de resíduos gerados, e 2 pontos se o desvio de aterro superar 75%. Esclarecendo que desvio de aterro é o volume de resíduos que pode ser utilizado na própria obra ou encaminhado para outras formas de destinação que não os aterros, como a reciclagem. Não há, nesta versão, obrigatoriedade na elaboração e implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos que será tornado obrigatório na versão 4, que também estimulará a redução na geração.

Fonte: US GBC

O GBC Brasil, na busca por um referencial para certificação de residências aplicável a realidade brasileira, criou o Referencial Casa. Em relação à gestão de RCC, é requerida, obrigatoriamente, elaboração de Plano de Gerenciamento de RCC, com registro do alcance mínimo da meta de 40% (volume ou massa) para desvio de aterro.

(Referencial GBC Brasil Casa – 2014)

Certificação AQUA

O processo AQUA foi concebido como um sistema integrado em que o próprio empreendedor define o perfil de qualidade ambiental do edifício (QAE). Na versão de 2014, aplicável a edifícios residenciais, a gestão dos RCC é avaliada na categoria 3- canteiro responsável. Estabelece-se a obrigatoriedade de elaboração do Plano de Gerenciamento de RCC quando houver demolição prévia, com meta mínima de 40% de reciclagem dos RCC. Embora o referencial não explicita o dever da elaboração do Plano de Gerenciamento de RCC para a fase de construção, é requerido do empreendedor que estime e classifique os resíduos, identifique destinatários, garanta a triagem no canteiro e comprove a destinação, com meta mínima de 30% de reciclagem dos RCC.

Fonte: Fundação Vanzolini

Selo Casa Azul

O selo Casa Azul foi criado pela Caixa Econômica Federal para distinguir os projetos financiados pela instituição àqueles que adotam práticas de sustentabilidade ambiental mais compromissadas. Na categoria 4- conservação de recursos materiais, a gestão dos RCC é obrigatória, exigindo-se a elaboração do Plano de Gerenciamento de RCC e a apresentação dos documentos comprobatórios da destinação dos respectivos resíduos gerados ao final da obra. Destaca-se também como prática social obrigatória, a educação para gestão dos RCC, para mobilização das equipes, objetivando a implantação das diretrizes do Plano de Gerenciamento de RCC.

Fonte: Caixa Econômica Federal

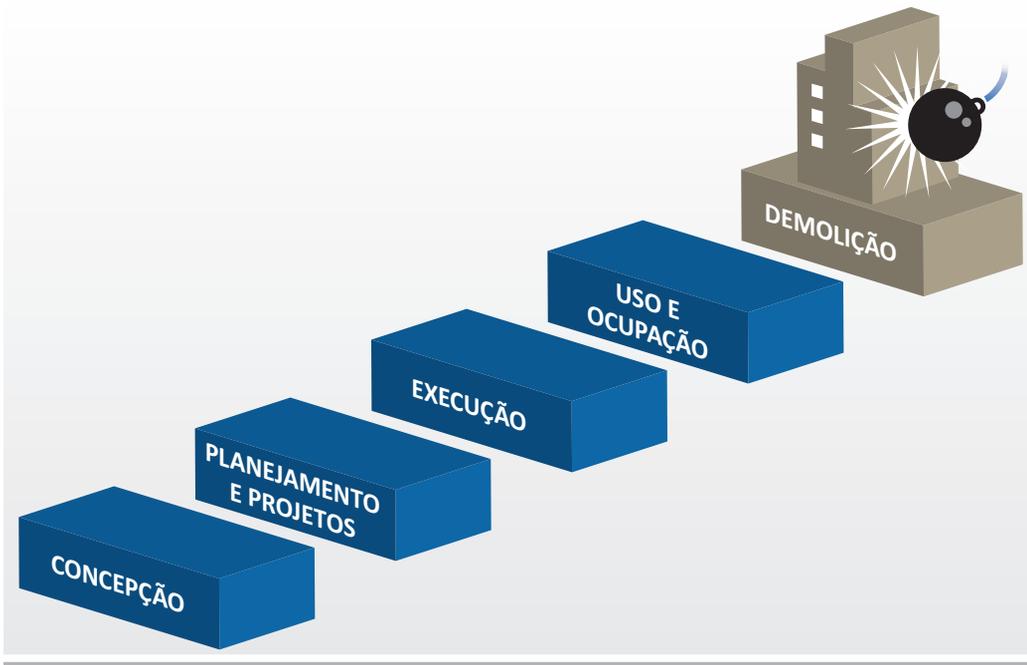
2. GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NOS CANTEIROS DE OBRAS

O protagonismo da construção civil como viabilizadora dos assentamentos humanos se expressa na extração massiva de recursos naturais e formação de complexas redes de produção e distribuição de materiais muito diversificados, que serão consumidos na implantação dos edifícios e nos espaços ocupados temporariamente pelos respectivos canteiros.

Numa dimensão espacial e ampliada, este processo permanente de ocupação e reconfiguração territorial, observável nos canteiros de obras, implica na transformação da paisagem, dá-se mais intensamente em cidades e se reproduz em escala planetária. De outra parte, os RCC gerados em obras, quando não reutilizáveis internamente, são exportados e, quando não dispostos corretamente, em obediência a leis, regulamentos e normas, degradam o ambiente. Neste cenário, impõem-se a necessidade do exercício da responsabilidade que é destacada na Resolução CONAMA nº 307/2002 ao definir que, na implantação da gestão integrada dos RCC nos municípios brasileiros, os grandes geradores devam elaborar e apresentar os Planos de Gerenciamento de suas respectivas obras, inseridas mais intensamente em espaços urbanos.

Por sua parte, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12305/2010) apresenta o conceito de responsabilidade compartilhada para destacar a necessidade de alinhamento das cadeias produtivas, dos consumidores e dos agentes de limpeza urbana para minimizar geração e os impactos ambientais associados ao ciclo de vida dos produtos que, na atividade da construção, são representados pelas edificações. Embora a geração de RCC pelos grandes geradores dê-se no período de implantação (execução) do empreendimento, definido em cronograma físico-financeiro, numa dimensão temporal, o processo de gestão antecede o início da obra, posto estar fortemente condicionado pelas decisões nas fases de concepção, planejamento e projeto. Também resultante das escolhas relativas à definição do produto (edifício) em projetos, além dos processos construtivos e dos materiais especificados, durante as etapas posteriores do ciclo de vida das edificações na fase de implantação ou execução inicia-se a geração e a necessidade de implantar práticas de gestão dos RCC, orientadas pela elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). Também, após a execução, reconhecemos que resíduos são gerados durante o uso ou ocupação dos edifícios, em reformas ou reparos. O ciclo de vida da edificação é finalizado pela demolição, considerada necessária para encerrá-lo face à perspectiva de nova forma de ocupação do espaço. A **FIGURA 1** representa a sucessão de etapas numa perspectiva temporal.

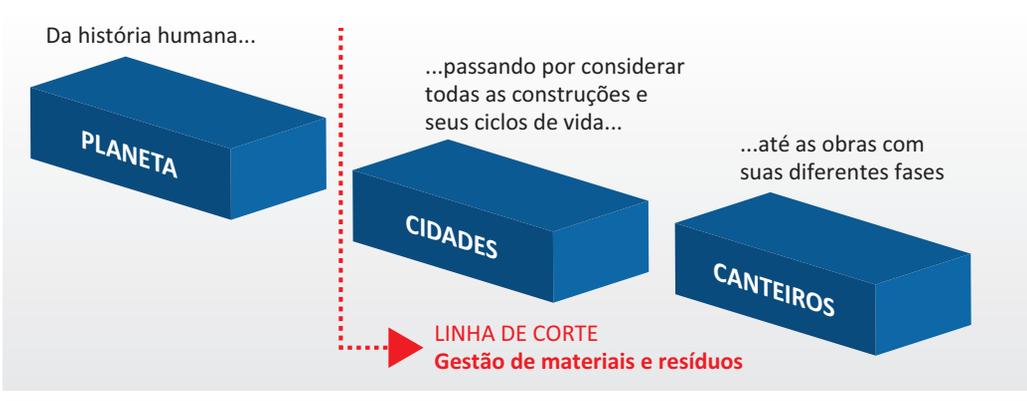
FIGURA 1
ETAPAS DO CICLO DE VIDA



O ciclo de vida das edificações, em sua dimensão temporal, compõe um legado histórico que representa a tradição cultural e científica das diferentes civilizações, materializada e perenizada pelas construções, predominantemente concentradas nas cidades e também por todo conjunto de documentos (projetos, estudos e memoriais) correspondentes.

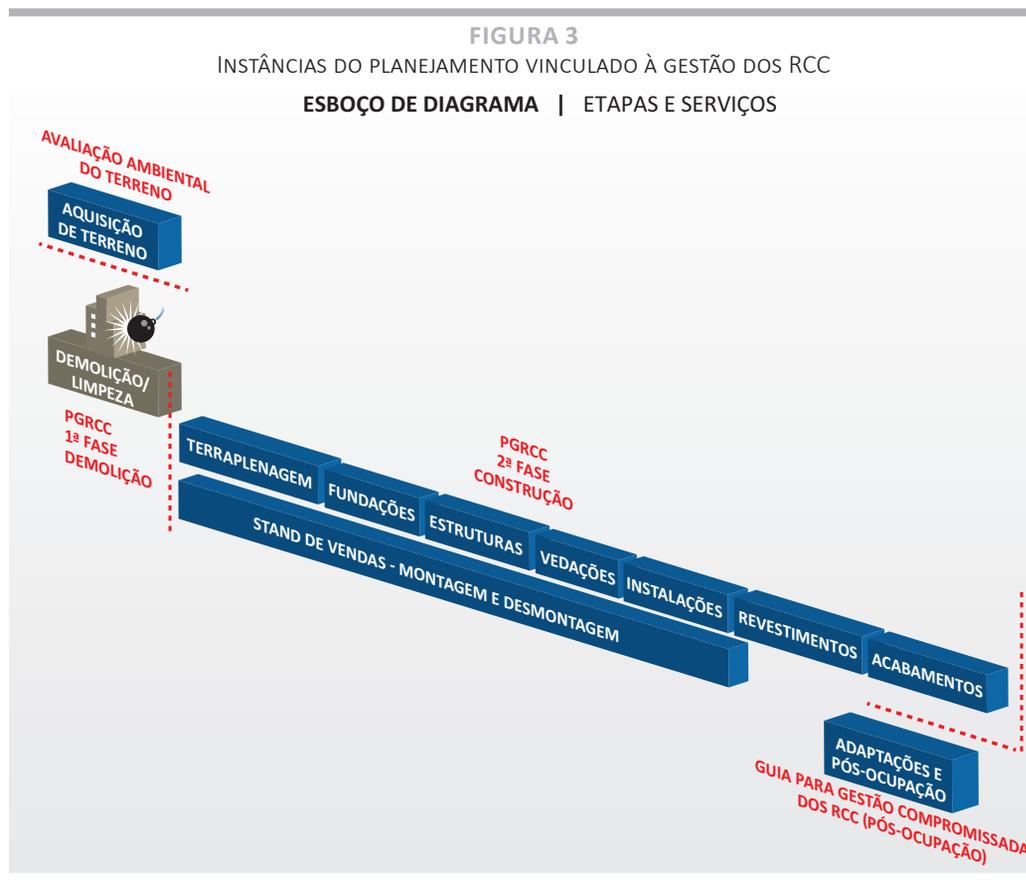
Desta forma, a gestão de materiais e dos respectivos RCC, dinamicamente, pode ser observada nas dimensões espacial e temporal em 3 instâncias, conforme representa a **FIGURA 2**, com destaque para a necessidade da atenção mais específica para a gestão dos RCC, observando a relação entre os canteiros e as respectivas cidades em que estão inseridos. E, por outro lado, respeitando aspectos da temporalidade representados nos cronogramas de execução das obras e no ciclo de vida das edificações.

FIGURA 2
DIMENSÕES ESPACIAL E TEMPORAL NA GESTÃO DOS RCC



2.1 PLANEJAMENTO PARA GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Considerando a disponibilidade de terrenos para implantação de novas construções, as decisões sobre o processo de gestão de RCC podem ser ordenadas na forma representada pela **FIGURA 3**.



a) Avaliação ambiental do terreno e edificações existentes.

Aspectos relativos à compatibilidade com legislação urbana local de uso e ocupação do solo e exame de possíveis restrições relativas à proteção ambiental são cuidados que devem ser considerados na fase de concepção dos empreendimentos, antecedendo aquisição do respectivo terreno. Mais especificamente relacionadas à gestão dos RCC, cabe identificar riscos ambientais associados à contaminação pregressa do solo e da edificações existentes, com necessidade de remediação e análise prévia de viabilidade, dimensionando investimentos requeridos em remediação e possibilidade de amortização de tais investimentos para viabilizar uso futuro pretendido da área. Quando da constatação da presença de resíduos perigosos (classe D, segundo Resolução CONAMA nº 307/2002), caberá elaborar plano para remediação incorporando informações relativas à caracterização, manejo e destinação de tais resíduos ao PGRCC.

b) PGRCC – 1ª fase (Demolição)

É comum, notadamente em área urbanas adensadas, que empreendedores adquiram terrenos anteriormente ocupados por construções que precisam ser desmontadas ou demolidas, cabendo

elaborar o respectivo plano de gerenciamento de resíduos. Embora a demolição represente o final do ciclo de vida da construção anterior, ao adquirir o terreno, o novo proprietário precisa assumir a responsabilidade pela gestão dos RCC correspondentes, elaborando a 1ª fase do PGRCC e condicionando a atuação de contratados para executar empreitada de demolição, à observância das condições previamente definidas no próprio plano.

c) PGRCC – 2ª fase (Construção)

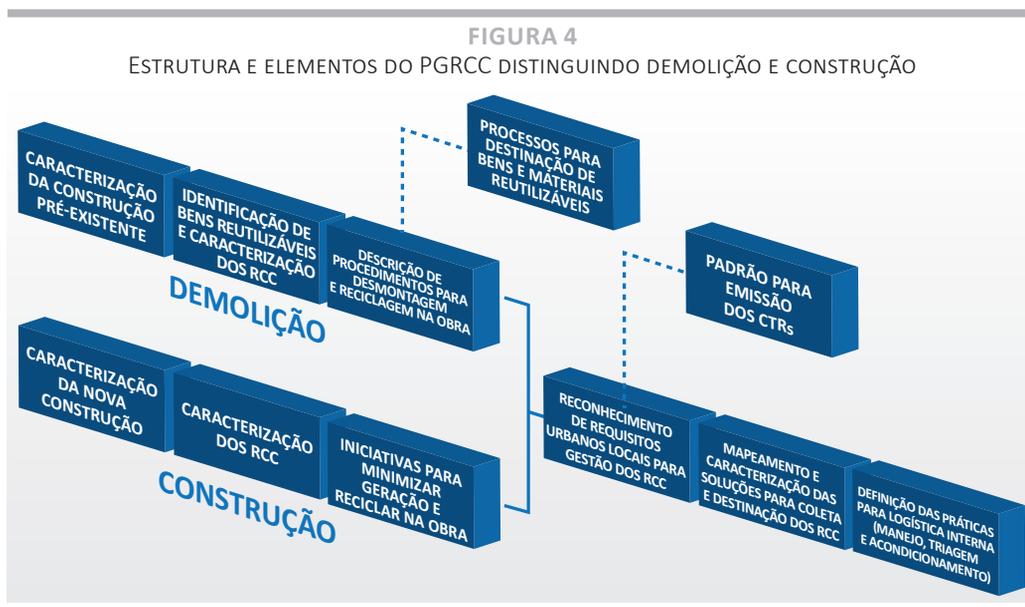
Tipicamente, a nova construção é caracterizada pela sucessão de etapas apresentada na **FIGURA 3**, iniciando-se a geração de RCC na execução dos serviços de terraplenagem e se encerrando nos serviços de acabamento prévios à entrega ao(s) proprietário(s). É comum a mobilização de instalações provisórias (barracões para escritórios, áreas de vivência etc., além do stand de vendas) que requerem montagem e desmontagem de elementos.

d) Guia para gestão compromissada dos RCC (pós-ocupação)

É comum a entrega de um empreendimento ser sucedida por modificações (reformas) para adequação, pelo(s) proprietário(s), executada por meio de reformas, principiando nova etapa de geração de RCC (no ciclo de vida, corresponde a etapa de uso e ocupação). É pertinente que os responsáveis pela gestão dos RCC na etapa de execução (equipe gestora que representa o construtor) orientem novos proprietários e gestores (síndico, administrador etc.) transmitindo informação que potencialize compromisso no manejo e destinação dos RCC. Também é necessário gerenciar os resíduos provenientes do programa de manutenção implantado pelo proprietário ou condomínio ao longo da vida útil da edificação.

2.2 ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E IMPLANTAÇÃO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Considerando a distinção entre as fases de demolição e construção, comuns no ciclo de vida de construções formais atentas aos processos de gestão de RCC, o diagrama da **FIGURA 4** representa os elementos que devem compor o respectivo PGRCC.



2.2.1 CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (PRÉ-EXISTENTE OU NOVA)

A caracterização inicial, independente de ser demolição ou nova construção, deve ser feita reconhecendo a localização (endereço completo e coordenadas geográficas) e área ocupada pelo terreno (posicionamento em relação aos confrontantes e dimensão), a quantidade de edifícios e de pavimentos, quadro de áreas, posicionamento no terreno e a forma de ocupação dos espaços livres em torno das construções (arborização, paisagismo, pavimentação etc.).

Em demolições, cabe estudar a ocupação passada reconhecendo atividades, a antiguidade das construções e o respectivo estado geral de conservação. Eventualmente, em terrenos vazios, não há propriamente demolição a fazer, mas apenas a limpeza do terreno, com retirada de resíduos e materiais.

A caracterização de novas construções deve considerar identificação do tipo de empreendimento (público, privado ou público-privado), reconhecendo porte e finalidade, segundo padrão da **TABELA 2**. Adicionalmente, é importante destacar fluxo de atividades (prazos e fases) no cronograma de implantação e descrever os sistemas construtivos que serão empregados. Tais informações devem ser buscadas em projetos, memoriais descritivos e nos demais estudos próprios para viabilizar a implantação.

TABELA 2
PADRÃO PARA IDENTIFICAR PORTE DA OBRA E FINALIDADE DO USO

Porte da obra		Finalidade
Pesada		Saneamento
		Transporte
		Energia
		Outros
Leve	Horizontal ou vertical	Residencial
		Comercial
		Serviços
		Indústria
		Misto

2.2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Em demolições, é importante distinguir materiais e bens reutilizáveis, reconhecidamente com potencial para venda ou doação, e que desonerem o processo de gestão dos RCC, propiciando redução do volume de RCC a destinar e de custos globais. Comumente, tal prática é considerada por empresas demolidoras nos orçamentos apresentados aos contratantes.

Para estimar os resíduos da demolição, as informações qualitativas (classes e tipos de resíduos) devem ser obtidas por meio de trabalho em campo de identificação dos diversos materiais que compõem a construção que será demolida, medindo estruturas armadas em concreto (pisos, lajes, vigas, colunas, pilares etc.), paredes para vedações, superfícies revestidas, coberturas, tipos e extensão das instalações (redes hidro-sanitárias, elétricas, telefonia, ar condicionado etc.), quantidade e tipos de equipamentos e dispositivos. São importantes fontes complementares de informação os projetos das antigas construções, memoriais descritivos e outros registros auxiliares. Tais construções antigas

comumente estão degradadas, cabendo reconhecer que serão formadas cargas contendo resíduos misturados (escombros ou rejeitos), que dificilmente poderão ser valorizadas.

Em relação às estimativas de geração de resíduos em novas construções, caberá fazê-las considerando os indicadores que relacionem geração em volume (l ou m³) com a área de construção (m²), tomando por referência o padrão histórico de obras assemelhadas.

Para classificar RCC de maneira padronizada, as **TABELAS 3 a 7** utilizam uma forma de identificação corriqueira como referência, associando-a a classificação da Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações (acrescentando como classe E, os resíduos que são gerados por atividades de apoio no canteiro), a Lista Brasileira de Resíduos Sólidos do Ibama (Instrução Normativa nº 13/2012) e a Norma Técnica ABNT 10004/2004.

TABELA 3

DETALHAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS CLASSE A (SEGUNDO RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307/2002) ORIENTADA PELO PADRÃO DA INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 13/2012 DO IBAMA

Identificação corriqueira	Ibama IN nº 13/2012		NBR 10.004:2004 / Res. CONAMA nº 313/2002	
	6 dígitos	Listagem	Classe	Código
Solos e rochas	17 05 04	Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03 (solo não contaminado)	II	A100
Alvenaria, concreto, argamassas e cerâmicos	17 01 01	Resíduos de cimento (cimento, areia, brita, argamassas, concreto, blocos e pré-moldados e artefatos de cimento)	II	A100
	17 01 02	Tijolos (tijolos e blocos de cerâmica vermelha)	II	A100
	17 01 03	Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (cerâmica vermelha)	II	A100
	17 01 03	Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (azulejos, pisos cerâmicos vidrados ou louças sanitárias)	II	A017
	17 01 07	Mistura de cimento, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidos em 17 01 06 (não contendo substâncias perigosas)	II	A100
Lama bentonítica	17 05 04	Lama bentonítica	II	A100
Lodos de dragagem (não perigosos)	17 05 06	Lodo de dragagem não abrangido em 17.05.05 (não contendo substâncias perigosas). Seguir instruções do CONAMA nº 454/2012 e SMA nº 39/2004.	II	A100
Areia e brita	17 05 04	Areia e brita	II	A100
Resíduos de pavimentação	17 09	Resíduos de reparos e reformas de pavimentação	II	A100

TABELA 4

DETALHAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS CLASSE B (SEGUNDO RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307/2002) ORIENTADA PELO PADRÃO DA INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 13/2012 DO IBAMA

Identificação corriqueira	Ibama IN nº 13/2012		NBR 10.004:2004 / Res. CONAMA nº 313/2002	
	6 dígitos	Listagem	Classe	Código
Madeira	17 02 01	Madeira (serrada sem tratamento) - tábuas, pontalete, vigas e/ou serragem	II	A009
	17 02 01	Madeira - compensado (resinado ou não), painéis OSB e outras madeiras industrializadas (laminada e aglomerada) e pintadas ou envernizadas	II	A009
	15 01 03	Embalagens de madeira	II	A009
Gesso	17 08 02	Materiais de construção à base de gesso, não abrangidos em 17 08 01 (não contaminados por substâncias perigosas)	II	A099
Metal	17 04 05	Ferro e aço	II	A004
	15 01 04	Embalagens de metal (ferroso)	II	A104
	15 01 04	Embalagens de metal (não ferroso)	II	A105
	17 04 07	Mistura de sucatas metálicas	II	A005
	17 04 01	Cobre, bronze e latão (fios, cabos, ferragens etc.)	II	A005
	17 04 02	Alumínio	II	A005
	17 04 03	Chumbo	II	A005
	17 04 04	Zinco	II	A005
	17 04 06	Estanho	II	A005
	17 04 12	Magnésio	II	A005
	17 04 13	Níquel	II	A005
Papel	15 01 01	Embalagens de papel cartão	II	A006
Plástico	17 02 03	Plástico (mantas de cura, telas de proteção, PVC, PP, PPR, PEAD, PEBD, PET, EPS etc.)	II	A007
	15 01 02	Embalagens de plástico	II	A007
Vidro	15 01 07	Embalagens de vidro	II	A117
	17 02 02	Vidro (plano, liso, translúcido, refletivo ou temperado)	II	A117

continua

continuação da Tabela 4

Identificação corriqueira	Ibama IN nº 13/2012		NBR 10.004:2004 / Res. CONAMA nº 313/2002	
	6 dígitos	Listagem	Classe	Código
Tecidos	15 01 09	Embalagens têxteis	II	A010
	17 09 04	Misturas de RCD não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03 não contendo mercúrio, PCB e substâncias perigosas (resíduos têxteis, carpetes e tecidos de decoração)	II	A010
Asfalto	17 03 02	Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01 (não contendo alcatrão) - asfalto modificado, emulsão asfáltica e mantas asfálticas	II	A099
Lã mineral	17 06 04	Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03 (não contendo amianto ou substâncias perigosas): lã de vidro e lã de rocha	II	A099
Borracha	19 12 11	Resíduos de borracha, exceto pneus	II	A008
Outros resíduos recicláveis da construção civil	15 01 06	Mistura de embalagens	II	A099
		Outros resíduos recicláveis da construção civil	II	A099

TABELA 5

DETALHAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS CLASSE C (SEGUNDO RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307/2002) ORIENTADA PELO PADRÃO DA INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 13/2012 DO IBAMA

Identificação corriqueira	Ibama IN nº 13/2012		NBR 10.004:2004 / Res. CONAMA nº 313/2002	
	6 dígitos	Listagem	Classe	Código
Outros resíduos não recicláveis e não perigosos	17 02 03	Plásticos (neoprene, plásticos reforçados com fibras - forros em lã de vidro com revestimento em PVC)	II	A099
	08 04 10	Resíduos de colas e vedantes não abrangidos em 08 04 09 (selantes, massa plástico, epóxi, não contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas)	II	A099
	08 01 12	Resíduos de tintas e vernizes não abrangidos em 08 01 11 (não contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas)	II	A099
	20 02 01	Resíduos de limpeza urbana: Resíduos de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana não biodegradáveis	II	A003
	15 01 01	Embalagens de papel e cartão (com materiais cimentícios, gesso e cal)	II	A006
		Outros resíduos de construção não recicláveis	II	A099
Lixas, forros etc.	17 09 04	Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03 (não contendo mercúrio, PCBs ou outras substâncias perigosas) - lixas (papel e areia), forros (argamassas + EPS + lãs de vidro) etc.	II	A099

TABELA 6

DETALHAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS CLASSE D (SEGUNDO RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307/2002) ORIENTADA PELO PADRÃO DA INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 13/2012 DO IBAMA

Identificação corriqueira	Ibama IN nº 13/2012		NBR 10.004:2004 / Res. CONAMA nº 313/2002	
	6 dígitos	Listagem	Classe	Código
Tintas, vernizes, colas e vedantes contendo substâncias perigosas	08 01 11	Tintas, produtos adesivos, colas e resinas contendo substâncias perigosas (restos e borras de tintas e pigmentos, graxas, solventes, selantes, desmoldantes e aditivos)		
RCC diversos contaminados por substâncias perigosas	17 02 04	Vidro, plástico e madeira, misturados ou não, contendo ou contaminados com substâncias perigosas (madeiras tratadas com creosoto, fungicidas, poliuretano etc.)		
	15 01 10	Embalagens que contêm ou estão contaminadas por resíduos de substâncias perigosas		
	17 01 06	Misturas ou frações separadas de cimento, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos contendo substâncias perigosas		
	17 04 09	Resíduos metálicos contaminados com substâncias perigosas		
	17 04 10	Cabos contendo hidrocarbonetos, alcatrão ou outras substâncias perigosas		
	17 05 03	Lama bentonítica contaminada		
	17 05 07	Britas de linhas ferroviárias contendo substâncias perigosas		
	17 08 01	Materiais de construção à base de gesso contaminados com substâncias perigosas		
	17 09 01	Resíduos de construção e demolição contendo mercúrio		
	17 09 02	Resíduos de construção e demolição contendo PCB (por exemplo, vedantes com PCB, revestimentos de pisos à base de resinas com PCB, condensadores de uso doméstico com PCB)		
	17 09 03	Outros resíduos de construção e demolição (incluindo mistura de resíduos) contendo substâncias perigosas		

continua

continuação da Tabela 6

Identificação corriqueira	Ibama IN nº 13/2012		NBR 10.004:2004 / Res. CONAMA nº 313/2002	
	6 dígitos	Listagem	Classe	Código
Soluções asfálticas e misturas betuminosas	17 03 01	Misturas betuminosas contendo alcatrão		
	17 03 03	Asfalto e produtos de alcatrão (solução asfáltica)		
Solos contaminados	17 05 02	Solos e rochas contaminados por bifenilas policloradas (PCB)		
	17 05 03	Solos e rochas contendo substâncias perigosas		
Amianto	17 06 01	Materiais de isolamento contendo amianto		
	17 06 05	Materiais de construção contendo amianto (por exemplo, telhas, tubos etc.)		
Outros resíduos perigosos	12 01 13	Resíduos de soldaduras (eletrodos)		
	17 05 09	Resíduos resultantes da incineração ou tratamento térmico de solos contaminados por substâncias orgânicas perigosas		

Orientações para manejo dos resíduos de amianto e lâmpadas fluorescentes

O reconhecimento da existência de resíduos perigosos torna necessário cuidado específico relacionado aos riscos ambientais e à saúde humana, associados à exposição a tais resíduos. Os produtos que contêm amianto devem ser manejados observando cuidados descritos no anexo 12 da NR-15, que requer dos empregadores em serviços de demolição que: i) proporcionem toda proteção necessária aos trabalhadores; ii) limitem o desprendimento da poeira de amianto no ar; iii) eliminem os resíduos que contenham amianto.

Para cumprir tais requisitos, cabe utilizar EPIs adequados, retirar telhas inteiras, paletizadas e rotuladas (padrão também mencionado na NR-15, conforme **FIGURAS 5 e 6**), providenciando big-bags (vide **FIGURA 7**) para conter os fragmentos gerados. Recomenda-se o umedecimento das telhas antes da desmontagem para reduzir poeira dispersa. Ainda segundo o anexo 12 da NR-15, “as empresas (públicas ou privadas)..., responsáveis pela remoção de sistemas que contêm ou podem liberar fibras de asbestos para o ambiente, deverão ter seus estabelecimentos cadastrados junto ao Ministério do Trabalho e da Previdência Social/Instituto Nacional de Seguridade Social, através de seu setor competente em matéria de segurança e saúde do trabalhador”. Deste modo, o manejo de resíduos de amianto deve ser precedido pelo cadastramento no Ministério do Trabalho da própria demolidora.

continuação do box pág. 30

O manuseio, acondicionamento e a retirada das lâmpadas fluorescentes, devem ser feitos de modo a impedir sua quebra, dado o risco de contaminação por mercúrio (substância volátil e altamente tóxica). A quebra de lâmpadas também expõe os trabalhadores a acidentes (corte e ferimento com vidro). Assim, lâmpadas fluorescentes, após serem retiradas das luminárias de modo cuidadoso, devem ser encaixotadas ou dispostas em tambores (vide **FIGURA 8**).

FIGURA 5
TELHAS INTEIRAS, EMPILHADAS,
PALETIZADAS E CINTADAS



FIGURA 6
LOTE DE RESÍDUOS DE
AMIANTO EMBALADO E ROTULADO



FIGURA 7
BIG BAGS CONTENDO TELHAS
DE AMIANTO FRAGMENTADAS



FIGURA 8
EXEMPLO DE CAIXOTE ADAPTADO
PARA ENCAIXE DE LÂMPADAS INTEIRAS



TABELA 7

DETALHAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS CLASSE E ORIENTADA PELO PADRÃO DA INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 13/2012 DO IBAMA

Identificação corriqueira	Ibama IN nº 13/2012		NBR 10.004:2004 / Res. CONAMA nº 313/2002	
	6 dígitos	Listagem	Classe	Código
Lâmpadas incandescentes	20 01 36	Produtos eletroeletrônicos e seus componentes fora de uso não abrangido em 20 01 21 ou 20 01 23 ou 20 01 35	II	A099
Lâmpadas fluorescentes	20 01 21	Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista	I	F044
Produtos eletroeletrônicos fora de uso	20 01 23	Produtos eletroeletrônicos fora de uso, contendo clorofluorcarbonetos (geladeira e ar condicionado)	I	D099
	20 01 35	Produtos eletroeletrônicos fora de uso não abrangidos em 20 01 21 ou 20 01 23, contendo componentes perigosos	I	D099
Pilhas e acumuladores	20 01 33	Pilhas e acumuladores abrangidos em 16 06 01, 16 06 02 ou 16 06 03 (a base de chumbo, níquel / cádmio ou mercúrio)	I	F042
	20 01 34	Pilhas e acumuladores não abrangidos em 20 01 33	I	F042
Pneus	16 01 24	Pneus inservíveis usados de automóveis	II	A008
	16 01 26	Pneus inservíveis usados de caminhões / ônibus	II	A008
	16 01 28	Pneus inservíveis usados de tratores	II	A008
EPIs, absorventes ou panos de limpeza contaminados por resíduos perigosos	15 02 02	Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção, EPIs contaminados por substâncias perigosas	I	D099
EPIs, absorventes ou panos de limpeza não contaminados	15 02 03	Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção, não abrangidos em 15 02 02	II	A099
Filtros, estopas, mangotes, cabos, serragens contaminados com óleos ou lubrificantes	16 07 09	Resíduos contendo outras substâncias perigosas (Filtros, estopas, motores, mangotes, cabos, serragens contaminados com óleos ou lubrificantes)	I	D099
Óleos de motores e congêneres	13 02 01	Óleos de motores, transmissões e lubrificação, usados ou contaminados	I	F130
Lodos	17 05 05	Lodos de dragagem contendo substâncias perigosas (seguir instruções do CONAMA nº 344/04 e SMA nº 39)	I	D099
	20 03 04	Lodos de fossas sépticas (incluir efluentes de banheiros químicos)	II	A019

continua

continuação da Tabela 7

Identificação corriqueira	Ibama IN nº 13/2012		NBR 10.004:2004 / Res. CONAMA nº 313/2002	
	6 dígitos	Listagem	Classe	Código
Óleos e gorduras	19 08 09	Mistura de gorduras e óleos, da separação óleo / água, contendo apenas óleos e gorduras alimentares	II	A021
	19 08 10	Mistura de gorduras e óleos, da separação óleo / água, não abrangidas em 19 08 09	I	F530
	20 01 25	Óleos e gorduras alimentares	II	A099
Resíduos orgânicos	20 01 08	Resíduos biodegradáveis de cozinhas e cantinas	II	A001
Resíduos de serviços de saúde	18 01	Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção (Grupo A da Resolução CONAMA nº 358)	I	D004
	18 02	Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública, ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade (Grupo B da Resolução CONAMA nº 358)	I	D099
	18 04	Materiais perfurocortantes ou escarificantes (Grupo E da Resolução CONAMA nº 358)	I	D099
Podas, vegetação e limpeza de terrenos	20 02 01	Resíduos de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana biodegradáveis (podas, vegetação e limpeza de terrenos)	II	A003
Varrição de canteiro de obras	20 02 03	Resíduos de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana não biodegradáveis (varrição de canteiro de obra)	II	A003
Outros resíduos de canteiro, não contendo substâncias perigosas		Outros resíduos de canteiro, não contendo substâncias perigosas	II	A099
Outros resíduos de canteiro, contendo substâncias perigosas		Outros resíduos de canteiro, contendo substâncias perigosas	I	D099

Segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações, resíduos classe A e B são potencialmente recicláveis ou reutilizáveis. Em oposição, define-se que os resíduos classe C são aqueles “... para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação”. Entretanto, a distinção entre os resíduos classes A ou B e os resíduos classe C poderá ser tênue, condicionada pela oportunidade do desenvolvimento de soluções tecnológicas e de mercado, e do próprio acesso a informação sobre tais iniciativas.

2.2.3 PRÁTICAS PARA REDUÇÃO DA GERAÇÃO E RECICLAGEM EM OBRA

Segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002, os geradores de RCC devem ter “... como objetivo prioritário, a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem...”.

TABELA 8

POSSÍVEIS INICIATIVAS REDUTORAS DE PERDAS E DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Processos convencionais	Processos diferenciados e mais racionalizados
Estruturas armadas em concreto, moldadas no local, com emprego de fôrmas de madeira	Utilização de estruturas em concreto pré-moldadas (FIGURA 9) Produção e aplicação (montagem) em série de paredes pré-moldadas (FIGURAS 10 e 11)
Alvenaria e estrutura armada dissociadas	Alvenaria com paredes estruturais (FIGURAS 12 e 13)
Emprego exclusivo de blocos em alvenaria (concreto ou cerâmicos) para vedações internas e externas, combinado a estrutura armada reticulada	Estrutura metálica, com vedações internas em painéis cimentícios (FIGURA 14) e vedações internas em drywall (FIGURA 15)
Elevação das vedações e execução dos revestimentos sem considerar modularidade	Coordenação modular representada em quadriculas para otimizar aquisição e aplicação dos elementos de vedação (FIGURA 16) e de revestimentos (FIGURA 17)
Recorte de paredes para embutir tubulações	Passagem das tubulações por “shafts”, reduzindo necessidade de recortes (FIGURA 18)

FIGURA 9

SUPER ESTRUTURA EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO



FIGURA 10

LINHA INDUSTRIALIZADA DE PRODUÇÃO DE PRÉ-MOLDADOS EM CANTEIRO



continua

continuação da Tabela 8

FIGURA 11

ELEVAÇÃO E MONTAGEM COM USO DE GRUA DE PRÉ-MOLDADOS COMO ELEMENTO ESTRUTURAL E DE VEDAÇÃO.



FIGURA 12

ASSENTAMENTO DE BLOCOS ESTRUTURAIS.



FIGURA 13

EXECUÇÃO DE PAREDES EM ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO.



FIGURA 14

PAREDES EXTERNAS DE CASA COM USO DE PLACA CIMENTÍCIA.



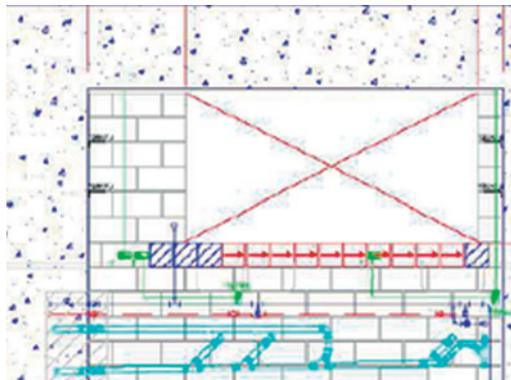
FIGURA 15

MONTANTES E PLACAS EM DRYWALL PARA VEDAÇÕES INTERNAS.



FIGURA 16

DIMENSIONAMENTO DA QUANTIDADE DE ELEMENTOS DE VEDAÇÃO, CONSIDERANDO MEDIDA DOS VÃOS.



continua

continuação da Tabela 8

FIGURA 17
 QUADRÍCULAS AUXILIARES E ÚTEIS PARA
 QUANTIFICAÇÃO DE MATERIAIS.

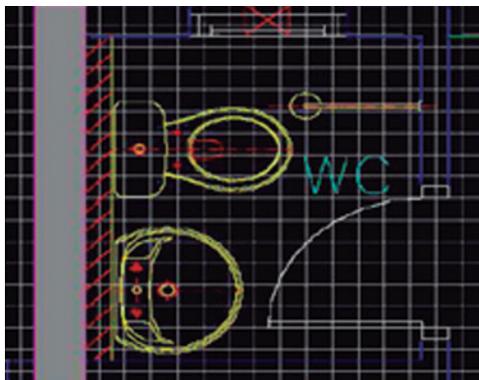


FIGURA 18
 CARENAGENS METÁLICAS PARA OCULTAR
 TUBULAÇÕES, MINIMIZANDO RECORTES.



A viabilidade técnica e econômica das referidas e possíveis iniciativas redutoras também é condicionada caso a caso por outros fatores, tais como: desenvolvimento da cadeia de fornecimento local, desempenho, flexibilidade dos projetos, tipo de uso da edificação etc.

A redução na geração de RCC também está associada à adoção de procedimentos padronizados de execução dos serviços que permitam utilização ótima dos diversos insumos que serão aplicados por ambiente de execução (apartamento, por exemplo) e utilização de ferramentas e dispositivos que permitam controle e dosagem da quantidade de material empregado. Deve ser considerada a reprodução desta prática a cada conjunto de atividades e fase de obra, com formalização e descrição de tarefas, procedimentos e treinamento dos operários com registros compatíveis para controle. Como exemplo, a utilização e distribuição de kits para revestimento cerâmico, formados pela quantidade de peças e materiais para execução (caixas contendo elementos cerâmicos e sacos com argamassa colante para assentamento), e aplicação das argamassas em assentamento de blocos de vedação com bisnaga dosadora, conforme **FIGURAS 19 e 20**.

FIGURA 19
 KIT PADRÃO PARA REVESTIR APARTAMENTO.



FIGURA 20
 USO DE BISNAGA DOSADORA EM
 ASSENTAMENTO DE BLOCOS PARA VEDAÇÃO.



NOTA

A Parte II desta publicação traz estudo detalhado para reúso e reciclagem de resíduos de construção em obras.

2.2.4 ORGANIZAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS

Há sucessiva modificação dos espaços operacionais na medida em que as diversas atividades e serviços são desenvolvidos. Podemos definir 3 fases com diferentes configurações relativas à dinâmica de ocupação destes espaços, com consumo de materiais diversificados e repercussões sobre o processo de gestão de resíduos:

Fase inicial (terrapiagem, contenções e fundações)- amplos espaços disponíveis, circulação de veículos e máquinas para movimentação de volumes expressivos de terra escavada. Relativa homogeneidade na geração de resíduos (solos, concreto e madeira), necessidade de cuidar da limpeza no entorno da obra, preparando lava-rodas e reservatório para decantação dos sólidos provenientes da lavagem e das interferências nas edificações vizinhas, por conta da vibração durante execução das fundações profundas.

Fase intermediária (estrutura, vedações e instalações)- grande volume de produção, com rápida e permanente reconfiguração dos espaços, intensificação e diversificação do uso de materiais, repercutindo na pluralidade da geração de resíduos. Aumento do contingente de mão-de-obra e da movimentação de pessoas e cargas. Confinamento progressivo dos espaços, tornando mais complexa a movimentação interna de materiais, de pessoas e o processo de gestão de resíduos.

Fase final (revestimento e acabamento)- grande diversidade de serviços simultâneos e de equipes operacionais, aumentando o potencial de desorganização por conta da dispersão de materiais e de resíduos, e pressão por conta da proximidade do término da obra.

A boa organização dos espaços operacionais faz com que sejam evitados sistemáticos desperdícios na utilização e na aquisição dos materiais para substituição. Previne-se a geração de resíduos com o armazenamento correto dos diversos materiais obedecendo alguns critérios que garantam a boa distribuição e organização destes estoques intermediários, tais como: i.) classificação; ii.) frequência de utilização; iii.) empilhamento máximo; iv.) distanciamento entre as fileiras; v.) alinhamento das pilhas; vi.) distanciamento do solo; vii.) separação, isolamento ou envolvimento por ripas, papelão, isopor etc. (no caso de louças, vidros e outros materiais delicados, passíveis de riscos, trincas e quebras pela simples fricção); viii.) preservação da limpeza e desumidificação do local (visando principalmente a conservação dos ensacados); ix.) aproximação entre estoque e locais de consumo.

Estoques de agregados a granel (vide **FIGURAS 21 e 22**) devem ser delimitados (baia) e dimensionados de acordo com a necessidade de consumo para prevenir dispersão e conseqüente perda. Estoques de armaduras e de aço devem ser formados em feixes e separados por tipo e bitolas, conforme mostra a **FIGURA 23**.

FIGURAS 21 E 22
ESTOQUE DE AGREGADOS A GRANEL EM BAIAS.



FIGURA 23
FEIXES COM VERGALHÕES E ARMADURAS.



Blocos de concreto e em cerâmica devem ser dispostos em pilhas com altura máxima de 1,50 m, amarrados por cintas para facilitar o alinhamento. As pilhas devem ser apoiadas sobre paletes e distribuídas segundo necessidade de consumo, próximas dos locais para utilização e sobre superfície regular (vide **FIGURA 24**). Carrinhos porta-paletes (vide **FIGURA 25**) são úteis para o transporte horizontal dos blocos empilhados e cintados, após descarregamento.

FIGURA 24
EMPILHAMENTO DE BLOCOS EM
CONCRETO NO TÉRREO.



FIGURA 25
USO DE CARRINHO PORTA-PALETES NO
TRANSPORTE DE BLOCOS CERÂMICOS.

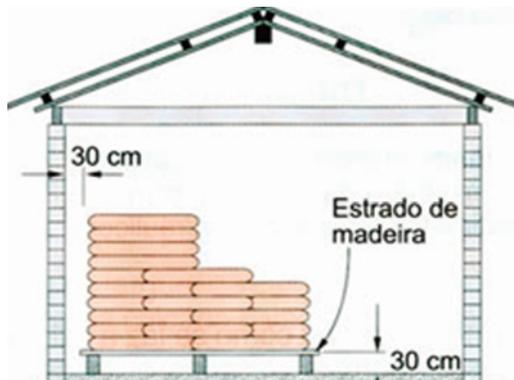


No acondicionamento das sacarias de cimento, deve ser respeitado empilhamento máximo de 10 sacos sobre estrado formado por paletes, em local seco, coberto e fechado, para evitar empedramento do cimento. A partir da fabricação, o prazo aproximado para utilização do cimento ensacado é de 3 meses e, por isso, em obra, cabe formar estoques intermediários considerando a necessidade de consumo prioritário do cimento estocado por mais tempo. As **FIGURAS 26 e 27** ilustram condições adequadas para armazenamento de ensacados.

FIGURA 26
SACARIAS DE CIMENTO ESTOCADAS
SOBRE PALETES.



FIGURA 27
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA COM DESTAQUE PARA
O POSICIONAMENTO EM RELAÇÃO A PISO E PAREDES.



Peças metálicas e componentes utilizados na montagem das fôrmas, escoramentos e cimbramentos devem ser estocados de modo ordenado nas proximidades dos locais de utilização, contidos em caixas ou sacos (componentes miúdos) e separados por tipo ou dispostos distanciados do solo (peças de maior dimensão), conforme ilustram as **FIGURAS 28 e 29**.

FIGURA 28

FAIXA LATERAL DA PROJEÇÃO DE EDIFÍCIO UTILIZADA PARA ESTOCAR DE MODO PROVISÓRIO ELEMENTOS QUE SERÃO MONTADOS.



FIGURA 29

USO DE ESPAÇO NA PROJEÇÃO DO EDIFÍCIO PARA ESTOQUE INTERMEDIÁRIO DE COMPONENTES MIÚDOS EM CAIXAS E SACOS.



De modo mais geral, o que deve ser garantida é a integridade dos materiais para evitar necessidade de reposição decorrente de sua dispersão, deterioração ou mesmo da ocorrência de avarias que impeçam uso ou reúso ou que se transformem em resíduos ou rejeitos.

Nos canteiros, é comum a necessidade de organização de centrais para preparo de fôrmas em madeira e das armaduras metálicas, dosagem de argamassas e concretos, corte de tubulações entre outras. Cabe atentar para a necessidade de que, em tais atividades de apoio, sejam observadas condições de limpeza e organização compatíveis com o padrão de qualidade do processo construtivo e da própria edificação, além dos aspectos relativos à segurança ocupacional dos trabalhadores e de compromisso ambiental. As **FIGURAS 30 a 34** apresentam exemplos de espaços operacionais ocupados por centrais de produção que têm bom padrão de limpeza e organização.

FIGURA 30

POSICIONAMENTO DE CENTRAIS DE AÇO E FÔRMAS DELIMITADAS, COBERTAS, ORGANIZADAS E LIMPAS.



FIGURA 31

ÁREA COBERTA UTILIZADA PARA CORTE DE TUBULAÇÕES PARA INSTALAÇÕES.



FIGURA 32

CARPINTARIA EM ÁREA EXTERNA, COM SERRA DE BANCADA.



FIGURA 33

CENTRAL DE AÇO COM GAIOLAS ARMADAS PARA FUNDAÇÕES.



FIGURA 34

CENTRAL DE CONCRETO COM BETONEIRA.



2.2.5 PRÁTICAS PARA LOGÍSTICA INTERNA (MANEJO, TRIAGEM E ACONDICIONAMENTO)

Segundo a NR 18/2013, canteiro de obra é "... a área onde se desenvolvem as operações de apoio e execução de uma obra", cabendo distinguir áreas operacionais e de vivência. O projeto de canteiro está condicionado pelo projeto do produto e resulta das escolhas quanto aos processos construtivos que serão empregados, segundo um programa de necessidades que requer alocação transitória de espaços e recursos como parte integrante do projeto da produção.

As áreas operacionais também são utilizadas, durante a execução das obras, para formação das cargas de resíduos, cabendo ao PGRCC, de modo compatível com o projeto de canteiro, favorecer o ordenamento dos fluxos de resíduos para garantir o acondicionamento diferenciado por tipo e classe.

É comum o uso de caixas estacionárias mais volumosas (caixas tipo roll on/roll off) para coleta de resíduos de madeira e metal (vide **FIGURA 35**), principalmente quando da demolição das estruturas armadas, com recorte e pré-fragmentação para retirada das armaduras entranhadas no concreto. Em casos de restrição dos espaços internos e necessidade de formação de cargas mais fracionadas, a retirada dos resíduos triados deverá ser feita utilizando caçambas estacionárias de 4 m³.

FIGURA 35

CAIXA ROLL ON/ROLL OFF UTILIZADA PARA ACONDICIONAR SUCATA METÁLICA EM DEMOLIÇÃO.



Em novas construções, o arranjo físico expresso em projeto de canteiro deve considerar distribuição e posicionamento dos dispositivos fixos e móveis para acondicionar de modo diferenciado os vários tipos de resíduos no canteiro. São fatores consideráveis para definir a posição dos respectivos dispositivos: i) facilidade de acesso interno para disposição pelas equipes de obra; ii) facilidade para acesso externo e carregamento para transporte; iii) permanência por máximo período durante a execução da obra.

A **FIGURA 36** representa uma forma de integração entre espaços operacionais (centrais de produção e de armazenamento de materiais) e dispositivos para coleta de resíduos, com respectivas legendas indicativas. O portão de acesso para carga e descarga está ao lado do muro que delimita estoque de agregados em baias. O espaço central livre é suficiente e está desimpedido para circulação de operários e veículos.

FIGURA 36

ÁREAS DE TRABALHO E DISPOSITIVOS ALOCADOS EM CANTEIRO IMPLANTADO.



- 1 - Central de aço (policorte)
- 2 - Baias com agregados
- 3 - Central de betoneiras
- 4 - Almoxarifado

- A - Baia para resíduos de gesso
- B - Baia para resíduos de metal
- C - Baia e caçamba contendo resíduos de madeira
- D - Baia para resíduos de alvenaria e concreto
- E - Abrigo coberto para resíduos de papel e plástico contidos em big bags

São dispositivos úteis para acondicionamento diferenciado de resíduos nos canteiros de obra:

- Bombonas: recipiente plástico com capacidade de 50, 100 ou 200 litros, com tampa superior removível (utilizá-los como ou sem tampa);
- Sacos de rafia: sacos para revestir internamente bombonas, compatíveis com o tamanho das respectivas bombonas;
- Big Bag: recipiente com dimensões aproximadas de 0,90 x 0,90 x 1,20 metros, sem válvula de escape (fechado em sua parte inferior), dotado de saia e fita para fechamento, com quatro alças que permitam sua colocação em suporte para mantê-lo completamente aberto enquanto não estiver cheio. Enquanto estiver aberto para receber resíduos, deve permanecer apoiado em suporte metálico ou em madeira, com dimensões compatíveis e ganchos para sustentação das alças;
- Baia: recipiente confeccionado em chapas ou placas, em madeira, metal ou tela, nas dimensões convenientes ao armazenamento de cada tipo de resíduo;
- Abrigos: área coberta, limitada lateralmente para conter big bags contendo resíduos classe B (papel ou plástico), apoiados em estrutura ou soltos (fechado); resíduos não recicláveis (rejeitos ou resíduos classe C) e, no caso dos resíduos perigosos, com portinhola, fechamento com tela (aramada ou plástica), com bombonas tampadas no interior, piso cimentado e contenção (caixa de areia para absorção de resíduos líquidos derramados);
- Caçamba estacionária: recipiente confeccionado com chapas metálicas reforçadas e com capacidade para armazenagem entre 4 e 5 m³. A fabricação deste dispositivo deve atender às normas ABNT;
- Caçambas basculantes: acopladas em caminhões demandam uso de pás mecânicas para elevar cargas e fazer o carregamento dos respectivos veículos;
- Caixa roll on/roll off: caixa estacionária de grande capacidade volumétrica (comumente entre 25 e 40 m³), com portas metálicas para abertura e dispositivo para içamento por caminhão compatível.

Para facilitar a limpeza dos diversos ambientes e a triagem dos resíduos nos locais de geração (frentes de serviço), será útil distribuir e sinalizar dispositivos móveis para acondicionamento inicial, tais como, bombonas (vide **FIGURAS 37 a 39**) e big bags (vide **FIGURA 40**).

O atendimento a necessidade de captação de resíduos recicláveis em escritórios, refeitórios, áreas de vivência e de circulação, deverá ser feito com a distribuição de bombonas sinalizadas, de modo a facilitar a disposição de tais resíduos. A quantidade de dispositivos próprios para acondicionamento inicial de resíduos de papel, plástico e metal, usualmente gerados em tais áreas administrativas e não operacionais, deverá ser calculada em função da quantidade de compartimentos utilizados, de modo a inibir a dispersão de resíduos e facilitar a triagem.

Para formação das cargas e realização das coletas para destinação diferenciada e correta dos resíduos por tipo, devem ser providenciados dispositivos para acondicionamento final, fixos ou móveis. Eles devem ser compatíveis com a intensidade da geração, disponibilidade de espaços internos para acondicionamento e características físicas das cargas formadas (densidade, presença de peças pontiagudas etc.).

FIGURA 37

CONJUNTO DE DISPOSITIVOS (BOMBONAS) PARA PEQUENOS VOLUMES E USO NOS PAVIMENTOS TIPO.



FIGURA 38

USO DE BOMBONAS E ACONDICIONAMENTO DE RESÍDUOS EM PAVIMENTO TIPO.



FIGURA 39

BOMBONA PARA RESÍDUOS DE PAPEL E PLÁSTICO EM PAVIMENTO TIPO.



FIGURA 40

USO DE BIG BAGS PARA ACONDICIONAR RESÍDUOS DE PLÁSTICO JUNTO À FRENTE DE SERVIÇOS.



A **TABELA 9** discrimina os tipos de resíduos gerados tipicamente e de forma mais comum nos canteiros de obras, reconhecendo providências relativas ao manejo e ao transporte interno desses resíduos, que se relacionam com as respectivas formas de acondicionamento inicial e final mais comuns e apropriadas. As **FIGURAS 41 a 52**, consecutivamente apresentadas, ilustram modos de utilização e preparo dos dispositivos.

TABELA 9

FLUXO DA TRIAGEM E ACONDICIONAMENTO DIFERENCIADO POR TIPO DE RESÍDUO

Identificação corriqueira (resíduos mais comuns)		Classe	Triagem	Acondicionamento inicial	Transporte interno	Acondicionamento final
Solos	Pequeno volume	A		Empilhamento manual	Carrinhos ou giricas	Caçamba estacionária
	Grande volume	A		Empilhamento mecanizado		Caminhão basculante
Alvenaria, concreto, argamassas e cerâmicos	Pequeno volume	A		Empilhamento manual	Carrinhos ou giricas	Caçamba estacionária
	Grande volume	A		Empilhamento mecanizado		Pá mecânica
Madeira	Fragmentos	B	Manual	Sacos / bombonas e baias	Manual	Caçamba estacionária ou caixa tipo roll on / roll off
	Peças maiores	B		Feixes e baias		

continua

continuação da Tabela 9

Identificação corriqueira (resíduos mais comuns)		Classe	Triagem	Acondicionamento inicial	Transporte interno	Acondicionamento final
Metal	Fragmentos de aço e arames	B	Manual	Sacos / bombonas e baias	Manual	Caçamba estacionária
	Latas vazias	B		Baias		
	Armaduras em demolições	B	Recorte e empilhamento mecanizado			Caixa tipo roll on/roll off
Papel e papelão		B	Manual	Sacos / bombonas, pequenos fardos e big bags	Manual	Abrigo coberto para dispor resíduos soltos ou contidos em big bags, associados ou não a caçamba estacionária ou caixa tipo roll on /roll off
Plástico		B	Manual	Sacos / bombonas e big bags	Manual	
Gesso (inclusive resíduos de drywall)		B	Manual	Sacos	Manual	Caçambas estacionária ou caixas tipo roll on/roll off, associadas ou não a baias preparadas em piso cimentado para formação das cargas
Resíduos não recicláveis e não perigosos		C	Manual	Sacos	Manual	Baia associada à caçamba estacionária
Amianto	Peças inteiras	D	Empilhamento manual sobre paletes		Mecanizado	Caminhão basculante
	Fragmentos	D	Manual	Big bags	Manual	
Solos contaminados	Pequeno volume	D	Manual	Sacos (após raspagem para mitigação com serragem)	Manual	No interior de bombona ou tambor em abrigo coberto, contido, ventilado e com acesso restrito associado à caçamba estacionária
	Grande volume	D	Empilhamento mecanizado			Caminhão basculante
Outros resíduos perigosos		D	Manual	Sacos (utilizar EPIs compatíveis para reduzir exposição a risco ocupacional)	Manual	No interior de bombona ou tambor em abrigo coberto, contido, ventilado e com acesso restrito associado à caçamba estacionária
Podas, vegetação e limpeza de terrenos	Pequeno volume	E	Empilhamento manual (após corte, capina ou roçada)			Caçamba estacionária
	Grande volume	E	Empilhamento mecanizado (após corte, capina ou roçada)			Caixa tipo roll on/roll off ou caminhão basculante
Resíduos orgânicos		E	Manual	Sacos	Manual	Contentores para lixo

FIGURA 41

RESÍDUOS DE ALVENARIA, CONCRETO E ARGAMASSAS EM CAÇAMBA ESTACIONÁRIA.



FIGURA 42

RETIRADA DE TERRA ARMAZENADA EM CAÇAMBA BASCULANTE.



FIGURA 43

BAIAS SINALIZADAS PARA ACONDICIONAR RESÍDUOS DE MADEIRA E METAL.



FIGURA 44

BAIA SINALIZADA PARA ACONDICIONAR RESÍDUOS DE MADEIRA JUNTO DA CARPINTARIA.



FIGURA 45

CAÇAMBA ESTACIONÁRIA CONTENDO RESÍDUOS DE MADEIRA.



FIGURA 46

CAIXA ROLL ON/ROLL OFF CONTENDO RESÍDUOS DE MADEIRA.



FIGURA 47
ABRIGO CONTENDO BIG BAGS
COM RESÍDUOS DE PAPEL E PLÁSTICO.



FIGURA 48
BIG BAGS APOIADOS EM SUPORTES PARA
ACONDICIONAR RESÍDUOS DE PAPEL E
PLÁSTICO EM ÁREA COBERTA.



FIGURA 49
BIG BAGS APOIADOS EM SUPORTES PARA
ACONDICIONAR RESÍDUOS DE PAPEL E
PLÁSTICO EM ÁREA COBERTA.



FIGURA 50
CAÇAMBA ESTACIONÁRIA CONTENDO
RESÍDUOS DE GESSO.



FIGURA 51
ABRIGO PARA RESÍDUOS PERIGOSOS, COM
BOMBONAS EM SEU INTERIOR.



FIGURA 52
ABRIGO PARA RESÍDUOS PERIGOSOS, SEPARADO DO
ABRIGO PARA PRODUTOS PERIGOSOS.



Há também possibilidade de integração dos dispositivos para acondicionamento na forma de central de resíduos compartimentada e sinalizada, Sendo necessário distinguir baias descobertas para acondicionamento de resíduos de metal e madeira, e abrigos cobertos para conter resíduos recicláveis classe B (papel e plástico) e resíduos perigosos (classe D), conforme apresenta a **FIGURA 53**.

FIGURA 53
CENTRAL DE RESÍDUOS INTEGRADA.



O padrão para sinalização em coleta seletiva instituído pela Resolução CONAMA nº 275/2001 deve ser considerado, conforme a **TABELA 4**. A **FIGURA 54** apresenta uma proposta do padrão presente na **TABELA 10**, considerando sua aplicação aos padrões observáveis de geração de resíduos no ambiente da construção civil.

TABELA 10
CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS POR CORES

Cor	Tipo de resíduo
Azul	Papel e papelão
Vermelho	Plástico
Verde	Vidro
Amarelo	Metal
Preto	Madeira
Laranja	Resíduos perigosos
Branco	Resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde
Roxo	Resíduos radioativos
Marrom	Resíduos orgânicos
Cinza	Resíduo não reciclável, misturado ou contaminado, não passível de separação

FIGURA 54
 PLACAS DE SINALIZAÇÃO (PADRÃO ADAPTADO PROPOSTO)



A distribuição dos dispositivos deve ser acompanhada pela sinalização dos espaços operacionais, com placas indicativas da posição de tais dispositivos. Assim, na **FIGURA 55** há um exemplo de modelo de placa indicando a distribuição dos dispositivos de acondicionamento inicial (bombonas) nos pavimentos tipo de um edifício em construção, com destaque para a necessidade de sinalizar cada pavimento. Na **FIGURA 56** apresenta-se outro modelo empregado para sinalização dos dispositivos em obra horizontal.

FIGURA 55
 MODELO PARA SINALIZAÇÃO DE OBRA VERTICAL.

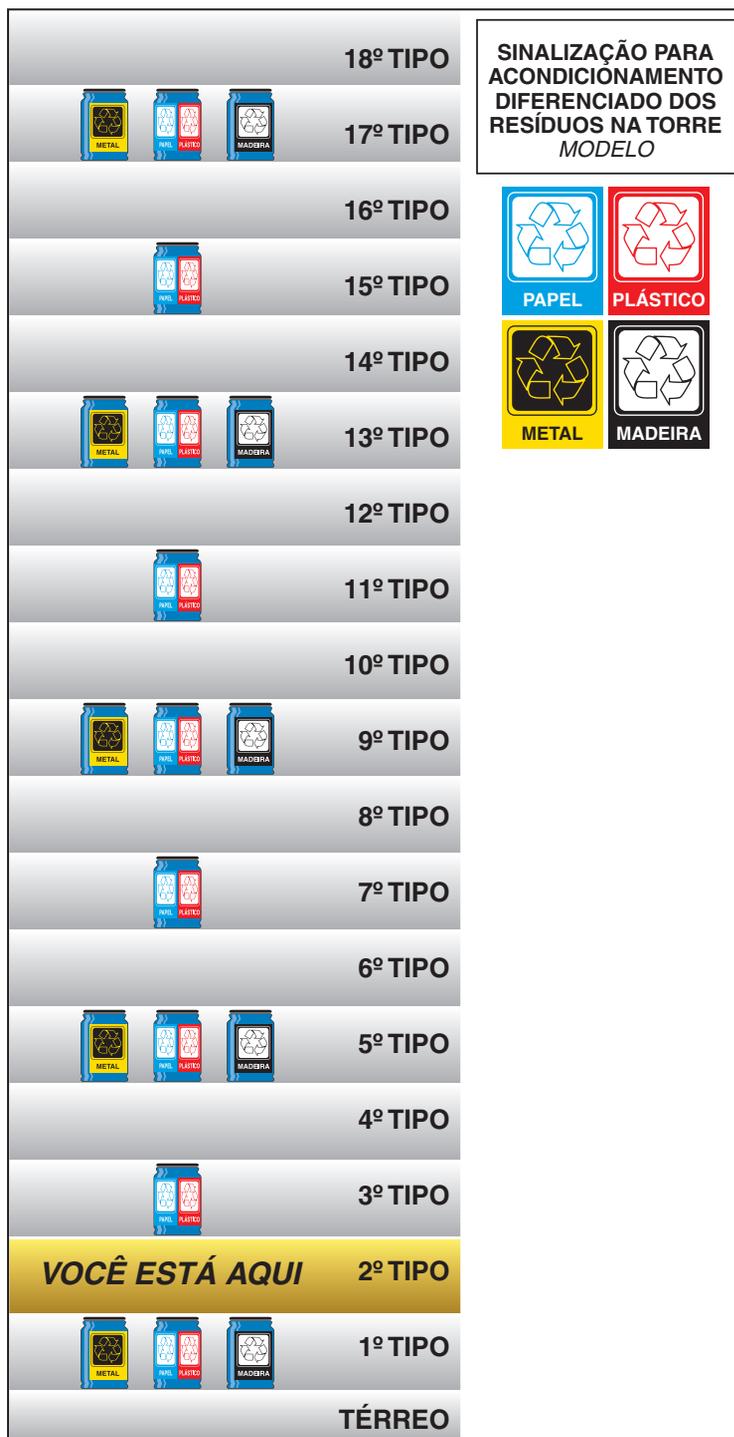
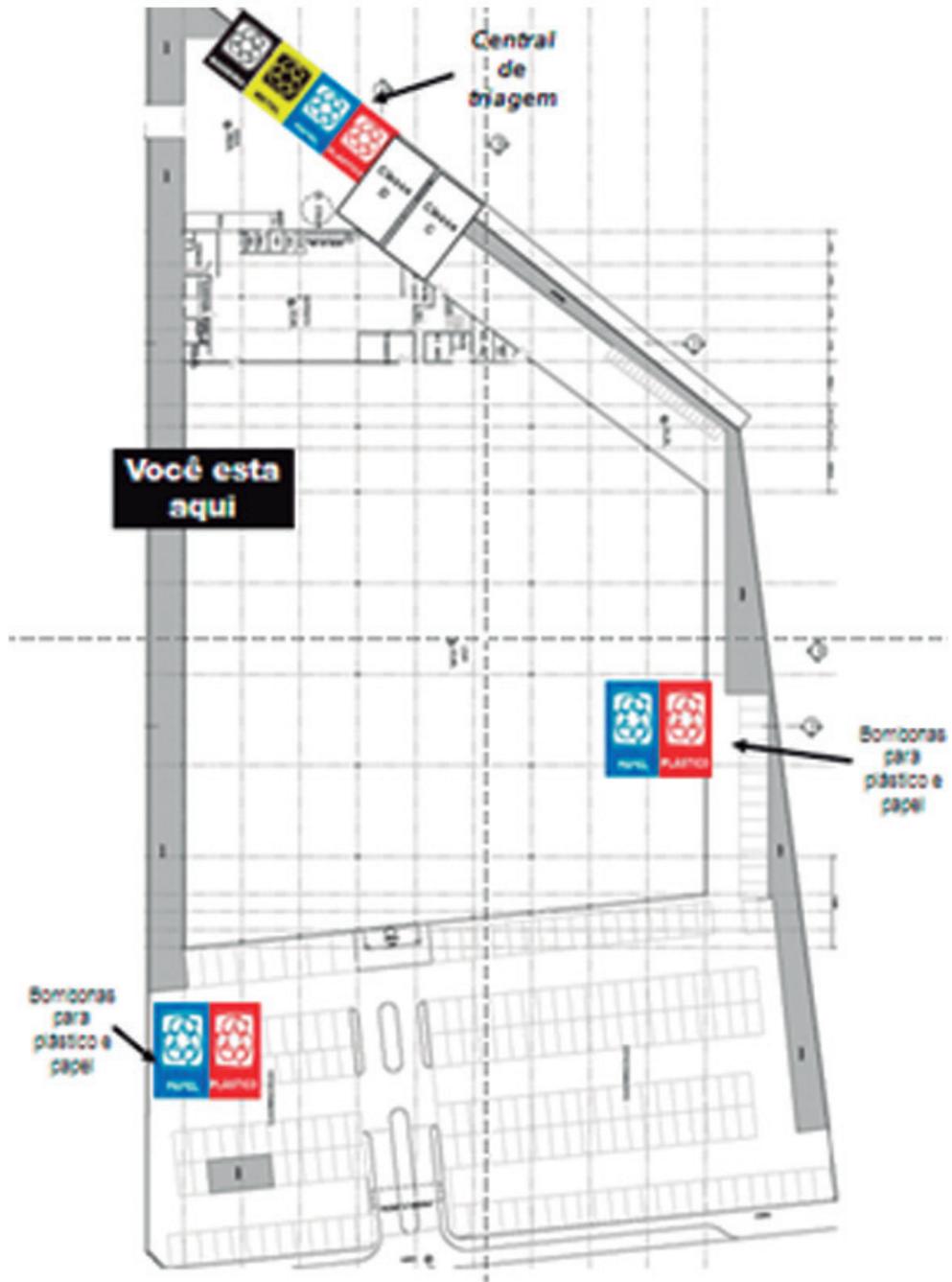


FIGURA 56
MODELO PARA SINALIZAÇÃO DE OBRA HORIZONTAL.



As FIGURAS 57 a 60 ilustram possíveis padrões, na forma de croquis, para construção de dispositivos para acondicionamento fixo (bairas e abrigos). Elas consideram posicionamento não integrado ou central única, e exemplificam dimensões e sinalização.

FIGURA 57
ABRIGO PARA RESÍDUOS DE PAPEL E PLÁSTICO (4,0 X 2,0 M).

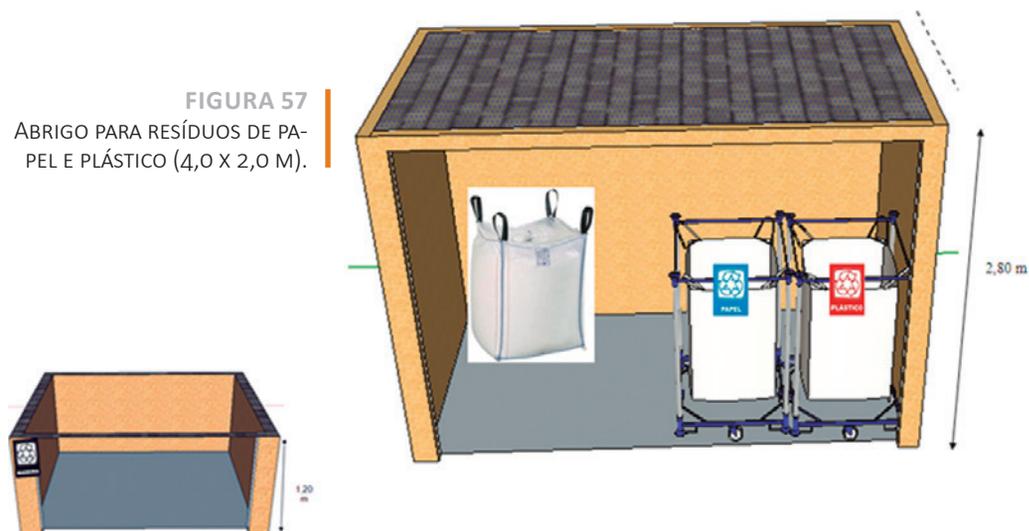


FIGURA 58
BAIRAS PARA ACONDICIONAR RESÍDUOS DE MADEIRA E DE METAL (3,0 X 2,0 M).

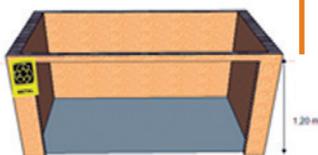


FIGURA 59
ABRIGOS PARA ACONDICIONAR RESÍDUOS PERIGOSOS (CLASSE D) - 2,0 X 2,0 M E NÃO RECICLÁVEIS / REJEITOS (CLASSE C) - 2,0 X 2,0 M.

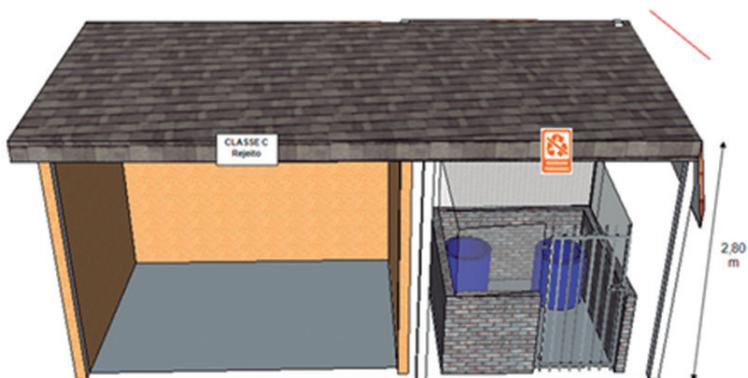


FIGURA 60
EXEMPLO DE ABRIGO INTEGRADO PARA ACONDICIONAR RESÍDUOS.

2.2.6 TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para contratação e fornecimento dos serviços especializados de coleta e transporte de RCC, devem ser requisitadas informações cadastrais (contrato social, cartão do CNPJ, registro na ANTT, endereço, telefone, contato e referências) e relativas à capacidade operacional (quantidade de veículos por tipo, de dispositivos para coleta de RCC e oferta de soluções próprias para destinar RCC). Para o transporte de resíduos perigosos (classe D), o transportador deverá apresentar Certificado de Regularidade (CR), comprovando inscrição no Cadastro Técnico Federal (CTF – Ibama).

Após a aprovação cadastral, a capacidade operacional para atender a demanda da contratante e a realidade do mercado local (informação do conjunto de empresas consultadas) devem ser referência, além dos preços oferecidos, na escolha entre postulantes a contratação.

Genericamente, serão compromissos contratuais a serem assumidos pela contratada junto ao grande gerador de resíduos: i) disponibilizar caçambas estacionárias em bom estado de conservação e vazias; ii) atender a legislação municipal vigente no que se refere a prestação dos serviços de coleta de RCC; iii) utilizar como destinatários dos resíduos coletados apenas empreendimentos licenciados e previamente qualificados pela contratante; iv) não dispor os resíduos coletados em encostas, lotes vagos, corpos d'água, áreas protegidas, bota-foras, áreas não licenciadas ou quaisquer outra forma de destinação inadequada segundo a legislação vigente; v) utilizar equipamentos condizentes com a natureza dos serviços, de modo a evitar o derramamento dos resíduos na via pública; vi) obedecer o padrão de sinalização exigível, nas caçambas estacionárias e no próprio veículo transportador, pela legislação, normas e regulamentos vigentes; vii) comprovar a destinação correta dos resíduos, apresentando os respectivos CTRs assinados e carimbados pelos destinatários e pelo próprio transportador, ou por registro em ambiente eletrônico para gestão compartilhada (plataforma Sigor, por exemplo); viii) não ceder os direitos de prestação dos serviços contratados em hipótese alguma a terceiros.

Para destinação dos RCC, os empreendimentos tipicamente especializados são as Áreas de Transbordo e Triagem (ATTs), os Aterros de RCC (classe A) e as Áreas de Reciclagem, que devem estar implantados e operar em conformidade com as condições estabelecidas, respectivamente, nas normas ABTN NBR nº 15.112:2004, 15.113:2004 e 15.114:2004. O pressuposto fundamental para validação de destinatários, é de regularidade operacional, expressa no licenciamento ambiental estadual (para Aterros de RCC e Usinas de Reciclagem) e alvará ou licença municipal para funcionamento no caso das ATTs. Deste modo, a escolha de destinatários deve ser orientada pela adoção de critérios aderentes aos requisitos das normas técnicas respectivas, conforme aspectos apresentados na **TABELA 11**.

Outros aspectos que devem ser incorporados na qualificação dos processos de destinação de RCC, não referidos nas normas são: i) Verticalidade – combinação diversificada de atividades correlatas, considerando transporte, transbordo e triagem, reciclagem e aterro de RCC classe A, que favoreçam a valoração dos RCC, configurando rotas diferenciadas e potencializando a dinâmica de formação de cargas de acordo com o tipo e classe de RCC; ii) Logística – vantagem por conta da proximidade entre geração e destino que possibilita redução das emissões e, possivelmente, dos custos de transporte; iii) Abrangência do atendimento – destinação concentrada, do conjunto de resíduos triados por classe e tipo, num mesmo destinatário, com capacidade operacional e que atenda requisitos de implantação, operação e gestão previstos nas respectivas normas.

TABELA 11

ASPECTOS A AVALIAR NA QUALIFICAÇÃO DE DESTINATÁRIOS DE RCC

Aspectos a considerar	Áreas de transbordo e triagem	Aterros de RCC	Usinas de reciclagem
Implantação	Comuns	Identificação, acessos, sinalização, isolamento, proteção ambiental, segurança (proteção contra incêndio e descargas atmosféricas, croquis / projeto, pavimentação e drenagem.	
	Particulares	Não há	Monitoramento hidrológico, estabilização de superfícies íngremes, distanciamento de núcleos populacionais, atendimento aos demais condicionantes para licenciamento.
Operação	Comuns	Identificação e inspeção das cargas, delimitação de pátio para descarga, compatibilidade dos estoques iniciais com capacidade operacional	
	Particulares	Triagem (equipe, equipamentos e dispositivos), formação de cargas após triagem (classes e tipos de resíduos), compatibilidade dos estoques finais com espaços disponíveis.	Modo de reservação para uso futuro e da disposição final para reconformação topográfica do terreno, acondicionamento temporário dos resíduos classes B, C ou D para transferência.
			Efetividade da triagem prévia ao processamento, produção dos agregados reciclados classificados, controle tecnológico sobre produção, compatibilidade dos estoques finais com espaços disponíveis (incluindo resíduos classe B, C ou D).
Gestão	Comuns	Existência dos registros em CTRs da totalidade das cargas recebidas, consolidação das entradas por período, tipo de resíduo e origem.	
	Particulares	Registros por CTR das saídas por período, tipo de resíduo e destinatário, qualificação dos destinatários finais (licenciamento ambiental, alvarás de funcionamento etc.).	Registros por CTR das saídas de resíduos não aterrados ou reservados, por período, tipo de resíduo e destinatário, qualificação dos destinatários finais (licenciamento ambiental, alvarás de funcionamento etc.).

Destacadamente, por força do disposto na Resolução SMA nº 56/2010, no Estado de São Paulo, é legítima a reutilização de solos em obras que necessitem realizar serviços de regularização topográfica, desde que amparadas, no município, por alvará, licença ou autorização referindo tal demanda.

Identificação dos requisitos urbanos locais para destinação dos resíduos da construção civil

O modelo para gestão dos RCC preconizado pela Resolução CONAMA nº 307/2002 e posteriormente confirmado e reforçado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, está centrado no papel dos municípios na elaboração e implantação dos Planos Integrados de Gestão dos RCC. No âmbito da atuação dos poderes executivo e legislativo municipais tem sido editadas leis, decretos, regulamentos, enfim, instrumentos para o regramento local, definindo condições específicas que alinham a cadeia regional formada por geradores, transportadores e destinatários de RCC. Embora, de modo geral, estabeleça-se o compromisso do grande gerador com o manejo e destinação dos RCC, deve ser consultada legislação local específica para identificar peculiaridades relativas à elaboração e apresentação do PGRCC e aos procedimentos de cadastramento e/ou licenciamento dos agentes que transportam e recebem resíduos em áreas especializadas para manejo e destinação. Será importante, neste contexto, identificar interlocutores que atuem localmente, representando empresas privadas (transportadores e destinatários), gestores públicos responsáveis diretos pela gestão dos RCC no município, associações de classe etc., para melhor compreensão da dinâmica local e reconhecimento das providências a serem tomadas para adequar a obra às posturas municipais.

Embora condicionados pela legislação municipal, os Controles de Transporte de Resíduos (CTRs) obedecem conteúdo padrão com as seguintes informações nos respectivos campos: i) razão social e CNPJ do gerador dos resíduos; ii) Endereço do local de geração e retirada dos resíduos; iii) descrição dos resíduos coletados; iv) volume (em m³) ou massa (em t) de resíduos coletados; v) data da retirada; vi) razão social, CNPJ e inscrição municipal do transportador; vii) razão social, CNPJ e endereço do destinatário; viii) assinaturas do gerador, transportador e destinatário. Caso a legislação municipal vigente obrigue a apresentação de outros dados além dos descritos, o formulário deverá ser adaptado para atendimento desta determinação. Também conforme a legislação municipal, deverá ser definida a quantidade de vias a serem emitidas, com ao menos três (vias) – gerador, transportador e destinatário e, possivelmente, uma via adicional para o órgão público que gerencia os RCC localmente. Ao gerador dos resíduos caberá manter arquivados os registros da destinação, considerando a necessidade de apresentá-los as equipes de fiscalização durante a obra ou em seu término aos órgãos públicos responsáveis por sua verificação.

Com a implantação de plataformas para gestão dos RCC, formulários impressos poderão ser substituídos por registros eletrônicos, referindo remessa de resíduos pelo gerador e recebimento pelos destinatários. Neste caso, as verificações dos registros são realizáveis por consulta dos usuários à plataforma.

Em relação aos resíduos perigosos, no Estado de São Paulo, necessariamente terá de ser obtido pelo gerador, antes da formação das cargas, o respectivo Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental (Cadri), referindo estimativas e tipos de resíduos que deverão ser gerados, além de nomear o respectivo destinatário (empresa licenciada para receber tais resíduos). As coletas só poderão ser feitas após a emissão do Cadri pela Cetesb. Segundo a NBR 13.221:2003, os geradores deverão informar em documento adicional de controle de resíduo as seguintes informações:

continua

continuação do box pág. 55

a) Sobre o resíduo: i) nome apropriado para o embarque (segundo Portaria nº 204 do Ministério dos Transportes); ii) estado físico; iii) classificação (segundo Portaria nº 204 do Ministério dos Transportes); iv) quantidade; v) tipo de acondicionamento (conforme anexo A desta Norma); vi) nº da Onu; vii) nº de risco; viii) tipo de embalagem;

b) Sobre o gerador, receptor e transportador do resíduo: i) atividade; ii) razão social; iii) endereço; iv) telefone; v) e-mail;

c) Nome da pessoa com respectivo telefone para contato em caso de emergência.

Também deve ser anexado ao documento, ficha de emergência que acompanhará a carga até o destinatário. As embalagens devem ter rótulos de segurança e risco (conforme dispõe a NBR 7.500).

Cientes da dificuldade de formar carga de resíduos perigosos, com quantidade suficiente para o envio diretamente às áreas licenciadas para o recebimento, estes podem ser encaminhados às Áreas de Transbordo e Triagem que estejam aptas a receber os resíduos. Neste caso, os resíduos devem ser encaminhados às ATTs acompanhados do documento Controle de Transporte de Resíduos (CTR) e estas áreas irão formar cargas suficientes e encaminhar à área de destinação como recicladoras, áreas de recebimento de resíduos perigosos, etc. acompanhadas do respectivo Cadri.

3. SISTEMA ESTADUAL DE GERENCIAMENTO ONLINE DE RESÍDUOS SÓLIDOS (SIGOR) - MÓDULO CONSTRUÇÃO CIVIL

O Sigor é uma ferramenta com objetivo de auxiliar o gerenciamento das informações referentes aos fluxos de resíduos sólidos no Estado de São Paulo, desde sua geração até sua destinação final, incluindo o transporte e destinações intermediárias. O sistema envolve, além dos órgãos estaduais, os municípios, os geradores, os transportadores e as áreas de destino de resíduos.

Em 2013, a Secretaria do Meio Ambiente, o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP) e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), estabeleceram um convênio que tem como objetivo criar ações conjuntas visando a consolidação do processo de desenvolvimento sustentável no setor de construção civil. Por meio deste convênio foi proposta a criação do **Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos (Sigor)**.

Instituído pelo Decreto Estadual nº 60.520, em 5 de junho de 2014, o Sigor será implantado por módulos (resíduos dos serviços de saúde, de transporte, agrossilvopastoris, industriais, sólidos urbanos, de mineração e saneamento) de maneira progressiva, sendo o primeiro o de resíduos da construção civil.



O Módulo Construção Civil foi estabelecido pela Resolução SMA nº 81, de 06 de Outubro de 2014, e tem como objetivo gerenciar as informações referentes aos fluxos de resíduos da construção civil no Estado de São Paulo, da sua geração à destinação final, passando pelo transporte. Sua correta utilização assegura que os resíduos gerados sejam transportados por empresas cadastradas/legalizadas e destinados a locais devidamente licenciados/legalizados, permitindo, assim, que os resíduos tenham destinos ambientalmente adequados.

O sistema foi desenvolvido com base nas diretrizes estabelecidas nas Políticas Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos, na Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações.

A adoção do Sigor - Módulo Construção Civil tanto pelo setor público como o privado trará uma série de benefícios, sendo eles:

- Fornecimento de dados em todas as etapas da gestão dos resíduos;
- Facilidade ao acesso de informações;
- Agilidade na emissão e no controle de documentação (PGRCC e CTR);
- Desburocratização no controle de documentação;
- Rastreamento dos resíduos em todas as etapas;
- Regularização dos Transportadores;
- Emissão de relatórios com dados e indicadores atualizados;
- Transparência para os órgãos governamentais.

O Sigor - Módulo Construção Civil consiste em uma plataforma eletrônica que permitirá a elaboração dos Planos de Gerenciamento de Resíduos (PGRCC) por parte dos geradores de resíduos da construção civil e a emissão dos CTRs. As áreas de destino que receberem os resíduos deverão dar baixa nos CTRs.

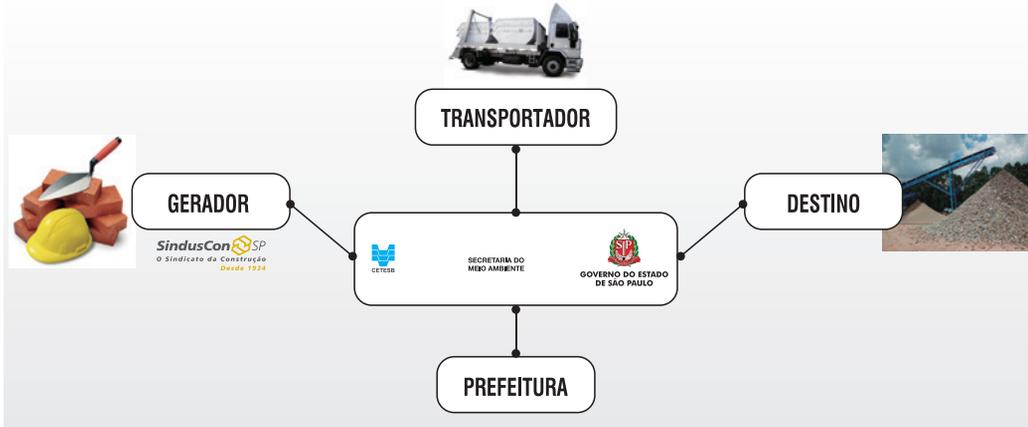
Por meio do Sigor, a Cetesb e as Prefeituras, dentro de suas competências, validarão os cadastros das áreas de destinação, dos transportadores e os Planos de Gerenciamento de Resíduos elaborados pelos geradores. Desta forma, o Sigor propiciará agilidade e desburocratização de procedimentos administrativos.

O Sigor - Módulo Construção Civil possui ainda a funcionalidade para emissão de relatórios, entre eles o de dados para elaboração do Inventário de Resíduos e do Sistema Declaratório Anual, uma das exigências da Política Nacional e da Política Estadual de Resíduos Sólidos.

Para a sociedade como um todo, o site do Sigor terá um papel fundamental na prestação de serviços, pois, disponibilizará um amplo banco de dados com informações como a relação de transportadores cadastrados nos municípios, a relação de áreas de destinação por tipo de resíduos que estão licenciadas a receber, legislação e normas referentes aos resíduos de construção, manuais, publicações e a divulgação de eventos e treinamentos.

O Sigor - Módulo Construção Civil está sendo implantado gradualmente a partir de 2014 para todo o Estado e será administrado pela Cetesb. O sistema possui um ambiente específico para cada usuário: Cetesb, prefeitura, gerador, transportador e destino, cada qual com suas funcionalidades e responsabilidades dentro do sistema.

FIGURA 62
USUÁRIOS DO SIGOR- MÓDULO CONSTRUÇÃO CIVIL



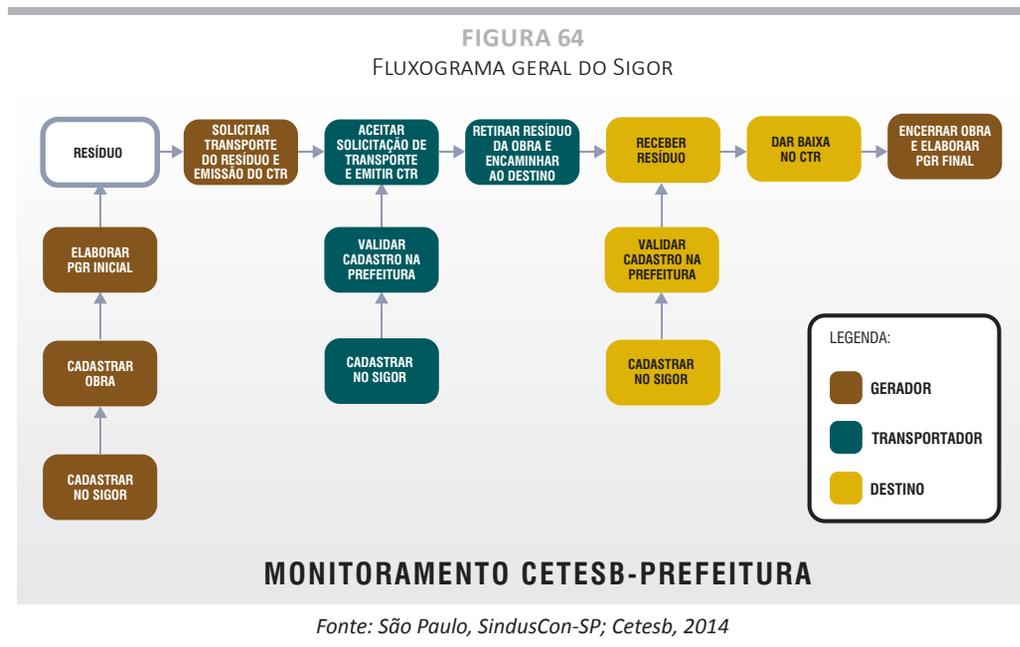
Fonte: Cetesb

FIGURA 63
FOLHETOS COM ORIENTAÇÕES SOBRE O SIGOR



Fonte: Cetesb

A seguir, apresentamos o fluxo geral do Sigor e algumas de suas funcionalidades conforme **FIGURA 64**:



Assim que um município aderir ao Sigor, por meio de solicitação feita à Cetesb, a prefeitura deve se cadastrar no sistema, dando início ao fluxo. O cadastro dos demais usuários (Gerador, transportador e destino) só será permitido após o cadastramento do município.

O usuário prefeitura será responsável por validar o cadastro dos transportadores e das áreas de destinação, conforme **TABELA 12**, e também pela validação dos Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), quando estabelecido pela lei municipal. A partir deste momento, a prefeitura poderá monitorar e fiscalizar o fluxo de resíduos informado no sistema.

TABELA 12
RESPONSABILIDADE DE VALIDAÇÃO DE DESTINOS

Validação de destinos

Cetesb	Prefeitura
Área de transbordo de resíduos (exceto de RCC e volumosos)	ATT – Área de Transbordo e Triagem de RCC e volumosos
Aterro de resíduo não perigoso - Classe II	ONG – Organização Não Governamental
Aterro de resíduo perigoso - Classe I	Outra obra
Aterro de resíduo - Classe A	Sucateiro intermediário
Aterro sanitário	PEV - Ponto de Entrega Voluntária
ATT - Área de Transbordo e Triagem, associada à recicladora	
ATT - Área de Transbordo e Triagem, associada ao aterro de resíduo classe A	
Coprocessamento em fornos de cimento	
Estação de tratamento de esgoto	
Formulação de “blend” de resíduos	
Incinerador	
Incorporação em solo agrícola	
Neutralização	
Outras destinações	
PEV - Ponto de entrega voluntária, associado à recicladora	
PEV - Ponto de entrega voluntária, associado ao aterro de resíduo classe A	
Reciclagem externa de RCC classe A	
Reprocessamento de óleo lubrificante (inclui rerrefino)	
Reutilização/reciclagem externa, exceto classe A	
Reutilização/reciclagem interna	
Tratamento biológico: biopilhas	
Tratamento térmico sem combustão (autoclave, microondas, ETD)	
Tratamento térmico: dessorção térmica	
Usina de compostagem	
Utilização em caldeira	
Utilização em forno industrial (exceto em fornos de cimento)	

Assim como a prefeitura, também caberão ao usuário Cetesb o monitoramento do fluxo dos resíduos, a responsabilidade pela validação de áreas de destinação e validação de PGRCC, nos casos sujeitos ao licenciamento ambiental estadual.

Transportador

Poderá se cadastrar como usuário transportador pessoas físicas ou jurídicas contratadas para a coleta e transporte de resíduos entre o gerador e as áreas de destinação. Ao se cadastrar, o transportador deverá informar o tipo de resíduos que está autorizado a trabalhar. Caso ele encaminhe resíduos da construção civil para um município diferente do informado no Sigor, este município também deverá se cadastrar no sistema.

Destino

Para o usuário destino, poderão se cadastrar pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, que recebem os resíduos provenientes da construção, reparo, demolição, preparação e escavação de terrenos. Caso o local de operação da área de destino estiver em outro Estado, o órgão licenciador do Estado de São Paulo solicitará da mesma que encaminhe uma manifestação, que autorize o recebimento de resíduos provenientes do Estado de São Paulo.

Os geradores são pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem resíduos da construção civil. A fase inicial do sistema tem como foco os grandes geradores de resíduos.

O gerador terá como responsabilidade o cadastro da obra nova, reforma e/ou demolição, informando a área, o tipo de empreendimento (público, privado, ou público/privado), o tipo de construção (leve ou pesada), incluindo os documentos aprovados em órgão municipal e ambiental e informando o executor do serviço. Em seguida, caberá ao gerador elaborar o PGRCC inicial e atualizá-lo de acordo com as etapas e o andamento da obra até a sua conclusão, quando será necessário elaborar o PGRCC final.

Serão disponibilizados dois modelos de PGRCC para que o gerador opte pelo mais adequado. O primeiro modelo é o *Global*, no qual será necessário informar apenas a data de início e do fim da obra. Já o modelo *Por fase* solicitará as datas de acordo com as fases de pré-execução, execução e desmobilização.

Além disto, também será possível detalhar o PGR de duas maneiras. No detalhamento *Por origem/etapa*, os resíduos deverão ser listados de acordo com a etapa ou origem que serão gerados, sendo eles: canteiro/habitação, refeitório/banheiro/ambulatorio, administração, apoio, manutenção/oficina/veículos, central de pré-moldado/usina de concreto, central de armação, central de carpintaria, área industrial, frente de serviço, demolição, supressão vegetal/limpeza do terreno, terraplanagem, desmobilização, entre outros. Já o detalhamento *Simplificado* solicitará apenas a inclusão de todos os resíduos que serão gerados ao longo da obra e/ou demolição, independente da etapa ou origem.

FIGURA 65⁽¹⁾

EXEMPLO DE TELAS DE PGRCC INICIAL: MODELO GLOBAL E DETALHAMENTO SIMPLIFICADO

The screenshot displays the Sigor web application interface. At the top, there are logos for CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), sigor (sistema estadual de gerenciamento online de resíduos sólidos), and Gr GERADOR. A navigation menu includes Gerador, Cadastro, Normas/Legislação, Obra, PGR, CTR, Relatórios, and Usuários. The main content area is titled "PGR – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – n° 141251".

Dados do Gerador

CNPJ: 28.684.473/0001-74
 Razão Social: Gerador 1
 Nome Fantasia: Gerador 1
 Código CNAE: 4211-1/01
 Email: gerador1@areias.com.br
 Nome Responsável Legal: Arthur Alves
 CPF Responsável Legal: 523.835.885-71

Atividade CNAE: Construção de rodovias e ferrovias
 Telefone: (19)3133-6575

Dados da Obra

CNPJ: 94.234.556/0001-96
 Nome da Obra: Estação Ferroviária de Areias
 Endereço: Estrada dos Andraadas, 1110 -Areial - AREIAS - CEP: 45.498-543
 Telefone: (19)3123-3493
 Nome do Responsável Técnico:
 CPF do Responsável Técnico:

Coordenada Geográfica

DATUM: SIRGAS2000 UTM-N: 398479834 UTM-E: 938274483 Fuso 22

Características da Obra

Área total a construir – Prefeitura (m²): 15000,00
 Volume de solo à destinar (m³): 300,00
 Tipo de Empreendimento: Público

Área a demolir (m²): 1000,00
 Volume de solo à receber (m³): 100,00
 Obra: Pesada Transporte

Documentos aprovados em Órgão Municipal

#	Tipo Documento	Competência	Número Documento	Data de Expedição	Data de Validade	Órgão Expedidor
141	Alvará		0943543	02/02/2015	01/02/2020	Secretaria de Obras

Documentos aprovados em Órgão Ambiental, Estadual e/ou Federal

#	Licença	Número do Documento	Data de Expedição	Data de Validade	Órgão Expedidor
141	LICENÇA INSTALAÇÃO	4895438	05/02/2015	04/02/2020	CETESB

Usuário Gestor do PGR

#	CPF	Nome	Tipo de Registro Profissional	Número do Registro Profissional
372	310.623.026-64	Adriana Pereira	CREA	93845747

Visualizar dados do PGR

continua

(1) As figuras 65 a 67 são telas extraídas do Sigor – Módulo Construção Civil para exemplificar os modelos de PGRCC e de CTR. Os dados utilizados são meramente ilustrativos. Mais informações sobre o Sigor estão disponíveis no site: <http://cetesb.sp.gov.br/sigor/>.

continuação da Figura 65



CETESB
Companhia Ambiental do Estado de São Paulo



sigor
sistema estadual de gerenciamento online de resíduos sólidos



Gr
GERADOR



Ajuda Sair

Gerador
Cadastro
Normas/Legislação
Obra
PGR
CTR
Relatórios
Usuários

PGR – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – nº141251

Tipo
Global

Início da Obra 10/02/2015 **Fim da Obra** 10/10/2018

Detalhamento
Simplificado

Descrição	Unidade	Quantidade	Armazenamento	Destinação
Areia e Brita	m³	3	Capamba sem cobertura	Reciclagem externa de RCC Classe A
Alumínio	m³	5	Capamba sem cobertura	Reciclagem externa exceto resíduos Classe A
Ferro e aço	m³	8	A granel em solo, área coberta (bacia)	Reutilização/Reciclagem Interna
Absorventes, materiais filtrantes contaminados por substâncias perigosas (incluindo filtros de óleo, panos de limpeza e vestuário de proteção, EPIs),	m³	1	Tambor em piso impermeável, área coberta	Formulação de "blend" de resíduos

Informações Complementares

Descrever práticas de reciclagem e reutilização de resíduos da obra

Descrição do Empreendimento

Outras Informações

PGR sujeito a Validação da CETESB
 Sim Não

PGR sujeito a Validação da CETESB
 Sim Não

Nº Guia de Recolhimento **Nº Protocolo**

PGR sujeito a Validação da CETESB
 Sim Não

PGR sujeito a Validação da CETESB
 Sim Não

Nº Guia de Recolhimento **Nº Protocolo**

Dados dos Executores da Obra			
Razão Social / Nome	CNPJ / CPF	Nome do Responsável Técnico	CPF do Responsável Técnico
Construtora Areias	516.573.240-10	Álvares Dias	81.625.477/0001-64
Construareias	278.194.755-52	Alexandre Leal	55.780.755/0001-48

Responsável Gestor do CTR

Cpf	Nome	Número PGR	Tipo de Registro Profissional	Registro Profissional
Nenhum registro encontrado.				

Imprimir

Fonte: SIGOR

FIGURA 66

EXEMPLO DE TELAS DE PGRCC INICIAL: MODELO POR FASE E DETALHAMENTO POR ORIGEM/ETAPA



CETESB
Companhia Ambiental do Estado de São Paulo








Gerador
Cadastro
Normas/Legislação
Obra
PGR
CTR
Relatórios
Usuários

PGR – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – nº 141252

Dados do Gerador

CNPJ: 28.684.473/0001-74 Razão Social: Gerador 1 Nome Fantasia: Gerador 1 Código CNAE: 4211-1/01 Email: gerador1@areias.com.br Nome Responsável Legal: Arthur Alves CPF Responsável Legal: 523.835.885-71	Atividade CNAE: Construção de rodovias e ferrovias Telefone: (19)3133-6575
---	---

Dados da Obra

CNPJ: 94.234.556/0001-96
 Nome da Obra: Estação Ferroviária de Areias
 Endereço: Estrada dos Andradas, 1110 - Areal - AREIAS - CEP: 45.498-543
 Telefone: (19)3123-3493
 Nome do Responsável Técnico:
 CPF do Responsável Técnico:

Coordenada Geográfica

DATUM: SIRGAS2000	UTM-N: 398479834	UTM-E: 938274483	Fuso 22
-------------------	------------------	------------------	---------

Características da Obra

Área total a construir – Prefeitura (m²): 15000,00 Volume de solo à destinar (m³): 300,00 Tipo de Empreendimento: Público	Área a demolir (m²): 1000,00 Volume de solo à receber (m³): 100,00 Obra: Pesada Transporte
---	--

Documentos aprovados em Órgão Municipal

#	Tipo Documento	Competência	Número Documento	Data de Expedição	Data de Validade	Órgão Expedidor
141	Alvará		0943543	02/02/2015	01/02/2020	Secretaria de Obras

Documentos aprovados em Órgão Ambiental, Estadual e/ou Federal

#	Licença	Número do Documento	Data de Expedição	Data de Validade	Órgão Expedidor
141	LICENÇA INSTALAÇÃO	4995430	05/02/2015	04/02/2020	CETESB

Usuário Gestor do PGR

#	CPF	Nome	Tipo de Registro Profissional	Número do Registro Profissional
372	310.623.026-64	Adriana Pereira	CREA	93045747

Visualizar dados do PGR

continua

continuação da Figura 66



CETESB
Companhia Ambiental do Estado de São Paulo



sigor
CONSTRUÇÃO CIVIL
sistema estadual de gerenciamento online de resíduos sólidos



Gr
GERADOR



Ajuda Sair

Gerador Cadastro Normas, Legislação Obra PGR CTR Relatórios Usuários

PGR – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – n°141252

Tipo
Por Fase

Detalhamento
PorOrigem/Etapa

Estimativa de Resíduos

Origem / Etapa da Obra	Descrição	Unidade	Quantidade	Armazenamento	Destinação
Estrutura	Resíduos de cimento (cimento, argamassa, concreto, blocos e pré-moldados e artefatos de cimento)	m³	8	Caçamba com cobertura	Aterro de resíduo classe A
Vedação	Ferro e aço	m³	3	Caçamba sem cobertura	Sucateiro intermediário
	Solos e rochas não contendo substâncias perigosas	m³	10	A granel em solo, área descoberta (baia)	Outra obra

Informações Complementares

Descrever práticas de reciclagem e reutilização de resíduos da obra

Teste

Descrição do Empreendimento

Línear

Outras Informações

Teste

PGR sujeito a Validação da CETESB

Sim Não

PGR sujeito a Validação da PREFEITURA

Sim Não

N° Guia de Recolhimento **N° Protocolo**

94385 87548

Dados dos Executores da Obra

Razão Social / Nome	CNPJ / CPF	Nome do Responsável Técnico	CPF do Responsável Técnico
Construtora Areias	516.573.240-10	Álvaro Dias	81.625.477/0001-64
Construareias	270.194.755-52	Alexandre Leal	55.780.755/0001-48

Responsável Gestor do CTR

Cpf	Nome	Número PGR	Tipo de Registro Profissional	Registro Profissional
Nenhum registro encontrado.				

Imprimir

Fonte: SIGOR

Uma vez validado o PGRCC, inicia-se a etapa de coleta dos resíduos a partir da solicitação do Controle de Transporte de Resíduos (CTR) por parte do gerador. O CTR é um documento comprobatório de que o resíduo foi entregue para um destino adequado. Para solicitar o CTR, o gerador terá acesso à lista de transportadores validados pela prefeitura e de áreas de destinação licenciadas por tipo de resíduo, conforme apresentado na **TABELA A.3**, que apresenta uma lista ampliada de resíduos de construção classificada de acordo com:

- Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações
- Instrução normativa 13/2012 e 01/2013 do Ibama.
- ABNT/NBR 10.004:2004.

Além disso, a tabela também indica quando da necessidade de obtenção de Cadri para o transporte dos resíduos. A versão mais atualizada desta tabela está disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/sigor>.

O gerador deverá preencher o CTR indicando o tipo de resíduo, a quantidade, selecionar o transportador e o destino. Caberá ao transportador aceitar o CTR solicitado e, somente após a emissão deste no sistema, o transportador poderá retirar o resíduo no gerador e encaminhá-lo para o destino indicado. O destino, ao receber o resíduo, deverá verificar se o tipo e a quantidade de resíduo estão de acordo com os dados informados no CTR. Caso esteja, o destino dará a baixa do CTR no Sigor.

O sistema prevê a possibilidade do transportador e do destino rejeitarem a solicitação de um CTR. Isto pode ocorrer por diversos motivos que fogem ao escopo do sistema. Neste caso, o gerador poderá editar o CTR, alterando o transportador e/ou o destino selecionado.

Será possível o acompanhamento do fluxo dos CTRs solicitados, o status de cada um será representado por cores. A cor verde representa o fluxo considerado completo, ou seja, o CTR foi solicitado, transportado e destinado de maneira correta, dentro do prazo estipulado pelo sistema. A cor amarela indica que o fluxo possui alguma pendência, e o vermelho indicará que o transportador e/ou o destino rejeitaram o CTR solicitado. Haverá um prazo para que os usuários façam as alterações e/ou forneçam as justificativas necessárias, reestabelecendo o fluxo da maneira correta. Para que o gerador possa encerrar o PGRCC final, todos os CTRs emitidos deverão estar regularizados.

FIGURA 67
EXEMPLO DE TELA DE CTR



CETESB
Companhia Ambiental do Estado de São Paulo



sigor
sistema estadual de gerenciamento online de resíduos sólidos



Gr
GERADOR




Ajuda Sair

Gerador Cadastro Normas/Legislação Obra PGR CTR Relatórios Usuários

CTR – Controle de Transporte de Resíduos – n° 219

Número do PGR:

Dados da Obra

Nome Obra: CNPJ:

Endereço:

Telefone:

Dados do Gerador

Razão Social / Nome: CNPJ / CPF:

Dados do(s) Executor(es)

Nome / Razão Social: CNPJ / CPF:

Dados do Transportador

Nome / Razão Social: CNPJ / CPF:

Número Cadastro Prefeitura:

Endereço:

Telefone:

Dados da Área de Destinação

Razão Social / Nome: CNPJ / CPF:

Endereço:

Telefone:

continua

continuação da Figura 67

Descrição dos Resíduos

Descrição do Resíduo	Unidade	Qtidade Encaminhada Pela Obra	%	Etapa da Obra
Resíduos de cimento (cimento, argamassa, concreto, blocos e pré moldados e artefatos de cimento)	m³	1,00	0,00	Estrutura

CADR:

Dados do Veículo

Basculante
 Caminhão Baú
 Caminhão Compactador
 Caminhão Tanque
 Furgão
 Poli-Guindaste Simples

Poli-Guindaste Duplo
 Poli-Guindaste Triplo
 Roll-On
 VUC - Veículo Urbano de Carga
 Outros

Placa: Número da Caçamba:

Histórico CTR

Status	Responsável	Razão Social	Data	Justificativa
Solicitado	gerador1@areias.com.br	Gerador 1	06/08/2015	

Data da Solicitação do CTR – Responsável (Gerador):

Responsável: _____

Data do Aceite e Emissão do CTR – Responsável (Transportador):

Responsável: _____

Data da Saída da Obra – Responsável (Gerador):

Responsável: _____

Data da Entrega Declarada pelo Transportador – Responsável (Transportador):

Responsável: _____

Data da Baixa no Destino – Responsável (Destino):

Responsável: _____

Imprimir
Cancelar CTR

Fonte: SIGOR

TABELA A.3
LISTA AMPLIADA DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

CLIQUE AQUI E ACESSE (EM PDF)

4. BIBLIOGRAFIA

- NBR 15.113:2004: *Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.* Rio de Janeiro, 2004.
- NBR 15.112:2004: *Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.* Rio de Janeiro, 2004.
- NBR 15.114:2004: *Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.* Rio de Janeiro, 2004.
- NBR 10004:2004: *Resíduos sólidos – Classificação.* Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13221:2003: Transporte Terrestre de Resíduos. Rio de Janeiro, 2004.

Brasil. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução no 275, de 25 de abril de 2001 : Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.

Brasil. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 07 de agosto 2015.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Ibama. Instrução Normativa no 13 de 18 de dezembro de 2012.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Ibama. Instrução Normativa no 6 de 15 de março de 2013.

Brasil. Ministério do Trabalho. NR-15 – Atividades e operações insalubres. Anexo 12 – Limites de tolerância para poeiras minerais. Disponível em: http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF43234B23D6/nr_15_anexo12.pdf. Acesso em: 27 de julho de 2015

Brasil. Ministério do Trabalho. NR-18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. Disponível em: [http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080814CD7273D014D350CBF47016D/NR-18%20\(atualizada%202015\)limpa.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080814CD7273D014D350CBF47016D/NR-18%20(atualizada%202015)limpa.pdf). Acesso em: 27 de julho de 2015

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, págs. 95-96.

Câmara da Indústria da Construção. Guia de Sustentabilidade na Construção. Belo Horizonte: FIEMG, 2008.

MIRANDA, L.F.R, ÂNGULO, S.C, CARELI, E.D. A Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil: 1986 – 2008. Revista Ambiente Construído. Porto Alegre, 2008.

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolições; MIRANDA, L.F.R. Pesquisa setorial da reciclagem de resíduos da construção e demolição no Brasil. 2013.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria do Meio Ambiente. Gerenciamento on line de resíduos da construção civil. São Paulo, 2014.

São Paulo (Estado) Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA nº 056, de 10 de junho de 2010. Altera procedimentos para o licenciamento das atividades que especifica e dá outras providências.

São Paulo (Estado), Secretaria do Meio Ambiente; Cetesb, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; SindusCon-SP, Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. Sistema Estadual de Gerenciamento online de Resíduos Sólidos – SIGOR: Gestão pelos grandes geradores (Folheto). São Paulo, 2014.

São Paulo (Estado). Lei Estadual nº 12.300, de 16 de março de 2006. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/files/2012/09/2006_Lei_12300.pdf. Acesso em 07 de agosto de 2015.

São Paulo (Estado). Resolução SMA nº 056, de 10 de junho de 2010. Altera procedimentos para o licenciamento das atividades que especifica e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 11 de junho de 2010. Seção 1, p.33. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/resolucao/2010/2010_res_est_sma_56.pdf. Acesso em 04 de ago 2015.

Pires, M.C. (coord.); Silva, A.C.M.A; Marker, A.; Figueirinha, F.R.; Silva, F.A.N; Lúcio, H.A.M.; Soares, L.; Sánchez, L.E.; Camargo, L.E.de O.; Moliterno, M.; Mello, R.; Gabas, S.G. Guia para avaliação do potencial de contaminação em imóveis. São Paulo: Cetesb: GTZ, 2003.

PARTE 2

REÚSO E RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO EM CANTEIRO DE OBRAS



1. ESTIMAR E MINIMIZAR A GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Indicadores de geração de resíduos permitem estimar, ainda em projeto, os volumes de materiais esperados. Os indicadores são variáveis, pois dependem de cada projeto, da presença ou não de processos construtivos racionalizados e das tecnologias construtivas. A seleção dessas condicionantes podem minimizar a geração, algo que deve ser inicialmente perseguido, antes mesmo de um processo de reciclagem.

Os indicadores apresentados a seguir foram obtidos de acordo com o **ANEXO A**. Os mesmos representam, em grande parte, obras de múltiplos pavimentos (contendo subsolos) convencionais (maioria de uso residencial), que utilizam estrutura de concreto armado moldada in loco, vedação em alvenaria de blocos, revestimento em argamassa cimentícia ou de gesso, e pisos cerâmicos (áreas laváveis).

1.1 INDICADORES DE GERAÇÃO DE SOLO

O volume de solo gerado decorre da etapa de implantação do projeto, que na maioria dos casos, é de responsabilidade da incorporadora. Do ponto de vista técnico, como a construtora tem o papel de executora, há pouca possibilidade de intervenção em projetos para propor soluções que reduzam a geração de solo. Do ponto de vista econômico, também não há incentivos para a redução de geração deste recurso, pois o solo não é considerado uma matéria-prima que deva ser adquirida pelas construtoras, mas sim um excedente, que é transferido de uma obra para outra sem custo. A forma de manipulação mais comum do solo é a sua escavação e transporte. Nessas atividades dificilmente ocorre desperdício de material, apenas do seu potencial de uso. Do ponto de vista ambiental, quando o solo não está contaminado, não há etapas de processamento do solo, apenas manipulação (escavação e transporte). Não ocorrendo a mistura de solo orgânico com o inorgânico, o impacto ambiental dessa atividade se restringe ao uso de máquinas escavadeiras e caminhões para o transporte do material. Existem, portanto razões para considerá-lo uma classe a parte de material (prática adotada neste relatório), sem classificá-lo necessariamente como resíduo.

O volume de solo gerado pelas obras foi muito variável (**FIGURA 1**), entre 500 m³ a 35.000 m³ para as obras analisadas, pois depende do projeto e do local escolhido. Em muitas obras pesquisadas, o total chegou a ser muitas vezes superior aos demais resíduos gerados pela obra, pois é comum a presença de subsolos nos edifícios de múltiplos pavimentos. Como a remoção do solo ocorre logo nas primeiras fases da obra, ele acaba sendo removido de 3 a 9 meses, a partir do início da obra.

Como esse tipo de atividade não é padronizado, os indicadores de geração de solos obtidos também foram bastante variáveis, entre 0,031 e 0,983 m³/m² de área construída (**TABELA 1**). Indicadores encontrados em outros estudos (Solís-Gusman, 2009; Begum et al., 2010) estão dentro da faixa desse levantamento.

FIGURA 1

GERAÇÃO DE RESÍDUOS NAS OBRAS, CLASSIFICADOS EM SOLOS E OUTROS MATERIAIS
DUAS OBRAS NÃO INCLUÍRAM O SOLO NO BALANÇO DOS SEUS RESÍDUOS

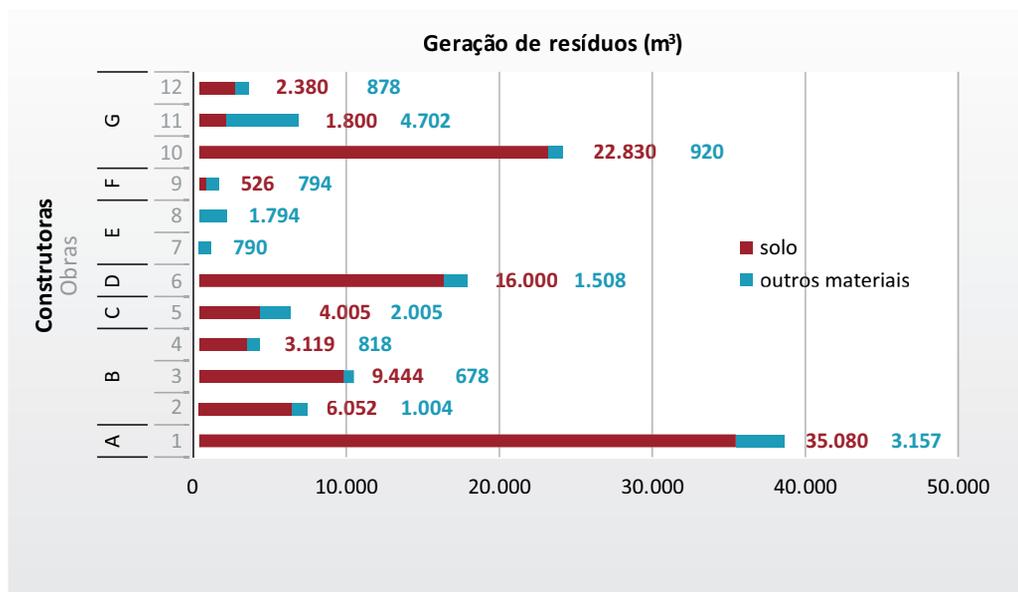


TABELA 1

INDICADORES DE GERAÇÃO DE SOLOS NOS EDIFÍCIOS
AS OBRAS E7 E E8 NÃO INFORMARAM O VOLUME DE SOLO

Construtoras	Obras	Volume de solo (m³)	Área construída (m²)	Indicador (m³/m²)
A	1	35.080	35.671	0,983
B	2	6.052	11.269	0,537
	3	9.444	12.627	0,748
	4	3.119	34.105	0,091
	5	4.005	20.514	0,195
D	6	16.000	24.426	0,655
F	9	526	6.198	0,085
G	10	22.830	24.500	0,932
	11	1.800	58.000	0,031
	12	2.380	10.825	0,220
Mediana		5.029	22.470	0,378
Max		35.080	58.000	0,983
Min		526	6.198	0,031

Para as obras analisadas, o indicador de geração de solo foi mais influenciado pela quantidade de subsolos e tamanho do pavimento-tipo dos edifícios (TABELA 2 e FIGURA 2). Esses resultados indicam que as decisões do projeto da obra podem reduzir em quase 30 vezes o indicador de geração de solo (m³/m²). A estratégia de maior potencialidade é eliminar o uso de subsolos (para vagas de garagem), utilizar os sobrosolos (com prejuízos urbanísticos) (obras G11 e C5). O uso de estratégias de corte e aterro, e definições de cotas a partir de ruas internas ou vias de circulação interna entre edifícios, tem potencial de reduzir em 50-60% o indicador de geração de solo de escavação (obra G12), quando comparada a obra de porte semelhante (B2).

TABELA 2

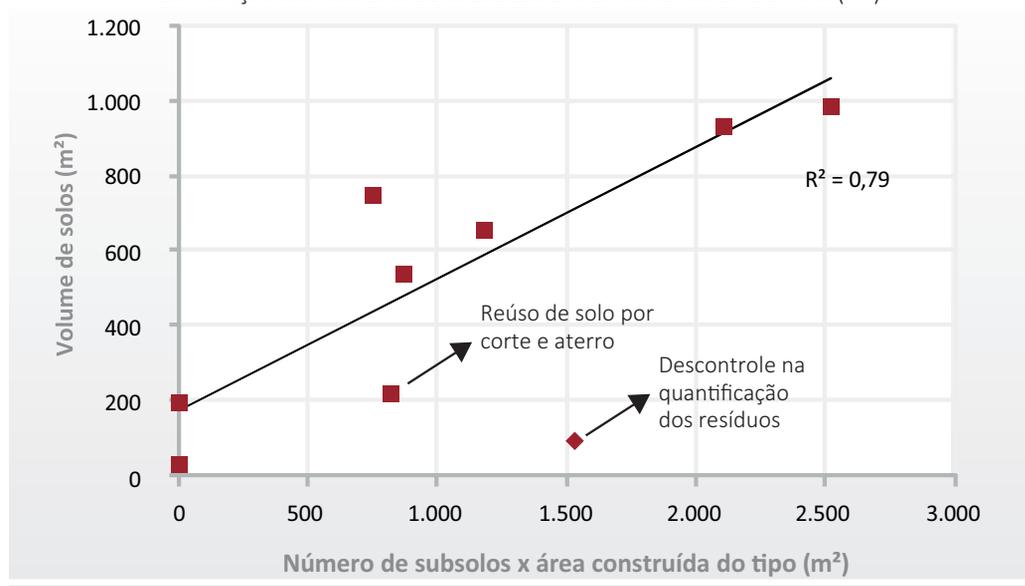
CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS E INDICADOR DE GERAÇÃO DE SOLO
A OBRA F9 FOI DESCONSIDERADA (NÃO INFORMOU A ÁREA DO PAVIMENTO-TIPO)

Obras	Torres (un)	Subsolos (un)	Pavimentos	Pavimento-tipo (m ²)	Indicador de solo (m ³ /m ²)
G11	2	-	12	1.400	0,031
B4	3	2	8	767	0,091 (**)
C5	1	-	27	552	0,195
G12	1	2	15	410	0,220 (*)
B2	1	2	17	434	0,537
D6	1	2	22	590	0,655
B3	1	2	20	375	0,748
G10	1	2	14	1.054	0,932
A1	1	3	26	840	0,983

(*) reuso de solo na obra através do controle de corte e aterro. (**) houve descontrole na quantificação dos resíduos

FIGURA 2

INDICADOR DE GERAÇÃO DE SOLOS DE ESCAVAÇÃO (M³/M²)
EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE SUBSLOS E ÁREA CONSTRUÍDA DO TIPO (M²).



1.2 INDICADORES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS (EXCLUINDO O SOLO)

A **TABELA 3** apresenta, em ordem crescente, a área construída dos edifícios analisados, considerando-se também as características de área e número dos pavimentos-tipo, e número de torres. A área construída afetou diretamente o volume de resíduos gerados na obra (**FIGURA 3**), conforme já observado preliminarmente por Dias (2013). O volume de resíduos variou de 678 a 4.702 m³. A relação encontrada tem validade para a construção de edifícios convencionais (sem uso em larga escala de tecnologias de pré-fabricação).

Como a maior parte dos resíduos da obra é de materiais cimentícios e cerâmicos existe também, para a construção de edifícios convencionais de múltiplos pavimentos, uma relação direta entre o volume desses resíduos e a área construída (**FIGURA 4**).

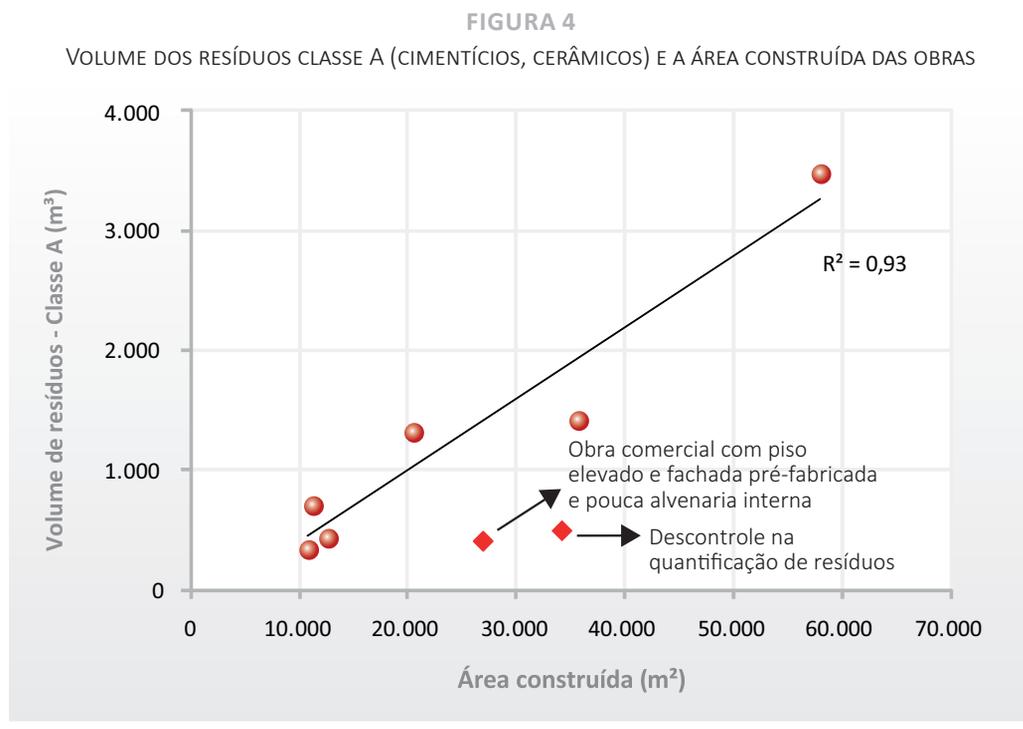
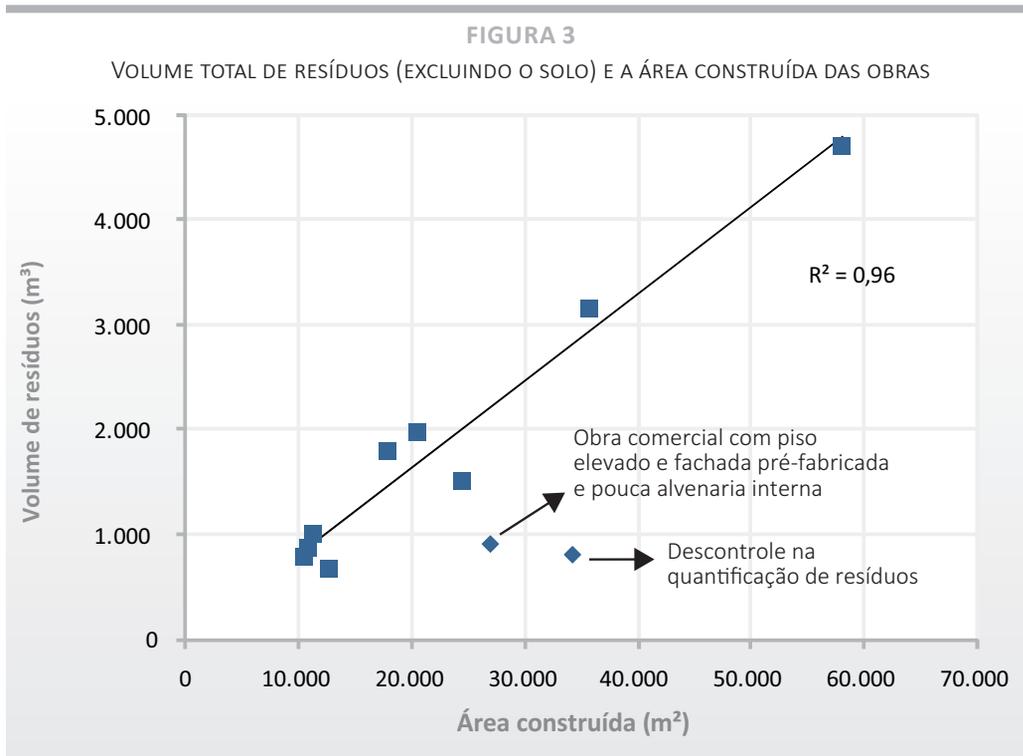
Os serviços de execução da estrutura de concreto armado, da alvenaria, dos revestimentos cimentícios e dos acabamentos cerâmicos são os que mais contribuem para a geração de resíduos classe A (Souza et al., 2004).

TABELA 3

RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS E O VOLUME DE RESÍDUOS GERADOS (EXCLUINDO O SOLO)
A OBRA F9 FOI DESCONSIDERADA (NÃO INFORMOU ÁREA DO PAVIMENTO-TIPO)

Obras	Número de torres	Número de pavimentos-tipo	Área do pavimento-tipo	Área construída (m ²)	Volume de resíduos (m ³)
E7	4	14	468	10.482	790
G12	1	15	380	10.825	878
B2	1	17	434	11.269	1.004
B3	1	20	375	12.627	678
E8	6	15	534	17.831	1.794
C5	1	27	552	20.514	2.005
D6	1	22	590	24.426	1.508
G10	1	14	1.054	26.847	920 (*)
B4	3	8	767	34.105	818 (**)
A1	1	26	840	35.671	3.157
G11	2	12	1.400	58.000	4.702

(*) piso elevado e fachada com painéis pré-fabricados. (**) houve descontrole na quantificação dos resíduos.



Como o resíduo de madeira é em grande parte usado como fôrmas e escoramentos das estruturas de concreto, o volume de concreto consumido na obra afeta diretamente o volume de resíduo de madeira gerado pela obra (FIGURA 5). Revestimentos em gesso vêm progressivamente substituindo os revestimentos em argamassa. Assim, o volume de resíduos de gesso depende da quantidade desse tipo de serviço realizado na obra (FIGURA 6).

FIGURA 5

CONCRETO CONSUMIDO NA OBRA E OS RESÍDUOS DE MADEIRA GERADOS PELA OBRA
A OBRA QUE GEROU VOLUME DE MADEIRA ACIMA DOS DEMAIS USA ESCORAS EM MADEIRA

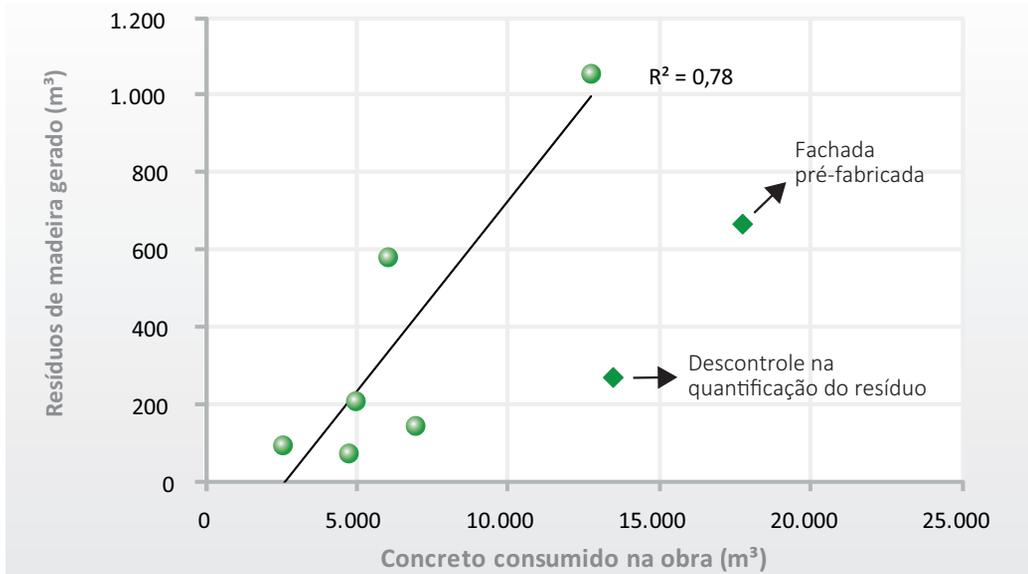
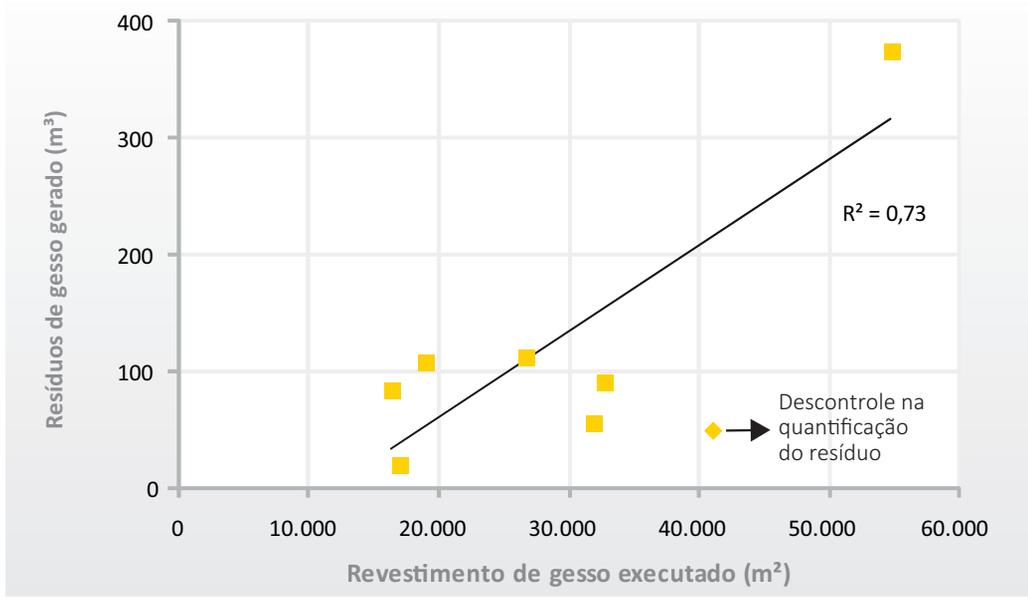


FIGURA 6

REVESTIMENTO DE GESSO EXECUTADO NA OBRA E OS RESÍDUOS DE GESSO GERADOS



Existe uma importante relação entre os serviços realizados, os materiais consumidos e os resíduos gerados (Souza; Deana, 2007).

A **TABELA 4** apresenta os indicadores de geração de resíduos (excluindo o solo) das obras analisadas. Resíduos cimentícios e cerâmicos (mediana de 0,040 m³/m²) e os resíduos de madeira (mediana de 0,013 m³/m²) são os resíduos mais importantes gerados nas obras, seguido do gesso (mediana de 0,007 m³/m²), embalagens plásticas e de papel (mediana de 0,004 m³/m²) e as sobras de metais (vergalhões, latas de tintas vazias etc) (mediana de 0,004 m³/m²). Há menor disponibilidade de dados para resíduos cujos indicadores são baixos (papel, plástico, metais), provavelmente devido a dificuldade para medição ou porque grande parte desses resíduos é doada, antes do final da obra, não sendo, em muitos casos, transportada e quantificada (em caçambas) como as demais, pois podem, em alguns casos, passar por processos não formalizados.

TABELA 4
INDICADORES DE GERAÇÃO (M³ DE RESÍDUO/M² DE ÁREA CONSTRUÍDA)
(EXCLUINDO O SOLO) PARA AS OBRAS

Construtoras	Obras	Resíduos (excluindo o solo)						TOTAL
		Cimento e Cerâmica	Madeira	Gesso	Papel e plástico	Metais	Outros (misto, classe D)	
A	1	0,040	0,030	0,010	0,008	0,001	0,000	0,089
	2	0,063	0,019	0,007	n.q.	n.q.	0,000	0,089
B	3	0,035	0,006	0,009	0,004	n.q.	0,000	0,054
	4	0,015	0,008	0,001	0,002	n.q.	0,000	0,026 (****)
C	5	0,064	0,028	0,004	0,001	(*)	0,000	0,097
D	6	0,024	0,024	0,003	0,002	n.q.	0,009	0,062
E	7	0,037	0,014	0,008	0,008	n.q.	0,008	0,075
	8	0,065	0,007	0,007	0,004	n.q.	0,017	0,101
F	9	0,067	0,054	n.q.	0,004	0,004	0,000	0,128
G	10	0,015 (**)	0,005	0,001	0,006	0,005	0,001	0,033
	11	0,060	0,011	0,001	0,005	0,003	0,001	0,081
	12	0,031 (***)	0,009	0,010	0,019	0,010	0,001	0,081
Mediana		0,040	0,013	0,007	0,004	0,004	-	0,081
Max		0,067	0,054	0,010	0,019	0,010	-	0,128
Min		0,015	0,005	0,001	0,001	0,001	-	0,033

n.q. – não quantificado. (*) Aço pré-cortado e pré-dobrado (sem perda). (**) piso elevado, fachada pré-fabricada, pouca alvenaria interna. (***) parede interna com drywall. (****) descontrolado na quantificação dos resíduos.

A **TABELA 5** compara os indicadores de geração de resíduos encontrados em diferentes estudos. Dados a respeito de indicadores ainda são pontuais. Poucos estudos realizam investigações sistemáticas sobre as causas dessas variações. No estado de Minas Gerais, foram obtidos indicadores de geração de resíduos de 0,079 a 0,121 m³/m² de área construída para três obras residenciais convencionais (estrutura de concreto armado e alvenaria de blocos) de múltiplos pavimentos (Couto Neto, 2007). No estado do Rio Grande do Sul, foi encontrada uma variação de indicadores de geração de resíduos de 0,050 a 0,370 m³/m² de área construída em 20 obras concluídas de múltiplos pavimentos (Dias, 2013).

Para edifícios com estruturas de concreto armado e paredes de alvenaria, os dados brasileiros obtidos até o presente mostram uma variação entre 0,030 e 0,300 m³ de resíduos/m². A ampla faixa de variação mostra o potencial que as empresas têm para minimizar a geração de resíduos e a magnitude potencial dos benefícios econômicos e ambientais.

Há, em parte, imprecisão de medidas. O indicador de geração de resíduos em unidade de volume é afetado pelas condições de armazenamento e forma da caçamba na obra, além de detalhes como o tamanho do resíduo, particularmente madeira. É difícil medir o volume das caçambas, pois a superfície superior das mesmas não é perfeitamente nivelada, além de haver discrepâncias nítidas no dimensionamento das caçambas fornecidas pelas empresas que efetuam esse serviço. Certamente o registro da geração de resíduos como unidade de massa é mais precisa e facilitaria a estimativa do impacto econômico dos resíduos (em termos de custo dos materiais), assim como a contabilização de indicadores ambientais em relatórios de sustentabilidade ou em processos de certificações.

Os valores mais baixos estão associados ao uso de fachada pré-fabricada, piso suspenso pré-fabricado, uso de divisórias leves em gesso acartonado, dentre outros. Outros fatores também podem influenciar, como o número de pavimentos-tipo, que define a quantidade máxima de reutilizações da fôrma – (a qualidade desta, dos materiais, as práticas de gestão etc., também devem ser levadas em consideração). Cada projeto tem suas peculiaridades. Além disso, a presença de atividades de demolição nos canteiros de obra aumenta significativamente o indicador de geração de resíduos, caso seja incluída na análise.

Os dados internacionais variam entre 0,064 e 0,210 m³/m² para edifícios mais próximos da realidade brasileira (Malia, 2013 e Li et al., 2013) e entre 0,025-0,090 m³/m² para edifícios industrializados (Lachimpadi et al., 2012). Existe, portanto coerência com os brasileiros e com os dados deste estudo, embora as faixas aqui sejam mais amplas.

Na China, foi estimado em um edifício de múltiplos pavimentos a geração que, com base na composição informada dos resíduos, equivale a ~0,100 e 0,210 m³/m² (Li et al., 2013). Naquele país existe uma tradição no uso de madeira e bambu em estruturas provisórias de escoramentos, guarda-corpos, andaimes fachadeiros, que geram quantidades elevadas de resíduo.

TABELA 5

VARIAÇÃO DOS INDICADORES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS (M^3/M^2),
EXCLUINDO-SE O SOLO, EM DIFERENTES ESTUDOS

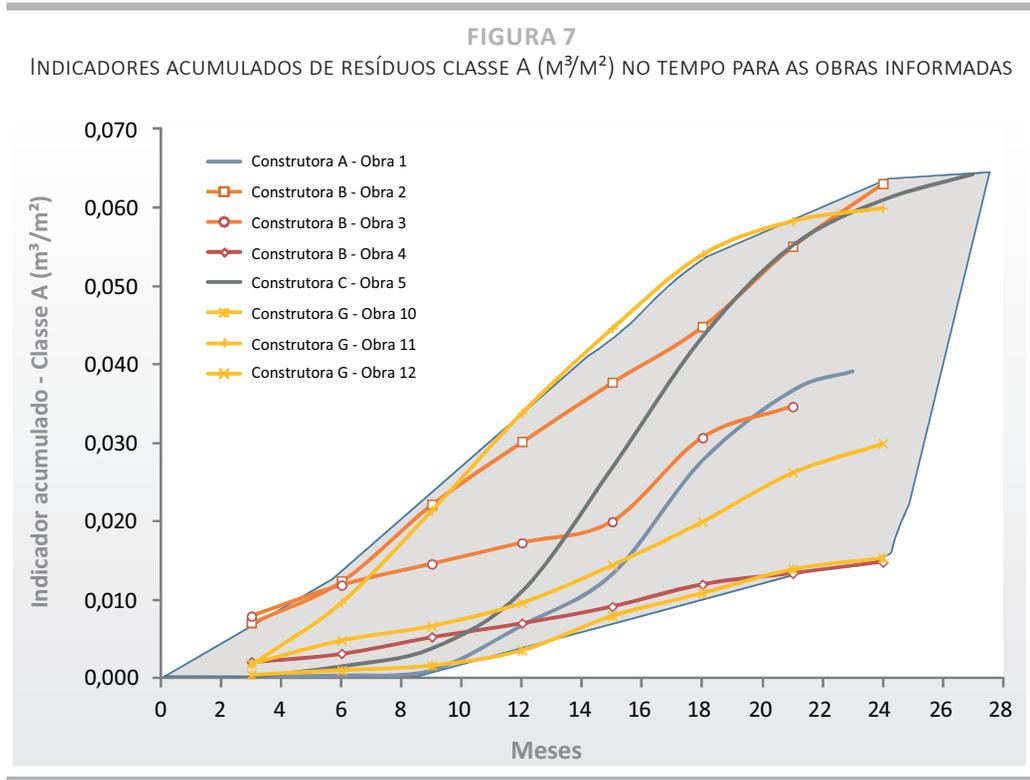
Resíduos (m^3/m^2)	País	Características das obras	Fonte
0,033-0,128	Brasil	Edifícios com vários pavimentos (uso residencial). Estrutura de concreto armado, alvenaria de blocos e revestimentos diversos (argamassa, gesso e cerâmica). Alguns edifícios tem modulação de projeto, divisórias leves de gesso acartonado, paredes de concreto pré-fabricadas.	Este estudo
0,079-0,121	Brasil	Edifícios com vários pavimentos (uso residencial).	Couto Neto (2007)
0,050-0,370	Brasil	Edifícios com vários pavimentos (uso desconhecido). Estrutura de concreto armado, alvenaria de blocos ou tijolos (com ou sem modulação de projeto, estrutural ou não), podendo conter alguns componentes ou sistemas industrializados (escadas pré-fabricadas, divisórias leves de gesso acartonado).	Dias (2013)
0,173-0,295	Brasil	Edifícios com vários pavimentos (uso comercial). Estrutura de concreto armado, alvenaria de blocos (vedação interna) e revestimentos (cerâmica e rocha), podendo conter fachada industrializada não aderida em alumínio e vidro e demolições de edificações antigas.	Silvério (2014)
0,122-0,222	Brasil	Edifícios com poucos pavimentos (condomínios horizontais, escolas, agências bancárias), podendo conter demolições de edificações antigas no local.	Carelli (2008)
0,064-0,180	Diversos países	Edifícios de concreto armado, com alvenaria de blocos.	Malia (2013)
0,100-0,210	China	Edifícios com vários pavimentos, com alvenaria de blocos.	Li et al. (2013)
0,025-0,092	Malásia	Edifícios com vários pavimentos, contendo diferentes sistemas construtivos industrializados (vedações pré-moldadas, escadas, módulos de banheiros).	Lachimpadi et al. (2012)

1.2.1 CIMENTÍCIOS E CERÂMICOS (CLASSE A)

O indicador de geração de resíduos cimentícios e cerâmicos variou de 0,015 a 0,067 m^3/m^2 . Esses valores estão coerentes com a faixa de variação encontrada por Mália (2008), a partir de um amplo levantamento de indicadores publicados na bibliografia. Foram encontrados indicadores de geração de resíduos de concreto de 0,018-0,032 t/m^2 (0,015-0,027 m^3/m^2) e resíduos de alvenaria de 0,019 a 0,059 t/m^2 (0,024-0,073 m^3/m^2)⁽¹⁾. Esses, resíduos, quando somados, variam de 0,039 a 0,100 m^3/m^2 .

(1) Indicador em volume (m^3/m^2) = Indicador em massa (t/m^2) / Densidade aparente (t/m^3) da Tabela A.2.
Densidade aparente do concreto = 1,20 t/m^3 . Densidade aparente da alvenaria = 0,8 t/m^3 .

A **FIGURA 7** apresenta os indicadores de geração de resíduos acumulados ao longo do tempo para oito obras informadas, das doze analisadas. Os resíduos cimentícios e cerâmicos estão presentes em todas as fases da obra (fundação, estrutura, vedação e acabamento) e os indicadores acumulados de geração podem ser utilizados como instrumento para gerenciamento e controle das obras.



A presença de obras geotécnicas não pré-fabricadas (muros de arrimo, por exemplo) na etapa de fundação pode contribuir para o aumento desse indicador. As etapas de execução da fundação e da estrutura corresponderam ao intervalo de 9 a 12 meses, a partir do início do cronograma. Ao final da etapa de fundação e estrutura, foram identificados indicadores de geração de resíduos cimentícios e cerâmicos acumulados de 0,003 a 0,030 m^3/m^2 . Katz e Baum (2011) obtiveram uma média de $\sim 0,012 m^3/m^2$.

Ao final das etapas de vedação e acabamento, os indicadores de geração de resíduos cimentícios e cerâmicos acumulados variaram de 0,012 a 0,067 m^3/m^2 , devido à presença de várias atividades que produzem maior quantidade de resíduos, tais como execução em alvenaria de blocos, revestimentos de argamassas, contrapisos, revestimentos cerâmicos etc. (**FIGURA 8**).

O indicador de geração de resíduos cimentícios e cerâmicos na fase de vedação e acabamento foi superior ao obtido na de fundação e estrutura. Katz e Baum (2011) também confirmaram esse aumento. Nesta fase de obra, esses autores costumam encontrar indicadores médios de geração de 0,029 m^3/m^2 , mas podendo chegar a 0,050 m^3/m^2 , semelhante ao observado para as obras analisadas.

Na Malásia, Lachumpadi et al. (2012) obtiveram um indicador de resíduos cimentícios e cerâmicos na ordem de $0,030 \text{ t/m}^2$ (ou $0,030 \text{ m}^3/\text{m}^2$)⁽²⁾ para edifícios de múltiplos pavimentos convencionais (concreto armado moldado in loco, alvenaria etc). Por meio de investigações realizadas em canteiros de obra, os autores ainda constataram ser possível reduzir o indicador para $0,011 \text{ m}^3/\text{m}^2$, através de vedações pré-moldadas, escadas, módulos de banheiros etc, valor identificado nas obras que utilizaram elementos pré-fabricados. Indicadores reduzidos de resíduos cimentícios e cerâmicos também podem ser obtidos por reciclagem na obra.

FIGURA 8

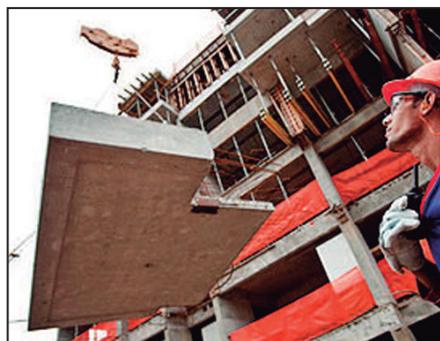
REMOÇÃO DE RESÍDUOS DE ALVENARIA E DE REVESTIMENTO EM OBRA (A);
E USO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS PARA MINIMIZAR A GERAÇÃO DESSES RESÍDUOS (B)

A



Fonte: <http://comunidade.maiscomunidade.com/>

B



Fonte: <http://equipedeobra.pini.com.br/>

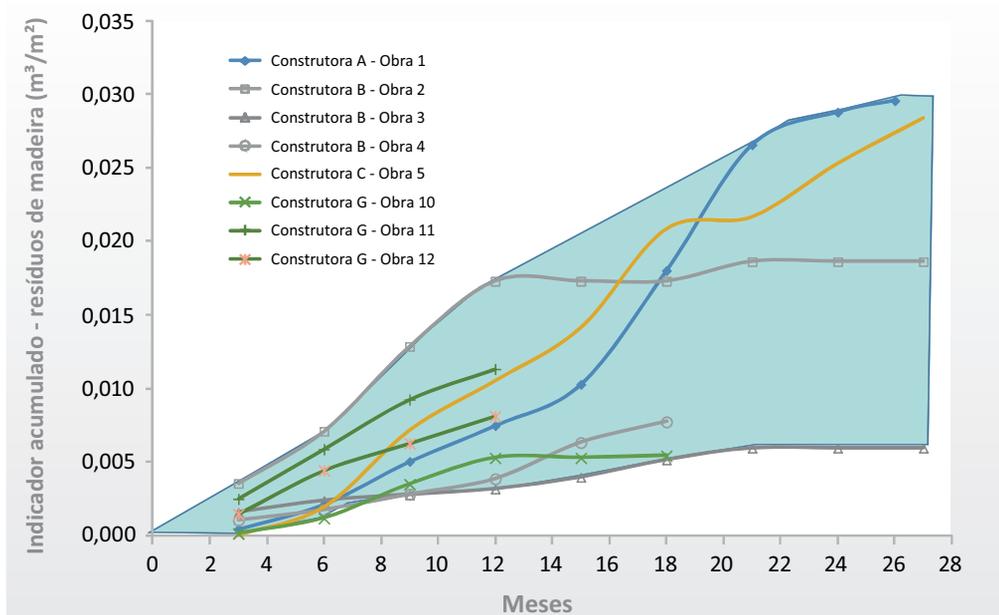
1.2.2 MADEIRA (CLASSE B)

Os indicadores de geração de resíduos de madeira das obras analisadas variaram de $0,005$ a $0,054 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Mossmann (2011), a partir de levantamento bibliográfico brasileiro de obras de múltiplos pavimentos convencionais, indicou uma variação de $0,020$ a $0,080 \text{ m}^3/\text{m}^2$. A partir de dados de Lachumpadi et al. (2012), foi estimada uma faixa de variação de $0,0004$ a $0,008 \text{ t/m}^2$ ($0,002$ a $0,038 \text{ m}^3/\text{m}^2$) para edifícios de múltiplos pavimentos que empregaram fôrmas e outras estruturas temporárias de madeira (como escoramentos e bandejas) até estruturas e elementos pré-fabricados. Assim, a variação do indicador encontrada nas obras analisadas está coerente com o intervalo de variação identificado na literatura. O resíduo de madeira tem representatividade em massa significativamente menor se comparada aos resíduos cimentícios e cerâmicos.

A **FIGURA 9** apresenta os indicadores acumulados de resíduos de madeira no tempo para as 8 obras informadas das 12 obras analisadas. Os resíduos de madeira podem ser gerados em praticamente todas as etapas da obra; porém, para a maioria das obras analisadas, grande parte desse resíduo é retirado ao final da etapa de execução da estrutura, alguns meses antes do final da obra.

(2) Indicador em volume (m^3/m^2) = Indicador em massa (t/m^2) / Densidade aparente (t/m^3). A densidade aparente dos resíduos cimentícios e cerâmicos foi considerada $1,00 \text{ t/m}^3$, uma média entre a densidade aparente do resíduo de concreto e a do resíduo de alvenaria, informadas pela Tabela A.2.

FIGURA 9

INDICADORES ACUMULADOS DE RESÍDUOS DE MADEIRA (M^3/M^2) NO TEMPO PARA AS OBRAS INFORMADAS

Há indícios, pelas obras analisadas, que o uso de fôrmas de madeira já na etapa de fundação pode aumentar o indicador acumulado para aproximadamente $0,005 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Ao final da etapa de estrutura, o indicador acumulado pode variar entre $0,005$ a $0,015 \text{ m}^3/\text{m}^2$, a depender de como a estrutura é executada. Redução significativa neste indicador pode ser alcançada por meio do uso de escoramentos e elementos provisórios de proteção metálicos, e do planejamento de corte, modulação e reúso de fôrmas etc.

Ao final da etapa de acabamento, o indicador pode chegar a $0,030 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Para algumas obras, é somente nesta etapa que grande parte das fôrmas pode começar a sair da obra; pois primeiro servem como bandejas de proteção de fachadas, entre outros elementos provisórios da fachada, para depois saírem como resíduos de madeira.

Quanto às estratégias de minimização da geração de resíduos, o armazenamento compacto (sem vazios) reduz o volume de resíduos de madeira na obra (**FIGURA 10 A**) e o uso de transporte até o local de reciclagem. A falta de controle no armazenamento pode ser uma das causas para a grande variabilidade encontrada nos indicadores desse resíduo.

Outro fator que afeta o indicador de geração de madeira é o uso de elementos de proteção provisórios das estruturas (escoramentos, guardas-corpo, andaimes fachadeiros) (Poon et al., 2001). Os escoramentos metálicos (**FIGURA 10 B**) possuem maior durabilidade e podem ser reaproveitados em diversas obras. Ao substituir os escoramentos de madeira, ocorre uma redução no indicador de geração de resíduos de madeira das obras. O uso de componentes pré-fabricados e a eliminação de elementos provisórios de madeira reduziram em quase 50% o indicador de geração de resíduos de madeira (Lachumpadi et al., 2012; Jaillon et al., 2013).

FIGURA 10

RESÍDUO DE MADEIRA ESTOCADO EM OBRA (A). USO DE ESCORAMENTO METÁLICO (B)



A - Nas obras atuais há grande concentração de madeira compensada



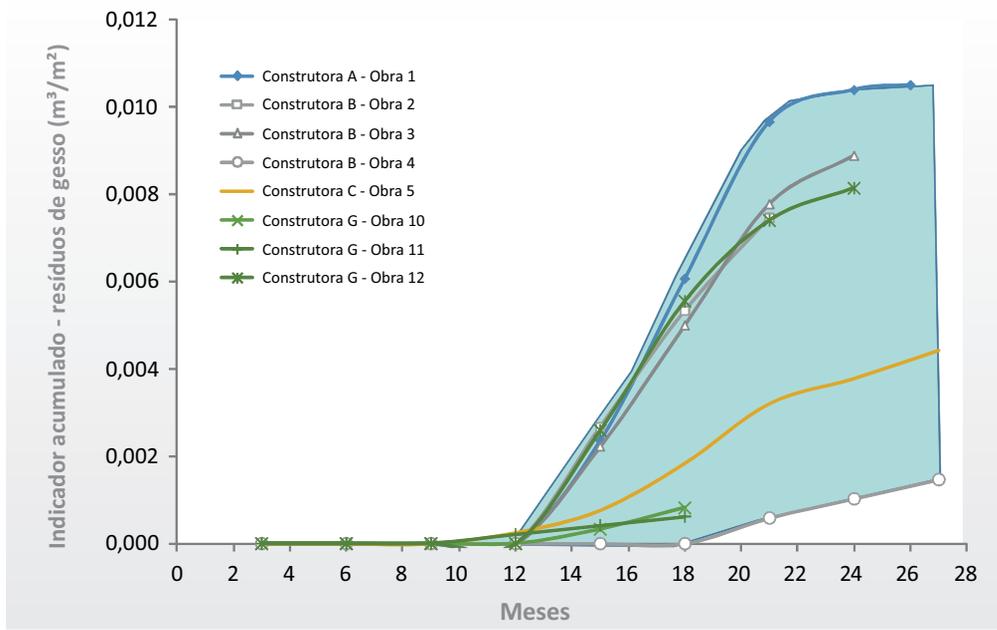
B - O uso de madeira serrada está se tornando menos frequente, em função da industrialização das fôrmas e da substituição de alguns elementos de proteção provisórias das estruturas

1.2.3 GESSO (CLASSE B)

Os indicadores de geração de resíduos de gesso variaram de 0,001 a 0,014 m³/m² (0,0008 a 0,011 t/m²). Sua aplicação como revestimento geralmente ocorre após 12 meses de obra e se estende até a conclusão (FIGURA 11).

FIGURA 11

INDICADORES ACUMULADOS DE RESÍDUOS DE GESSO (M³/M²) NO TEMPO PARA ALGUMAS OBRAS



O indicador depende da quantidade de serviço de revestimento interno de gesso ou de divisórias com gesso acartonado, podendo variar obra a obra. Apesar do menor volume gerado, tem uma representatividade em massa igual a do resíduo de madeira, mas ainda inferior ao encontrado em outros países, onde a tecnologia de divisórias leves é bastante difundida (CRWP, 2008).

Ao se decidir por revestimento de gesso, deixa-se de gerar resíduos relacionados à execução do revestimento de argamassa, reduzindo o indicador de geração de resíduos cimentícios e cerâmicos, mas aumenta-se significativamente o indicador de geração específica desse resíduo (gesso), que possui menos alternativas consolidadas de reciclagem no mercado.

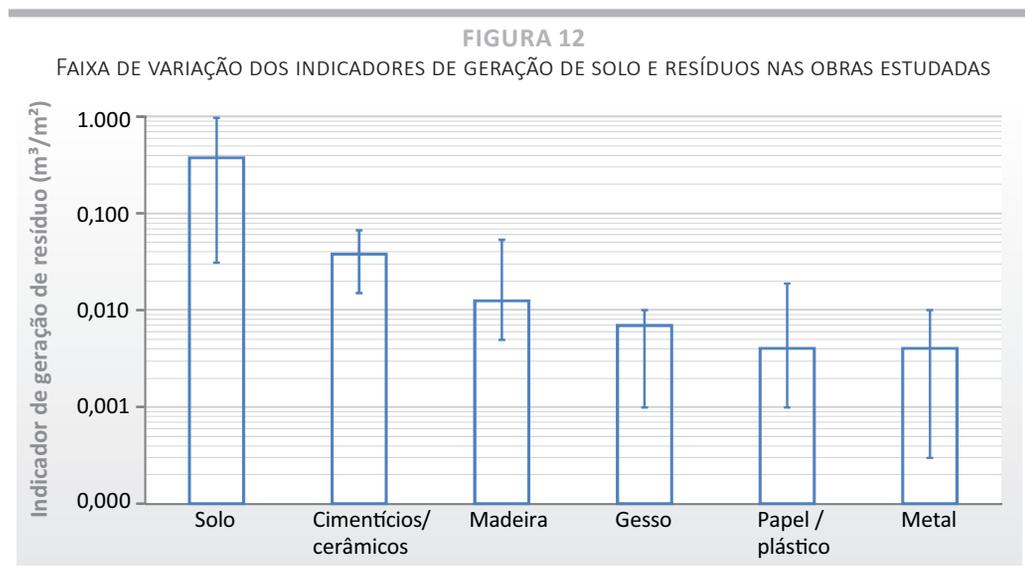
1.2.4 OUTROS MATERIAIS (CLASSE B)

Quanto aos resíduos de papel e plástico, os indicadores de geração de resíduos variaram de 0,001 a 0,019 m³/m². Ocorrem também após cerca de 12 meses de obra (ao final da fase de estrutura) e se estendem até o final da obra. Esse indicador pode aumentar devido ao uso de mantas de cura, telas de proteção, embalagens de blocos, embalagens cerâmicas, ensacados em geral etc.

Quanto aos resíduos de metais, os indicadores de geração de resíduos variaram de 0,001 a 0,010 m³/m² e podem ocorrer em todas as etapas de obra. Na fase de fundação e estrutura, o resíduo predominante é o aço, enquanto que na fase de vedação e acabamento, os resíduos mais presentes são as latas vazias de tintas.

1.3 RECOMENDAÇÕES

Os indicadores de geração de resíduos de construção são variáveis (FIGURA 12) e mostram o poder de decisão de projeto e de obra na definição da quantidade produzida e, em consequência, dos custos associados a perda de materiais e deposição dos resíduos. Dada as limitações da amostra realizada, a faixa de variação da geração de resíduos aqui apresentada não deve ser entendida como um valor definitivo. A tendência de aumento do custo da gestão dos resíduos e de estratégias voltadas para construção sustentável deve diminuí-la. Assim é desejável o estabelecimento de uma prática sistemática de atualização e aperfeiçoamento deste benchmark, assim como o realizado na Inglaterra (Smartwaste).



As obras de múltiplos pavimentos analisadas neste estudo possuem indicadores de geração de resíduos oriundos dos diferentes materiais entre 0,033 a 0,128 m³/m², excluindo-se o solo. Esses indicadores são afetados pelo projeto, podendo aumentar devido a maior incidência de serviços por m² de área construída. Os indicadores também são alterados pela gestão do canteiro (incluindo a reciclagem no próprio local), importando a qualidade e estocagem imprópria dos materiais e processos construtivos empregados (revestimento de gesso ao invés de argamassa). Esta faixa permite as empresas analisarem seus indicadores frente aos concorrentes de mercado e definirem estratégias de minimização de resíduos e/ou reciclagem em obra.

O resíduo classe A (cimentício e cerâmico, excluindo o solo) representou cerca de 50% do volume dos resíduos das obras, variando entre 0,015 a 0,067 m³/m² (~0,015 a 0,067 t/m²). A geração desse resíduo ocorre praticamente ao longo de toda a obra, mas é intensa na fase de vedação e acabamento. Algumas ações para minimização desses resíduos incluem (a) fundação mais industrializada que as convencionais (muros de arrimo etc.); (b) elementos e componentes de concreto pré-fabricados, como estruturas, painéis de vedações, escadas e módulos de banheiro; (c) a modulação da estrutura; (d) abandono da prática de quebra da alvenaria para embutimento de instalações, dentre outros.

Os resíduos de madeira representam uma parcela elevada do volume de resíduos gerado, de 0,005 a 0,054 m³/m² (0,001 a 0,012 t/m²). Devido a densidade aparente reduzida (~ 0,214 t/m³), sua representatividade em massa é bem inferior aos resíduos de madeira, mas apesar disto é o segundo resíduo mais gerado em massa. Grande parte do resíduo é removida da obra ao final da execução da estrutura, podendo ser utilizada em outras obras, especialmente os elementos de proteção provisórios (guarda-corpos, andaimes fachadeiros etc). O correto armazenamento dos resíduos, a realização de plano de corte dos compensados, o uso de escoramentos metálicos e vigas industrializadas, a melhoria da durabilidade das fôrmas e a eliminação de elementos provisórios de madeira e, até mesmo, a pré-fabricação⁽³⁾ de componentes pré-fabricados, podem reduzir em quase 50% o indicador de geração de resíduos de madeira.

Muitas construtoras usam revestimento interno em gesso e, em alguns casos, divisórias de gesso acartonado. Dependendo da intensidade de uso na obra, o indicador de geração em volume pode variar de 0,001 a 0,007 m³/m², inferior ao resíduo de madeira, mas semelhante em massa (0,001 a 0,006 t/m²). Melhorias no controle de pega do gesso e a modulação da estrutura para as placas de gesso acartonado podem reduzir a geração desse resíduo.

Quanto aos resíduos de papel e plástico, os indicadores de geração de resíduos variaram de 0,001 a 0,019 m³/m² (< 0,001 t/m²). Quanto aos resíduos de metais, os indicadores de geração de resíduos variaram de 0,001 a 0,010 m³/m² (< 0,001 t/m²).

A geração de solo é difícil de prever. Para as obras analisadas, a mesma dependeu do número de subsolos e área do pavimento tipo. Assim, essa geração pode ser minimizada no projeto, eliminando-se subsolos ou planejando-se melhor as etapas de corte e aterro durante a execução da obra.

(3) O resíduo de madeira deixa de existir na obra, mas pode, eventualmente, existir nas fábricas de pré-fabricados.

2. IDENTIFICAR OS DESTINOS LEGAIS DOS RESÍDUOS

De acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações, todos os resíduos gerados na obra devem ser segregados e destinados adequadamente pela própria obra, embora exista corresponsabilidade por parte do fabricante do material ou do componente na gestão dos resíduos.

Torna-se necessária uma lista ampliada de resíduos de construção, que deve classificá-los em subcategorias nas classes da resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações (**ANEXO A**), em função da diversidade e das diferentes alternativas de reciclagem hoje disponíveis. Resíduos classe D podem ser identificados nas Fichas de Informação de Segurança do Produto Químico (FISPQ), incluindo os destinos legais mais adequados. Se não houver, é responsabilidade do fabricante/fornecedor estabelecer recomendações objetivas de acordo com a legislação vigente. Na dúvida, recomenda-se buscar produtos ou fornecedores alternativos que operam dentro da formalidade, inclusive na orientação da gestão de resíduos.

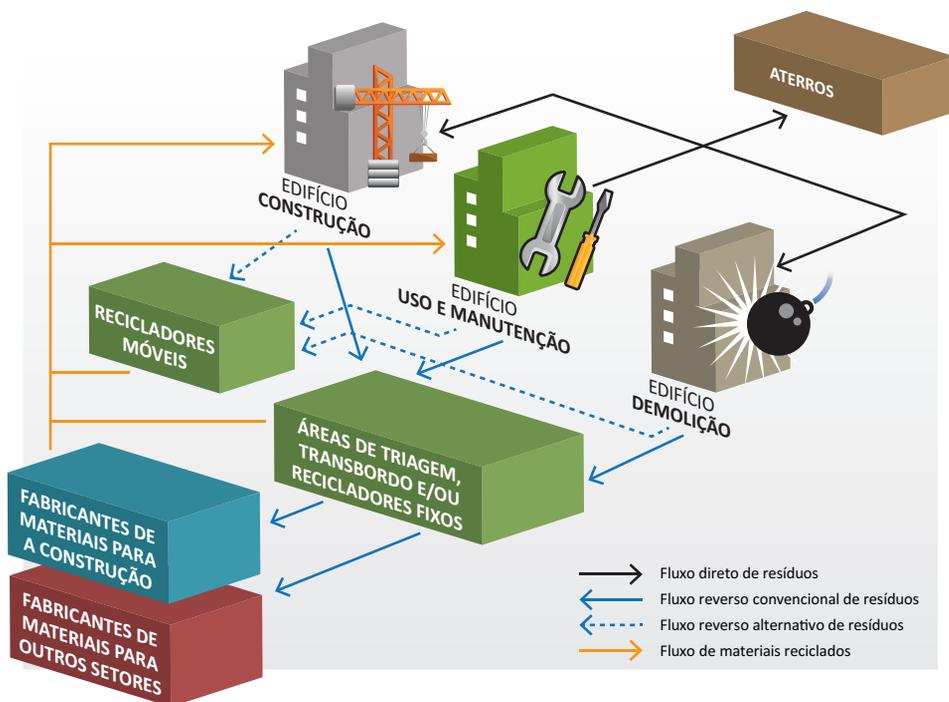
Modelos de gestão de resíduos mais sofisticados têm sido elaborados pelas construtoras. No entanto, nos dias de hoje, nem sempre a reciclagem é a opção mais sustentável, pois as tecnologias disponíveis podem não ser ambientalmente eficientes, requerendo logística de grande impacto, apresentando elevado custo etc. Além disso, a opção de reciclar em obra implica em uma concentração de responsabilidades na construtora. Esta decisão precisa, portanto, ser suportada por uma análise sistemática. Por esta razão, recomenda-se sempre que a construtora analise as opções de destinação externa legal dos resíduos para depois verificar as opções de reciclagem interna considerando os aspectos econômicos, ambientais, de saúde ocupacional e legais. Neste sentido, uma discussão prévia com os fornecedores pode facilitar as práticas de gestão.

A **FIGURA 13** ilustra a destinação de resíduos na construção civil. Como as obras são numerosas e de grande porte, é usual incorporar empresas privadas (terceira parte) (Gianetti et al., 2013) como transportadoras, Áreas de Transbordo e Triagem (ATTs), usinas de reciclagem (URs) e demolidoras.

A **TABELA 6** apresenta as destinações legais e as responsabilidades assumidas pelas construtoras. A responsabilidade compartilhada na gestão dos resíduos é entendida pelo conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas entre os fabricantes de materiais, construtoras, áreas de triagem e transbordo, recicladores etc, de forma a minimizar a geração de resíduos e de rejeitos e os impactos ambientais resultantes no ciclo de vida do edifício (Lei 12.305: 2010). A logística reversa é o processo de planejar e controlar o fluxo de matérias-primas e produtos, a partir da manufatura até o uso, de forma a permitir o reaproveitamento dos resíduos gerados no próprio setor (Lei 12.305: 2010).

FIGURA 13

DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. A LOGÍSTICA REVERSA É AQUELA QUE ENVOLVE RECICLADORES E FABRICANTES DE MATERIAIS, RETORNANDO MATERIAL SECUNDÁRIO PARA AS OBRAS



São exemplos de ações de responsabilidade compartilhada: (a) triar os resíduos classe A, mas sem separá-los em suas subcategorias (cimentícios/cerâmicos e solos) ou se preocupar com sua forma de aproveitamento (como agregado reciclado) e uso na construção; e (b) triar os resíduos de papel, plástico e madeira e destiná-los a setores industriais capazes de reciclá-los, mas que não permitam diretamente o uso na construção, e (c) adotar estratégias para minimizar a geração de resíduos classe A (cimentícios e cerâmicos, por meio de processos construtivos racionalizados, ou de solos, através do planejamento da implantação de corte e aterro nos empreendimentos), classe B (planejar corte de fôrmas de madeira, usar escoramento metálico etc.). São exemplos de ações de logística reversa: (a) viabilizar a reciclagem dos resíduos classe A e B como material de construção, inclusive dentro da própria obra, (b) retornar os resíduos para os fabricantes que fazem a reciclagem, como é o caso de metais, madeira e gesso.

TABELA 6

DESTINAÇÕES LEGAIS DOS RESÍDUOS E TIPOS DE RESPONSABILIDADES ASSUMIDAS PELAS CONSTRUTORAS

Classes dos resíduos	Subcategorias	Destinos legais	Tipo de ação
Classe A	Cimentícios e cerâmicos	Aterro de resíduos de construção civil (Aterro RCC), passando ou não por ponto de entrega voluntária (PEV) ou área de transbordo e triagem (ATT).	Responsabilidade compartilhada
		Usina fixa de reciclagem (uso fora da obra), passando ou não por PEV ou ATT.	Logística reversa
		Fábricas de blocos de concreto ou outros fabricantes de materiais (uso fora da obra).	Logística reversa
		Usina móvel de reciclagem (uso dentro da obra ou em outras obras próximas).	Logística reversa
	Solos de escavação	Aterro de resíduos de construção civil (Aterro RCC), passando ou não por PEV ou ATT.	Responsabilidade compartilhada
		Regularização de terrenos (uso fora da obra).	Logística reversa
Paisagismo (uso do solo orgânico dentro ou próximo da obra).		Logística reversa	
Classe B	Papel/ Plásticos (PE, PP, PVC)	Outras indústrias (incineração com uso da energia), passando ou não por PEV, ATT ou intermediários (sucateiros, ONGs de catadores etc).	Responsabilidade compartilhada
		Fabricantes de papéis e plásticos de uso na construção, passando ou não por PEV, ATT ou intermediários (sucateiros, ONGs de catadores etc).	Logística reversa
	Madeira serrada	Biomassa (outras indústrias) passando ou não por PEV, ATT, intermediários (sucateiros, catadores etc).	Responsabilidade compartilhada
		Paisagismo, passando ou não por PEV, ATT ou intermediários (sucateiros, catadores etc).	Logística reversa
	Madeira industrializada (compensados, MDFs, OSBs)	Fabricantes de madeira industrializada (uso como biomassa – queima > 800°C), passando ou não por PEV, ATT ou intermediários (sucateiros, catadores, etc)	Logística reversa
	Metais (incl. latas de tinta totalmente vazias)	Siderúrgicas (sucata metálica), passando ou não por PEV, ATT ou intermediários (sucateiros, catadores, etc)	Logística reversa
	Gesso	Aterro Classe II A (industrial), passando ou não por PEV ou ATT.	Responsabilidade compartilhada
		Solo agrícola, passando ou não por PEV ou ATT.	Responsabilidade compartilhada
		Cimenteira, passando ou não por PEV ou ATT.	Logística reversa
		<i>Tinta endurecida à base de água (*) (< 1/3 lata)</i>	<i>Indústrias, passando ou não por PEV ou ATT (incineração como energia).</i>
<i>Tinta fresca à base de água (*) (> 1/3 lata)</i>	<i>Reúso (escolas, igrejas), passando ou não por PEV ou ATT.</i>	Logística reversa	
Classe D	Tinta com metal pesado ou à base de solvente	Incineração e aterro resíduo Classe I, passando ou não por PEV ou ATT.	Responsabilidade compartilhada
	Madeira tratada (CCA etc)	Aterro resíduo Classe I (incineração pode não ser recomendada), passando ou não por PEV ou ATT.	Responsabilidade compartilhada
	Cimento amianto	Aterro resíduo Classe I, passando ou não por PEV ou ATT.	Responsabilidade compartilhada
	Outros (**)	Consultar o destino recomendado pelas Fichas de Informação de Segurança do Produto Químico (FISPQ).	Responsabilidade compartilhada

(*) Não praticado no Brasil, mas recomendando por instituição americana (NPCA, 2008a e NPCA, 2008b).

3. ANALISAR AS ALTERNATIVAS DE REÚSO E RECICLAGEM

A tomada de decisão para implantação da reciclagem em canteiro deve ser embasada em um modelo de custos sólido, na avaliação objetiva dos impactos ambientais das alternativas viáveis, na capacidade do sistema de gestão de atender novas operações; e dos riscos ocupacionais, tecnológicos e ambientais existentes, que dependem do domínio tecnológico do processo.

O SindusCon-SP já demonstrou que para empresas organizadas, a gestão de resíduos de acordo com a resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações pode trazer, além dos benefícios ambientais e sociais, vantagens econômicas. A reciclagem em canteiro só é viável para as empresas cuja gestão de resíduos em canteiro esteja resolvida, pois ela requer administração e segregação eficientes.

O potencial econômico e ambiental da reciclagem em obra está associado diretamente a redução dos impactos ambientais e custos de transporte e deposição dos resíduos. Grandes distâncias de transporte, particularmente por vias congestionadas, favorecem a reciclagem em canteiro, pois têm alto custo e grande impacto ambiental e social. A incerteza quanto à correta destinação dos resíduos também favorece.

Por outro lado, a operação de reciclagem em canteiro implica em custos adicionais, tanto de gestão e treinamento, quanto de equipamentos. Estes custos tendem a diminuir com o aumento da escala da operação a ser implementada. Também envolve riscos ambientais, de saúde no trabalho, falhas de qualidade, inerentes a produção de materiais e que, neste caso, são de responsabilidade integral da construtora. Estes riscos podem ser minimizados por investimentos em tecnologia, treinamento e controle de qualidade. Em consequência, grandes canteiros ou aqueles que envolvem demolições favorecem a operação de reciclagem no local da obra, pois permitem viabilizar estruturas de desenvolvimento tecnológico, planejamento, gestão e controle mais sofisticados.

Alguns custos e impactos ambientais da reciclagem não são facilmente perceptíveis. O uso de reciclados pode implicar em aumentos de outros custos de construção, que precisam ser considerados. No caso de argamassas e concretos, por exemplo, sabe-se que em muitas situações o uso de agregados reciclados implica em um aumento do consumo de ligantes (cal, cimento), que pode ser bastante significativo. Assim, a reciclagem em canteiro somente será capaz de reduzir o impacto ambiental, se os eventuais impactos adicionais decorrentes do aumento de consumo de algum insumo (neste exemplo, de cimento) forem compensados pela redução das distâncias de transporte e de consumo de recursos naturais e apresentarem riscos baixos.

3.1 RESÍDUOS CIMENTÍCIOS E CERÂMICOS (CLASSE A)

A **FIGURA 14** ilustra a destinação de resíduos cimentícios e cerâmicos, quando há ocorrência de atividades de demolição nas etapas iniciais da obra.

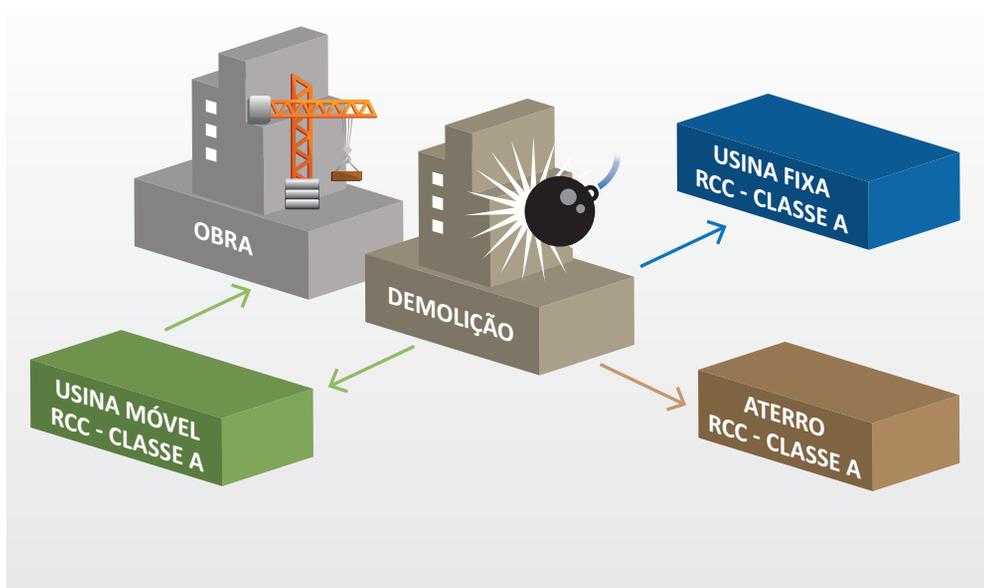
Na destinação convencional (em **marrom**), os resíduos cimentícios e cerâmicos da demolição são geralmente triados no próprio local e encaminhados para aterros de resíduos inertes da construção

civil (aterro RCC Classe A). Essa solução é menos desejável, porque implica em maiores distâncias de transporte no destino, além de não viabilizar o aproveitamento do material na construção civil, pois muitos destes locais não dispõem de britadores para realizar a reciclagem (ver **item 3** e **TABELA 6**).

Encaminhar o resíduo para uma usina de reciclagem fixa (fora da obra) (destinação em **azul** - **FIGURA 14**) é mais interessante porque geralmente resulta em menores distâncias de transporte e viabiliza o aproveitamento do material como agregado reciclado, para uso em subbases de pavimentos (**TABELA 7**). Porém, essa solução requer o transporte do resíduo até o reciclador e do agregado reciclado até seu consumidor. Uma alternativa mais interessante quando os riscos podem ser controlados, é reciclá-lo por equipamento móvel de britagem dentro da obra (destinação em **verde** - **FIGURA 14**), eliminando, neste caso, a necessidade do transporte do resíduo até o reciclador e do reciclador até o consumidor. Essa opção de destino facilita a logística reversa na construção, permitindo o uso do agregado reciclado em vias provisórias na própria obra.

FIGURA 14

DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS CIMENTÍCIOS E CERÂMICOS DAS OBRAS, QUANDO HÁ DEMOLIÇÃO



A **FIGURA 15** ilustra a destinação desses resíduos quando não há demolição na obra. Na destinação legal convencional, resíduos misturados (classe A e B) gerados ao longo da obra podem ser coletados em caçambas estacionárias e transportados por caminhões equipados com poliguindastes até as áreas de transbordo e triagem (ATT). Após a triagem, os resíduos classe A (cimentícios e cerâmicos) acabam sendo enviados aos aterros de resíduos inertes da construção civil (aterros RCC) ou para usinas de reciclagem fixa (destinação em azul- **FIGURA 15**). O aproveitamento na construção pode ser duvidoso, pois nem sempre as usinas de reciclagem conseguem viabilizar aplicações para o material reciclado por falta de mercado.

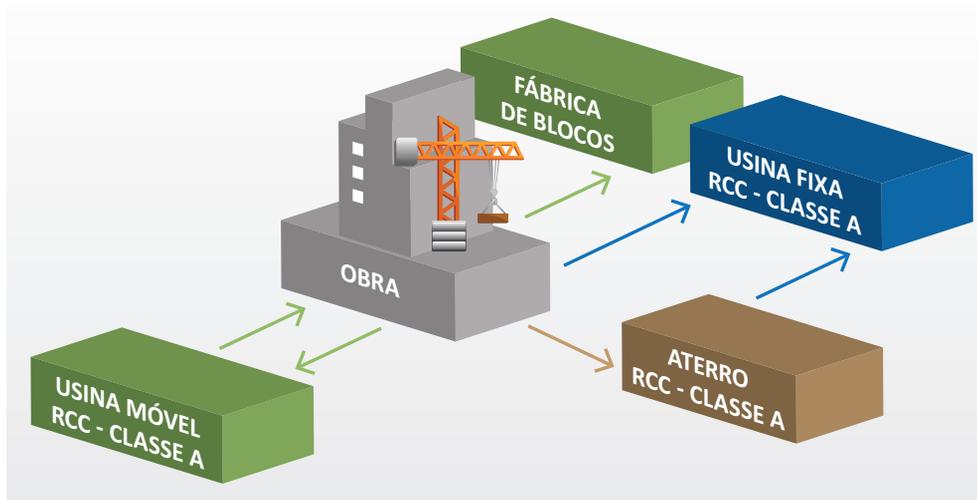
TABELA 7

CONDIÇÕES PARA A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS CIMENTÍCIOS E CERÂMICOS DAS OBRAS

Destinação	Vantagens	Condicionantes
ATT e/ou aterros RCC	<ul style="list-style-type: none"> - É prático, mas não gera os melhores ganhos ambientais ou econômicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Não há.
Aterros RCC	<ul style="list-style-type: none"> - É prático, mas não gera os melhores ganhos ambientais ou econômicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requer triagem entre resíduos classe A e B na obra.
ATT e/ou usinas fixas de reciclagem (fora da obra)	<ul style="list-style-type: none"> - Permite a reciclagem e aproveitamento do material na construção; - O custo de transporte e destinação é geralmente menor que os praticados em aterros; - É a segunda alternativa que mais reduz custos com a gestão desse tipo de resíduo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requer triagem entre resíduos classe A e B na obra. Não pode conter solo de escavação; - Pode haver restrição para o recebimento de cargas com concentração elevada de resíduos cerâmicos; - Grandes volumes de resíduos e destinação muito concentrada no tempo pode inviabilizar essa destinação.
Fábrica de blocos de concreto (fora da obra)	<ul style="list-style-type: none"> - Permite a reciclagem e aproveitamento do material na construção; - Não há custos de destinação, mas pode haver aumento nos de transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> - A alvenaria deve ser necessariamente executada com blocos de concreto; - Os blocos que originaram o resíduo deve ser do fabricante que está se dispondo a reciclá-lo; - Requer triagem bem elaborada dos resíduos de blocos de concreto, em relação aos demais resíduos classe A, assim como em relação aos resíduos das demais classes; - Dependendo do volume produzido, pode haver restrição para o recebimento de resíduos.
Usinas móvel de reciclagem (dentro da obra)	<ul style="list-style-type: none"> - Permite a reciclagem e aproveitamento do material na construção; - Não possuem custos de destinação; - Pode haver custos de transporte, caso o agregado reciclado não seja utilizado na obra. - É a alternativa que mais reduz custos com a gestão desse tipo de resíduo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requer triagem entre resíduos classe A e B na obra. Não pode conter solo de escavação; - Requer um volume mínimo de resíduo a ser processado (~ 1.000 m³); - Devem ser selecionadas aplicações que permitam o uso de grande parte dos agregados reciclados produzidos, p.ex. uso da areia reciclada em argamassa; - A redução de custos depende da quantidade e tipo de agregado natural (brita ou areia) substituído pelo reciclado. Se a areia natural é mais cara que a brita, deve-se priorizar a produção de areia reciclada. Se a brita natural for mais cara, deve-se priorizar a produção de brita reciclada.

FIGURA 15

DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS CIMENTÍCIOS E CERÂMICOS DAS OBRAS, QUANDO NÃO HÁ DEMOLIÇÃO



Uma alternativa mais certa de aplicação na construção (destinação em **verde** - FIGURA 15) é quando esse resíduo é encaminhado diretamente para ser reciclado em fábricas de artefatos de concreto. Neste caso, os agregados reciclados são utilizados pelo fabricante de materiais de construção e a obra compra artefatos dele (contendo ou não agregados reciclados), fechando o ciclo da reciclagem. Outra alternativa igualmente interessante (destinação em **verde** - FIGURA 15) consiste na contratação de serviços de reciclagem em canteiro para transformar esses resíduos prioritariamente em areia reciclada, para uso em argamassa, e, secundariamente, em brita reciclada, para uso em lastros ou valas de água ou esgoto. Essa opção também facilita a logística reversa e garante o uso do material reciclado na construção. Condições e vantagens dessas práticas de reciclagem estão também apresentadas na TABELA 7.

3.2 SOLOS ESCAVADOS (CLASSE A)

Os solos também integram a classe A de resíduos da resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações. As opções de destinação estão apresentadas na FIGURA 16. O destino convencional (em **marrom**) é encaminhar os solos escavados para os aterros de RCC, lembrando-se da importância da minimização da geração desse resíduo nas fases de projeto e execução de obra. Uma destinação mais interessante, desde que os riscos sejam controlados, é utilizá-los como material para regularização de terrenos de outras obras (em **azul** - FIGURA 16), mas pode haver incompatibilidade entre oferta de solo e demanda, além de envolver transporte do material. Outra alternativa é o reúso do solo orgânico no próprio local (em **verde** - FIGURA 16), garantindo-se a não existência de transporte do material e uma aplicação correta. As condicionantes para o reúso dos solos estão apresentadas na TABELA 8.

FIGURA 16
DESTINAÇÃO DE SOLOS ESCAVADOS DAS OBRAS

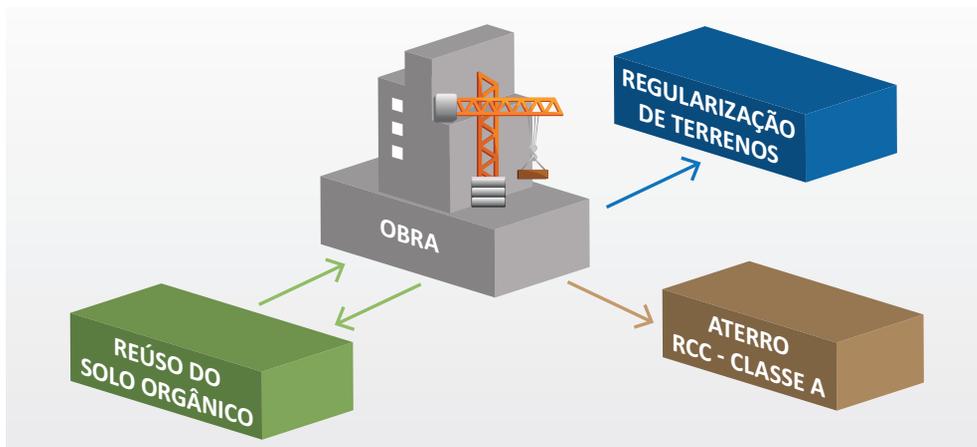


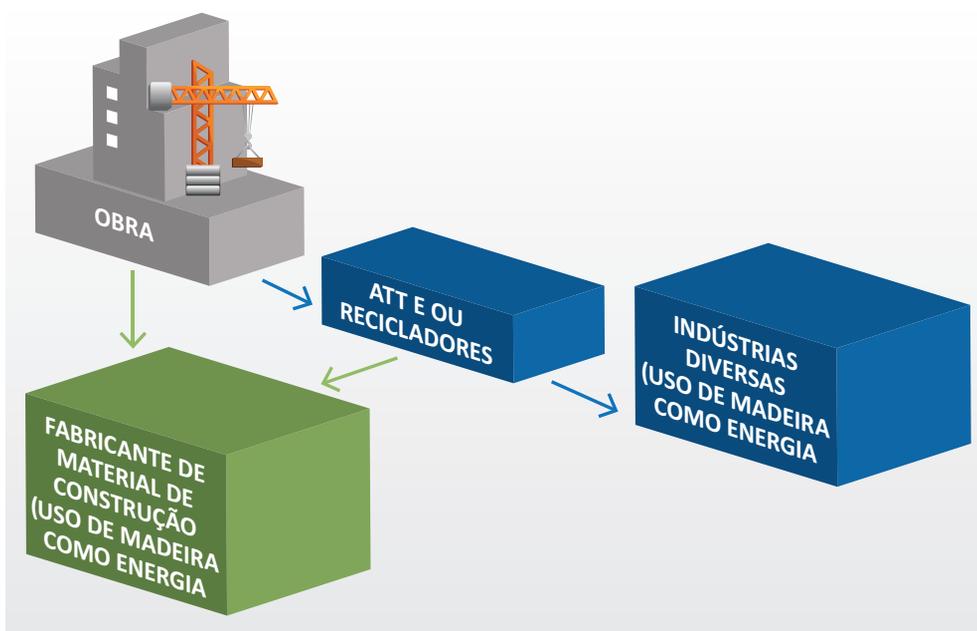
TABELA 8
CONDIÇÕES PARA REUSO DOS SOLOS ESCAVADOS DAS OBRAS

Destinação	Vantagens	Condicionantes
Aterros RCC	- É prático, mas não gera os melhores ganhos ambientais ou econômicos.	- Requer triagem entre resíduos classe A e B na obra.
Regularização de terrenos (fora da obra)	- Permite a reciclagem e aproveitamento do material na construção. - O custo de destinação é geralmente muito menor que os praticados em aterros. - Reduz significativamente os custos com a gestão dos resíduos classe A.	- Requer garantias de que não se trata de solo contaminado. - Requer ampla verificação sobre a legalidade do local para uso. - Requer compatibilidade com o solo local, que são analisadas com base na caracterização de resíduos ou valores orientativos de acordo com a CONAMA
Minimização, por meio do planejamento de corte e aterro na implantação do projeto, ou reúso do solo orgânico (dentro da obra)	- Permite a reciclagem e aproveitamento do material na construção. - Não haverá custos de destinação e nem de transporte. - É a alternativa que mais reduz custos com a gestão de resíduos classe A.	- Requer estudos e alteração do projeto de implantação. - Requer a adoção de procedimentos específicos de escavação durante as atividades de terraplanagem. - Requer grande área de estoque no canteiro para reúso.

3.3 RESÍDUOS DE MADEIRAS (CLASSE B)

Os resíduos de madeira não devem ser aterrados, porque sua decomposição sem a presença de oxigênio produz gás metano, que é muitas vezes pior que o próprio CO₂ nos efeitos relacionados à mudança climática. Assim, os resíduos de madeira gerados nas obras (geralmente madeira industrializada; compensados e OSBs) são usualmente concentrados em áreas de transbordo e triagem que captam e os distribuem para as empresas recicladoras. Elas trituram e produzem cavacos para uso como combustíveis (destinação em **azul** - FIGURA 17). A queima de madeira contendo formaldeído ou biocidas deve ser feita sob condições controladas (acima de 800°C) (ABIPA et al., 2011), sob risco de causar poluição ambiental e expor trabalhadores a riscos ocupacionais.

FIGURA 17
DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DE MADEIRA DAS OBRAS



Assim, algumas construtoras optam em concentrar grandes quantidades de madeira em caixas roll on, roll off, com capacidade volumétrica superior a da caçamba de resíduos, e as destina diretamente como combustível para a fabricação de painéis de madeira industrializada na construção civil (destinação em **verde** - FIGURA 17). Embora não seja efetivamente uma ação de logística reversa (não implica em uso como material de construção), esse tipo de destinação usa as condições de temperatura estipulada (acima de 800°C), sendo, portanto, mais segura do ponto de vista ambiental. A **TABELA 9** apresenta as condições para a reciclagem dos resíduos de madeiras.

TABELA 9

CONDIÇÕES PARA RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DE MADEIRA DAS OBRAS

Destinação	Vantagens	Condicionantes
ATT e/ou reciclador de madeira para outras indústrias (fora da obra)	- É prático, mas não gera os melhores ganhos ambientais ou econômicos.	Não há.
Reciclador de madeira para a construção (fora da obra)	- Permite a reciclagem e aproveitamento dentro do setor da construção. - Reduz custos de destinação e transporte dos resíduos.	- Requer controle das condições de armazenagem dos resíduos de madeira, de forma a garantir material bem compactado (aprox. 230 kg/m ³) para o transporte; - Requer concentração de maior volume de resíduos de madeira e uso de caçambas de maior porte (caixas roll on, roll off) nas obras.

3.4 RESÍDUOS DE GESSO (CLASSE B)

Resíduos de gesso só podem ser aterrados sob condições restritas. A lixiviação do gesso pode contaminar a água e o solo (Jang; Townsend, 2001). A disposição de resíduos de gesso em aterros sanitários, juntamente com resíduos orgânicos, também não deve ser feita por conta dos riscos ambientais associados a formação de gás sulfídrico (Montero et al., 2010). Tanto nos EUA quanto na União Européia, reconhece-se a necessidade de banir os resíduos de gesso dos aterros sanitários. Assim, o gesso só pode ser aterrado em superfícies impermeabilizadas e em células totalmente isoladas dos resíduos orgânicos (destinação em **marrom** - FIGURA 18).

Algumas ATTs ofertam serviços de coleta e destinação de resíduos de gesso, concentrando cargas desses resíduos em veículos de maior capacidade volumétrica e transportando-as a longas distâncias até cimenteiras com as quais possuem acordos comerciais (destinação em **verde** - FIGURA 18).

Em ambos os casos, deve existir um controle rigoroso de triagem do resíduo (TABELA 10).

FIGURA 18
DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DE GESSO DAS OBRAS

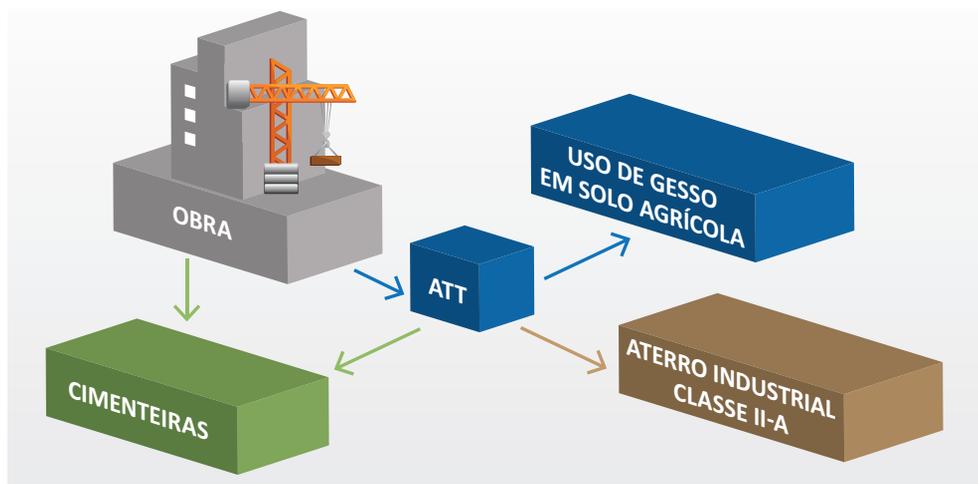


TABELA 10
CONDIÇÕES PARA RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DE GESSO DAS OBRAS

Destinação	Vantagens	Condicionantes
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 e aproveitamento do material.	- Requer controle de triagem rigoroso (resíduo de gesso com alta pureza).
ATT e cimenteiras (fora da obra)	- Permite a reciclagem e aproveitamento dentro do setor de construção. - Reduz custo de transporte e de destinação dos resíduos.	- Requer controle de triagem rigoroso (resíduo de gesso com alta pureza).

4. SELECIONAR AS PRÁTICAS E GERENCIAR OS RISCOS

A reciclagem dos resíduos na obra transforma a construtora em produtora de materiais: os riscos são responsabilidade exclusiva da empresa. Esse risco varia de acordo com a complexidade da operação de reciclagem (processo), do tipo de material produzido ou do uso do mesmo ou não da obra. Adicionalmente, ao assumir para si a destinação do resíduo, o construtor assume uma responsabilidade que era compartilhada com o fornecedor.

A estrutura consolidada de gestão de produção em canteiro é capaz de acomodar um número maior de atividades, sem perder o controle e sem criar a sensação de que as perdas não são mais problemas, pois a reciclagem resolve. A gestão de resíduos, atividade que será transformada em atividade de produção, precisa ser sólida, com adequada infraestrutura de segregação, transporte, estoque e controle da qualidade do produto.

O caráter temporário do canteiro, as características dos recursos humanos da obra, a diversidade de atividades simultâneas implica em limitações objetivas em comparação ao ambiente de uma planta industrial especializada. Salvo em situações onde exista adequado desenvolvimento tecnológico, a eficiência do processo e os controles de qualidade tendem a serem inferiores aos das plantas industriais.

Para se operar uma usina de reciclagem na obra, deve-se comunicar o órgão ambiental e, se necessário, requerer um licenciamento ambiental específico⁽⁴⁾. A introdução de uma usina de reciclagem também requer educação dos trabalhadores – o resíduo passa ser matéria prima – e treinamento da equipe para operação de equipamentos e aplicação. Este custo só é baixo em um ambiente de baixa rotatividade da equipe. A subcontratação do serviço de reciclagem junto a empresa especializada pode mitigar este problema, mas traz novos desafios, pois é necessário estabelecer claramente que o fornecedor não é só responsável pelos equipamentos de reciclagem, mas também pela qualidade do produto final; por isso, é preciso criar mecanismos operacionais de controle da qualidade desses materiais.

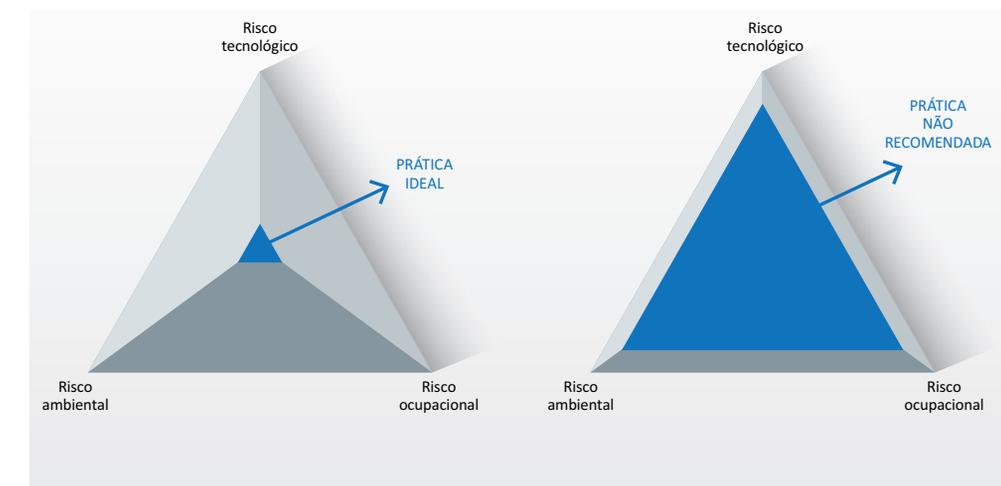
Desta forma, deve-se preferir soluções de reciclagem tecnologicamente simples e empregos que não envolvam grandes riscos tecnológicos, como por exemplo, o uso de agregados em vias provisórias (revestimento primário) das obras ou subbases de pavimento. Para minimizar os riscos, recomenda-se iniciar por uma prática simples em canteiro, desenvolvê-la até ganhar experiência.

A prática de reciclagem de resíduos na obra é um problema que requer uma análise por múltiplos critérios, envolvendo riscos tecnológicos, ocupacionais e ambientais (**FIGURA 19**).

Tais riscos geram, por fim, riscos econômicos, sendo avaliados caso a caso pelas construtoras. A decisão pela reciclagem na obra é geralmente tomada quando os benefícios potenciais superam as questões financeiras envolvidas.

(4) Em São Paulo, acesse <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/licenciamento-ambiental/50-usinas-de-reciclagem-de-residuos-da-construcao-civil>

FIGURA 19
 MAPA DE RISCO POR MEIO DA ADOÇÃO DE PRÁTICAS DE REÚSO E RECICLAGEM
 DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO NAS OBRAS



A reciclagem será mais facilmente controlada se o fornecimento de materiais básicos for bem controlado. Variações de fornecedores ou até de qualidade dos insumos podem afetar as características dos resíduos das obras e, em consequência, o desempenho do material reciclado resultante. Essa variação é ainda mais significativa quando as construtoras decidem comprar agregados reciclados de usinas fixas de reciclagem, pois as recicladoras recebem resíduos de diferentes obras e demolições, ocorrendo uma mistura ainda maior. Dependendo da magnitude da variação do resíduo, as mudanças na composição dos materiais (por exemplo, grau de calcinação da cerâmica vermelha) trazem riscos de falhas de desempenho do produto em questão, o que implica em maiores riscos de perdas financeiras. O controle destes riscos requer reajustes e, eventualmente, até a suspensão do processo da reciclagem. A existência de fornecedor padronizado para os principais insumos como cerâmica vermelha, areia e argamassa, torna a reciclagem na obra mais simples, segura e econômica, pois diminui a necessidade de reajustes de processo, que encarecem o sistema. Se o mesmo material e fornecedor forem repetidos em vários canteiros, obtém-se um ganho de escala que pode ser decisivo para a viabilidade econômica.

As soluções tecnológicas incorporadas na obra também influenciam no nível de risco do processo de reciclagem em canteiro. O sistema de revestimento interno de gesso liso, por exemplo, aumenta significativamente a presença do resíduo de gesso em obra. Se na mesma obra forem produzidos agregados reciclados para concretos magros ou argamassas, existe o risco real de contaminação destes pelos resíduos de gesso.

A reciclagem de resíduos cimentícios ou mistos dentro das obras tem sido impulsionada pela oferta crescente de equipamentos de porte reduzido, que integram britadores, peneiradores e escavadeiras, e se adaptam as dimensões restritas das obras.

Tipicamente, edifícios de múltiplos andares são executados em estrutura de concreto armado, vedação em alvenaria de blocos e revestimento em argamassa. Materiais como concreto, blocos de alvenaria (de concreto ou de cerâmica vermelha) e argamassas estão entre os materiais mais consumidos para este tipo de obra.

Mudanças nas tecnologias construtivas alteram a lista dos materiais consumidos e sua importância relativa. O uso de vedações leves de gesso acartonado reduz o consumo de blocos de vedação na obra. Quanto mais industrializada é uma construção, menor é o consumo de agregados na obra. Agregados reciclados podem não ter aplicação viável dentro da obra.

Nas construções usuais, o concreto é um dos materiais mais consumidos. Atualmente, a produção de concreto estrutural em obras verticais é uma exceção, sendo que a maior parte dos resíduos do concreto – algo entre 3-7% do total adquirido – retorna para a concreteira e é por ela tratado. Embora tecnicamente possível, o uso de agregados reciclados de concreto em concretos estruturais não é normatizado no Brasil. Assim, nas condições atuais, não é recomendável empregar agregados reciclados de concreto produzidos em canteiro, em substituição parcial aos agregados naturais, na produção do concreto estrutural de obras verticais.

Os blocos de alvenaria não são preparados em obra, não sendo uma aplicação potencial para consumir agregados reciclados dentro da obra, apenas fora dela. A argamassa, por outro lado, permanece sendo um material mais consumido, que ainda é produzido em grande parte dentro dos canteiros. Neste caso, as obras podem reciclar os resíduos cimentícios ou mistos gerados pela quebra dos blocos de alvenaria e sobra das argamassas de revestimento, substituindo parcialmente a areia natural pela reciclada.

Quando o teor de incorporação da areia reciclada é reduzido (por exemplo, abaixo de 20%), não há efeito significativo nas propriedades das argamassas produzidas, para condições bem restritas de fornecimento e controle de qualidade arrojado de matérias-primas. Nessas condições específicas, apresenta risco tecnológico reduzido; porém risco econômico moderado, porque a viabilidade do negócio depende da geração de resíduo, indo contra a tendência natural de não geração dos mesmos.

Algumas empresas oferecem serviços terceirizados de reciclagem de areia, a partir de resíduos cimentícios (não são admitidos os resíduos mistos), e produção de argamassa pré-ensacada em obra, objetivando reduzir custos com transporte e destinação desses resíduos e compra de argamassa industrializada para o contrapiso. Fatores como disponibilidade de resíduo, demanda de uso na obra e validade pré-estabelecida do produto são críticos para que riscos tecnológicos e econômicos envolvidos sejam controlados neste tipo de aplicação. Tais riscos são mais elevados nestas condições.

Há construtoras que geram pequena quantidade de resíduos de blocos de concreto durante a execução da alvenaria e optam por serviço de logística reversa com o fabricante dos mesmos. Consomem regularmente blocos de vedação com pequena quantidade controlada de resíduo desta origem. Neste caso, riscos tecnológicos e ocupacionais para a construtora praticamente inexistem, assim como riscos ambientais para o processo como um todo.

As britas para regularização de valas, vias de acesso e lastros de piso são demandadas em praticamente qualquer tipo de obra. Sempre haverá algum consumo de agregado, mesmo que não muito significativo, e que não precisa utilizar necessariamente o agregado natural. Como se tratam de obras temporárias, não utilizam regularmente critérios restritivos de qualidade e atendimento de desempenho, envolvendo riscos tecnológicos e econômicos pequenos, aceitáveis para a realidade das obras.

4.1 VIAS DE ACESSO COM BRITA CORRIDA RECICLADA

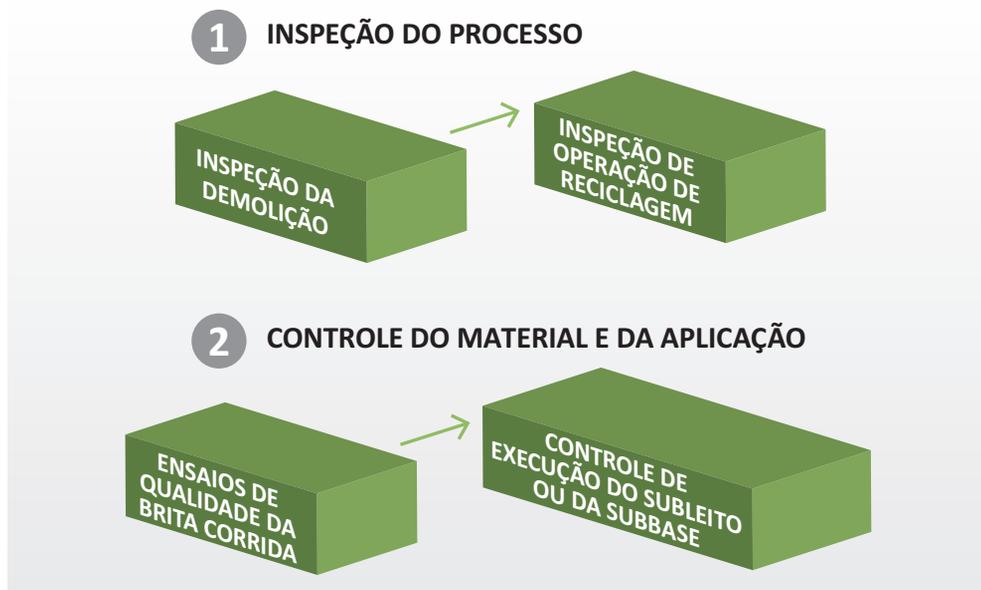
Durante a implantação de novos empreendimentos, edificações antigas podem estar presentes nos terrenos, requerendo que as incorporadoras, incluindo ou não as construtoras, contratem demolidoras especializadas. Em cidades de médio e grande porte, os custos relacionados à disposição dos resíduos de demolição são crescentes, tornando a atividade de reciclagem, além de ambientalmente importante, economicamente atrativa.

Neste caso, a disponibilidade localizada de agregados reciclados é alta, sendo interessante tanto para as construtoras quanto para as demolidoras envolvidas neste processo estabelecerem contratos que impliquem no uso desse material na obra. Por serem obras em fase de implementação, muito deste material é empregado na regularização e execução de vias de acesso, evitando problemas relativos ao afundamento das escavadeiras. Além disso, se faz uso em obras de instalações provisórias, tais como escritório da obra e estande de venda. Evita-se o elevado consumo de agregados naturais, algo relevante do ponto de vista ambiental.

A execução de vias de acesso com brita corrida reciclada implica na gestão de duas etapas distintas (**FIGURA 20**), uma relativa ao processo, e outra relativa ao controle de qualidade do material e sua aplicação. É necessário contratar empresa capacitada em demolição seletiva, capaz de: (a) separar resíduos perigosos (cimento amianto, lâmpadas, tintas antigas ou equipamentos elétricos abandonados com metais pesados, PCBs⁽⁵⁾ etc), dos resíduos não perigosos (concreto e alvenaria), que serão transformados em agregados reciclados e utilizados em obras de pavimentação provisórias da obra; e (b) fragmentar, com equipamentos específicos de demolição, grandes estruturas de concreto armado, tornando acessível o tamanho do resíduo ao equipamento de britagem selecionado. Além disso, são necessários o controle de qualidade do material e sua aplicação, para garantir a adequação ao uso proposto.

FIGURA 20

ETAPAS DE CONTROLE DE QUALIDADE PARA EXECUTAR VIAS DE ACESSO COM BRITA CORRIDA RECICLADA NA OBRA



(5) <http://pt.wikipedia.org/wiki/Bifenilpoliclorado>

4.1.1 CONTROLE DA DEMOLIÇÃO

Os resíduos de demolição podem conter determinados tipos de resíduos perigosos (**FIGURA 21**), não comumente identificados nos resíduos das obras de construção. São exemplos: lâmpadas contendo mercúrio, pinturas antigas, baterias contendo chumbo, equipamentos elétricos antigos contendo PCB, telhas de cimento amianto, dentre outros (EPA, 2004). É imprescindível a implantação de um processo de desmontagem bem controlado, por parte da demolidora, capaz de garantir a separação desses resíduos. Cabe a construtora selecionar e fiscalizar uma empresa apta a desenvolver tal atividade.

FIGURA 21

RESÍDUOS QUE DEVEM SER SEPARADOS NA DEMOLIÇÃO PARA VIABILIZAR A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DE CONCRETO E ALVENARIA



Telhas de cimento amianto



Lâmpadas fluorescentes (contendo mercúrio)



Madeira tratada (decks, cercas)



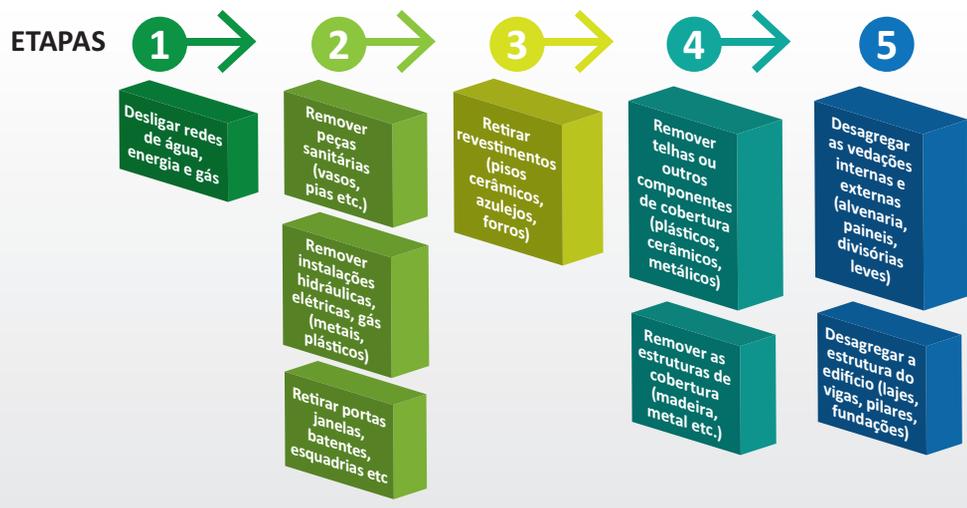
Equipamentos elétricos antigos (com PCBs)

Fonte: Google images

Além disso, a construtora deve optar por uma empresa de demolição capaz de realizar desmontagem, que remove seletivamente as estruturas de coberturas (madeira, aço), instalações elétricas e hidráulicas, esquadrias, portas, divisórias ou revestimentos de gesso, antes de desagregar as estruturas de concreto armado e da alvenaria, de onde serão obtidos os agregados reciclados (**FIGURA 22**). Essa etapa é fundamental para se garantir agregados reciclados com baixo teor de materiais indesejáveis (orgânicos: papel, plástico, madeira e asfalto. Ou inorgânicos: gesso, metal etc).

FIGURA 22

SEQUÊNCIA DE DESMONTAGEM DE UM EDIFÍCIO. DEVE-SE REMOVER SELETIVAMENTE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS, ESQUADRIAS, PORTAS, DIVISÓRIAS LEVES DE GESSO, E AZULEJOS ANTES DA DESAGREGAÇÃO MECÂNICA DA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO E DAS PAREDES DE ALVENARIA



4.1.2 CONTROLE DA RECICLAGEM

Após rigoroso processo de triagem, o concreto e a alvenaria precisam ser pré-fragmentados. A construtora, ao optar por uma empresa de demolição, deve se certificar se a empresa emprega equipamentos que oferecem as melhores condições de produtividade e segurança ocupacional para a obra.

A desmontagem das estruturas de concreto armado deve obedecer a uma sequência (lajes, vigas e pilares) oferecendo sempre o menor risco a estabilidade (Building Department of Hong Kong, 2004). Para isso, diversos equipamentos específicos de demolição devem ser usados. Tesouras hidráulicas são empregadas para cortar vigas de concreto armado. Pulverizadores desmontam, por tombamento, pilares e possuem a capacidade de fragmentar os elementos estruturais (lajes, vigas e pilares). Todos esses equipamentos são acopláveis em escavadeiras e conferem, além de produtividade mais elevada em relação aos equipamentos pneumáticos, menor nível de ruído, de vibração e de poeira nas obras de demolição. Quando há manuseio de máquinas pesadas, deve-se sempre definir uma área de exclusão, onde não se deve circular operários, pois há risco de ocorrência de acidentes fatais.

Somente os resíduos de concreto puro (sem ou contendo o mínimo de aço possível) e resíduos das paredes de alvenaria e contrapisos devem ser britados como agregados reciclados. Para uso em vias, a granulometria requerida para o agregado reciclado é menor que 63 mm, sendo usualmente denominada de brita corrida reciclada. Assim, do ponto de vista de processamento, não é necessário peneirar o agregado reciclado na obra, bastando apenas um controle rígido da regulagem do britador de forma a produzir o agregado inferior a dimensão estabelecida.

A etapa de britagem pode ser realizada com caçambas britadoras acopladas em escavadeiras ou usinas móveis de britagem (compactas), eliminando a necessidade de grandes áreas de operação. A **TABELA 11** apresenta um resumo das principais características desses equipamentos. A opção mais compacta é a caçamba trituradora; porém, a produção é inferior a 50 t/h (para produção de agregado com dimensão inferior a 60 mm) e o controle dimensional do agregado reciclado é mais difícil de ser realizado. Além disso, existe pouco controle do material particulado gerado durante a operação. Britadores enclausurados geram menor quantidade de particulado.

Para maior controle da dimensão do agregado reciclado, é necessário o uso de usinas móveis. Algumas possuem capacidade produtiva muito elevada (200 a 1.500 t/h) e, por isso, são raramente empregadas em obras de demolição. Nestes casos, empregam-se geralmente usinas móveis de menor capacidade produtiva (< 250 t/h) e mais compactas (dimensões de até 12 metros de comprimento, 5 metros de largura e 3 metros de altura).

As características das usinas com britadores de mandíbula e impacto não diferem significativamente, em termos de dimensão, massa do conjunto, potência etc. Britadores de impacto, devido a maior capacidade de redução de tamanho de partículas, conseguem produzir agregados reciclados com dimensão máxima até 15 mm, o que não é viável de ser produzido em britadores de mandíbula, especialmente deste porte.

Paradas de produção são mais frequentes em britadores de impacto, em comparação aos britadores de mandíbula. Algumas usinas de britagem dispõem de sistema reverso, facilitando o processo de desentupimento do britador quando em operação.

Britadores de rolo dentados têm a vantagem de gastar menos energia no processo de britagem, produzir menos ruído e material particulado e ter também a possibilidade de trabalhar de forma reversa (evitando paradas por entupimento).

TABELA 11

CARACTERÍSTICAS DOS CAÇAMBAS TRITURADORAS E USINAS MÓVEIS DE BRITAGEM EXTRAÍDAS DOS CATÁLOGOS DOS FABRICANTES DE EQUIPAMENTOS

Equipamentos		Características
Usinas móveis de britagem		Britador de mandíbula ou impacto, com peneiramento (preliminar ou posterior) - Produção: 200 - 1.500 t/h - Dimensões: 12,2 - 24,0 x 3,0 - 3,7 x 3,2 - 4,3 m - Dmax agregado: 40 - 300 mm - Potência do motor: 226 - 481 KW - Massa: 37.000 - 400.000 kg
		Britador de mandíbula ou impacto, com peneiramento e eletroimã - Produção: 80 - 250 t/h - Dimensões: 6,3 - 12,0 x 3,0 - 4,6 x 2,7 - 3,3 m - Dmax agregado: 15 - 200 mm - Potência do motor: 67 - 225 KW - Massa: 12.000 - 29.000 kg
		Britador de rolos dentados, com eletroimã - Produção: 80 - 180 t/h - Dimensões: 7,5 - 10,5 x 2,4 - 2,5 x 2,4 - 3,0 m - Dmax agregado: 50 - 120 mm - Potência do motor: 78 - 193 KW - Massa: 11.500 - 22.500 kg
Caçamba trituradora		Britador de mandíbula ou peneirador acoplável em escavadeira (8 - 28 toneladas) - Produção: 13 a 75 t/h - Dimensões: 0,6 - 1,2 x 0,7 x 0,45 - 0,55 m - Dmax agregado: 15 - 120 mm - Potência do motor: (não informada) - Massa: 1.500 - 4.900 kg

Imagens extraídas de site de alguns desses fabricantes

A decisão pelo tipo de usina móvel deve estar, portanto, relacionada à compacidade do equipamento, facilidade operacional no canteiro específico e maior controle dos riscos ocupacionais e de saúde. Nos britadores de mandíbula, a dimensão máxima do agregado reciclado é regulada pela abertura da mandíbula na posição fechada. Nos britadores de impacto, essa dimensão é regulada pela velocidade do rotor. Quanto maior a velocidade, menor será a dimensão. Tanto o fechamento da abertura da mandíbula quanto o aumento da velocidade do rotor implicam numa redução na produtividade de referência do britador (podendo chegar a metade da nominal informada).

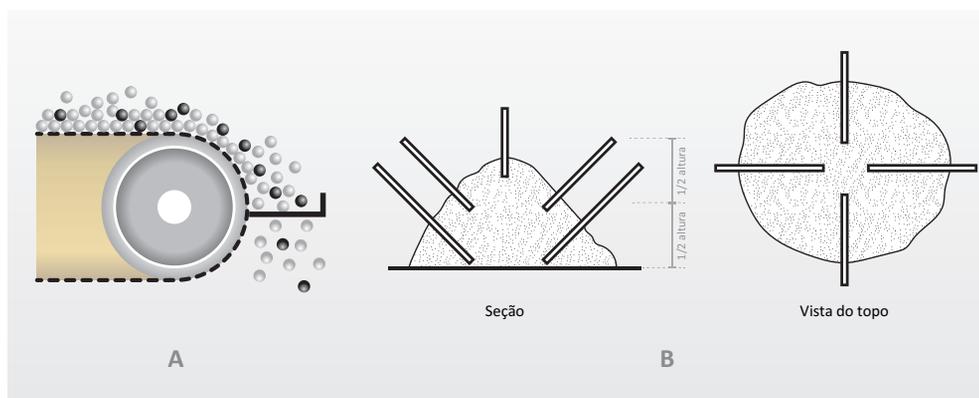
A granulometria do agregado obtida pelo britador de mandíbula é mais grosseira (Metso, 2014a), podendo gerar agregados reciclados com quantidade insuficiente de finos ($< 0,42$ mm). A mistura com solo de escavação pode aumentar essa quantidade, melhorando a adequação do produto às normas vigentes. A granulometria do agregado obtida pelo britador de impacto é menos grosseira (Metso, 2014b), podendo gerar quantidade mais elevada de finos ($< 0,42$ mm). A mistura do resíduo britado com solo sem o devido controle pode implicar em não adequação do produto às normas. Assim, deve-se comparar a granulometria do agregado reciclado produzido pelas usinas com os valores limites de norma, propondo eventual reajuste da regulagem do britador.

As britas corridas recicladas (< 63 mm) para uso em vias devem ser organizadas em lotes de produção mensais ou de, no máximo, 1.500 m^3 (NBR 15.116: 2004). Adota-se o que primeiro ocorrer. Deve ser produzido 1 laudo para cada lote de agregado produzido e utilizado. Assim, a cada lote de brita corrida reciclada, deve ser realizada a coleta de, no mínimo, 10 amostras incrementais de, no mínimo, 10 kg, ao longo do período de produção de lote, até se obter 100 kg de amostra representativa global, a ser encaminhada para ensaios de controle de qualidade.

A amostra representativa deve ser coletada após a britagem, preferencialmente, a partir dos transportadores de correia, no momento da descarga do material na sua pilha de estoque. A amostra também pode ser coletada diretamente na pilha de estoque, embora implique em maiores erros de amostragem do material. Neste caso, deve-se realizar a coleta em pontos diferentes da pilha, da base até o topo, em diferentes posições (NBR 10.007: 2004; NM26: 2009). O lote de brita corrida reciclada atenderá a qualidade requerida quando a amostra coletada atender aos critérios de controle de qualidade. Por isso, é fundamental que esse procedimento de coleta de amostra seja bem feito.

FIGURA 23

COLETA DE AMOSTRA, APÓS A BRITAGEM, NO FINAL DO TRANSPORTADOR DE CORREIA (A) E EM PILHA CÔNICA. A AMOSTRAGEM NA CONDIÇÃO (A) É MAIS REPRESENTATIVA (PETERSEN ET AL., 2005)



Fonte: Google images

4.1.3 CONTROLE DE QUALIDADE DA BRITA CORRIDA RECICLADA

Para garantir desempenho e durabilidade de um pavimento, devem ser realizados os ensaios relacionados nas normas NBR 15.115: 2004 e NBR 15.116: 2004. Os critérios mínimos estabelecidos da brita corrida reciclada para uso em pavimentação estão apresentados nas **TABELAS 12 e 13**.

TABELA 12

CRITÉRIOS GERAIS PARA USO DE BRITA CORRIDA RECICLADA EM VIAS (NBR 15.116:2004)

Propriedades	Agregado reciclado classe A		Normas de ensaios	
	Graúdo	Miúdo	Agregado graúdo	Agregado miúdo
Composição granulométrica	não uniforme e bem graduada com coeficiente de uniformidade $C_u \geq 10$		NBR 7.181	
Dimensão máxima característica	≤ 63 mm		NBR NM 248	
Índice de forma	≤ 3	-	NBR 7.809	-
Teor de material passante na peneira 0,42 mm	entre 10% e 40%		NBR 7.181	
Contaminantes - teores máximos em relação à massa do agregado reciclado (%)	Materiais não minerais de mesmas características (*)	2	Anexo A	Anexo B
	Materiais não minerais de características distintas (*)	3	Anexo A	Anexo B
	Sulfatos	2	NBR 9.917	

(*) Para efeito dessa norma, são exemplos de materiais não minerais: madeira, plástico, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos

TABELA 13

CRITÉRIOS ESPECÍFICOS PARA USO DE BRITA CORRIDA RECICLADA EM VIAS (NBR 15.116:2004)

Aplicação	ISC (CBR) %	Expansibilidade %	Energia de compactação
Material para execução de reforço de sub-leito	≥ 12	$\leq 1,0$	Normal
Material para execução de revestimento primário e sub-base	≥ 20	$\leq 1,0$	Intermediária
Material para execução de base de pavimento(*)	≥ 60	$\leq 0,5$	Intermediária ou modificada

(*) Permitido o uso como material de base somente para vias de tráfego com $N \leq 10^6$ repetições do eixo padrão de 8,2tf (80kN) no período de projeto

A brita corrida reciclada contendo conteúdo elevado de cerâmica vermelha (> 20% da massa) é menos resistente, podendo não ser apropriada para uso como camada de base de vias. Porém, essa característica geralmente não limita o uso do material como subbase ou revestimento primário (via provisória) de pavimento.

Conforme previsto na especificação NBR 15.115 (2004), caso o agregado reciclado ainda não atenda as exigências de ISC indicadas na **TABELA 7**, podem ainda ser realizados ajustes na distribuição

granulométrica do agregado, conforme os intervalos granulométricos sugeridos pela NBR 11.804: 1991 e DER: 2005 para bases de pavimento com maior volume de tráfego. Outra possibilidade é adicionar cimento e/ou cal hidratada ao agregado reciclado, de acordo com as normas NBR 12.261: 1991 e NBR 12.262: 1991, construindo-se efetivamente bases de pavimentos rígidos, com resistência e durabilidade compatíveis com vias de elevado volume de tráfego (requeridas em certos pátios ou pisos industriais). Neste caso, são necessários estudos específicos para se definir as melhores misturas de cimento e agregados reciclados e a realização de ensaios complementares de resistência à compressão.

4.1.4 CONTROLE DE QUALIDADE DA VIA

O lote de brita produzido deve ser transportado em caminhões até o local de aplicação. Como o volume do lote é geralmente superior ao volume dos caminhões de transporte, é necessário reduzir esse volume total com cuidado. Essa redução deve ser feita coletando-se o material em diferentes posições na pilha (item 5.1.2, FIGURA 23), para se reduzir a variabilidade do material entre uma carga de transporte e outra. Para garantir desempenho e durabilidade de um pavimento, devem ser realizados determinados ensaios nas vias e seguidos alguns procedimentos práticos (NBR 15.115: 2004), conforme descritos a seguir:

a) Umidade: a cada 700 m² de via, realizar 3 determinações, admitindo uma variação de $\pm 1,5\%$ com relação a umidade ótima obtida pelo ensaio de laboratório. A quebra de partículas durante a compactação pode levar à necessidade de uso de caminhão pipa para molhar novamente o material uma vez que, devido à quebra durante a compactação, novas faces de agregados ficam expostas e devem ser “lubrificadas” com água para viabilizar a densificação.

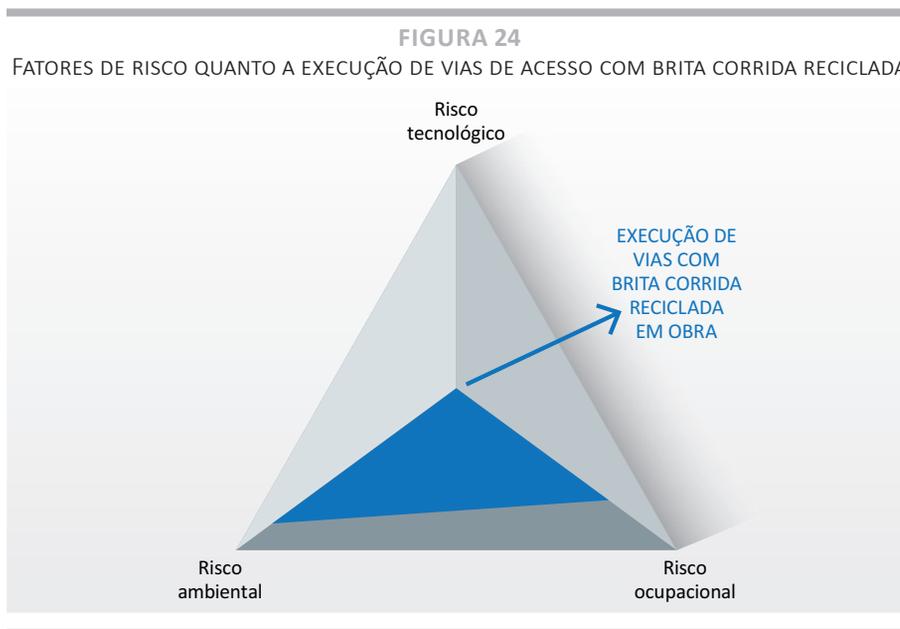
b) Compactadores: devem ser do tipo pé-de-carneiro vibratório e liso vibratório, que empregam maior energia de compactação em campo e realizam preliminarmente a quebra do agregado reciclado de baixa qualidade no momento da execução (Mota, 2005; Leite, 2007), evitando-se que este tipo de mudança implique em redução de vida útil de serviço da via.

c) Espessura da camada compactada: deve estar entre 10 e 20 cm, após a compactação. Camadas acima de 20 cm devem ser subdivididas.

d) Massa específica aparente *in situ*: a cada 400 m² de via, realizar 3 determinações, alternando borda direita, eixo e borda esquerda. A relação entre o valor de campo e obtido pelo laboratório deve ser superior a 1.

4.1.5 FATORES DE RISCO

Os fatores de risco relativos a execução de vias de acesso com brita corrida reciclada em obras a partir da demolição de edifícios antigos estão apresentados na **FIGURA 24**.



Os fatores de risco tecnológicos envolvidos estão descritos abaixo:

- Expansão do pavimento por conteúdo excessivo de gesso na brita corrida reciclada;
- Grau de compactação impróprio da via por falta de controle da variabilidade da brita corrida reciclada;
- Durabilidade limitada da via, causada por deformação excessiva ou falta de resistência à abrasão.

Com relação aos fatores de risco ambientais, são identificados os seguintes itens:

- Contaminação do local devido à presença de resíduo perigoso não identificado no resíduo de demolição (não propriamente triado);
- Contaminação do lençol freático, por lixiviação excessiva de cálcio e sulfato ou resíduo perigoso presente na brita corrida reciclada não devidamente triada.

Com relação aos fatores de risco ocupacionais, os itens identificados estão apresentados abaixo:

- Riscos de acidentes, inclusive fatais e danos ao sistema músculo-esquelético, por causa do manuseio intenso de máquinas pesadas (escavadeiras, rompedores, usinas móveis de britagem etc.);
- Danos ao sistema respiratório e visual causado pelo aumento significativo da emissão de particulado devido a demolição e britagem de resíduos no mesmo local;

- Danos ao sistema auditivo e músculo-esquelético pelo aumento significativo de ruído e vibração no local da obra;
- Risco de choque elétrico e acidentes pelo uso desses equipamentos.

Os fatores que agravam esses riscos são:

- Edifícios a serem demolidos contendo muitos componentes de gesso, de cimento amianto, pintura com metal pesado, lâmpadas, tubulações de chumbo, equipamentos elétricos, baterias e outros componentes contendo ácidos, graxas e metais pesados;
- Ausência de processos projetados de desconstrução (desmontagem), capazes de separar os resíduos perigosos ou contaminantes dos resíduos de concreto e de alvenaria (que podem ser reciclados como agregados);
- Ausência de testes de caracterização e controle de heterogeneidade da brita corrida reciclada, em termos de composição, granulometria e índice de forma;
- Ausência de mapas de risco na demolição e sua interferência nas atividades da obra.

Os fatores que mitigam esses riscos são:

- Demolidora qualificada para realizar serviços de desmontagem de edifícios antigos e controlar os riscos ocupacionais na obra;
- Caracterização e controle de qualidade da brita corrida reciclada, de acordo com norma brasileira;
- Controle durante a execução da via na obra, de acordo com a norma brasileira.

4.1.6 REPLICABILIDADE

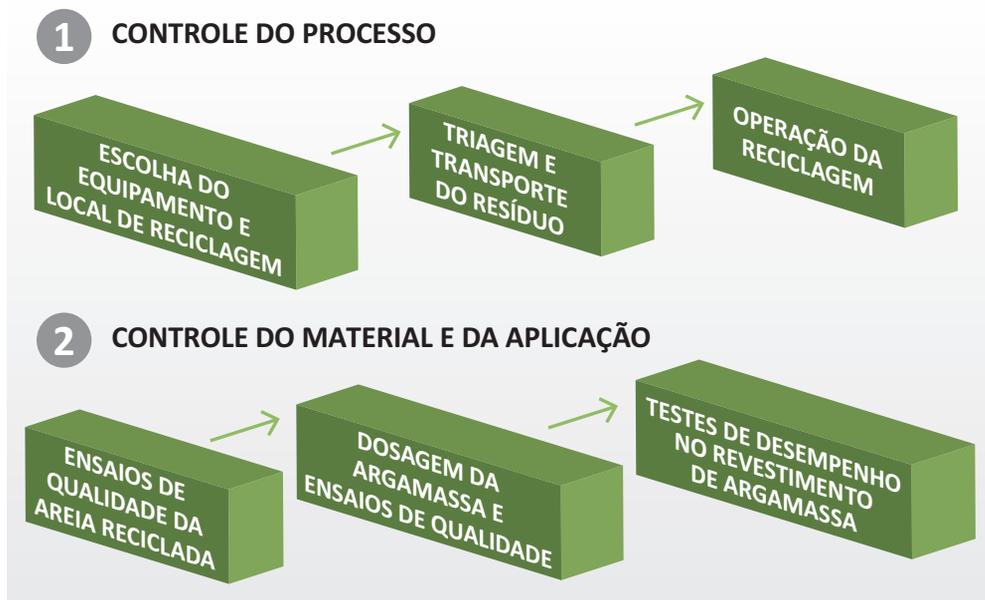
Moderada. Viável em obras de médio e grande porte que requerem demolições de edifícios obsoletos de múltiplos pavimentos.

4.2 ARGAMASSAS COM AREIA REICLADA

A obtenção da areia reciclada proveniente dos resíduos cimentícios ou mistos (cimentícios e cerâmicos) da obra e sua aplicação em argamassas de contrapiso, de assentamento e de revestimento na própria obra, implica na gestão de duas etapas distintas (**FIGURA 25**): uma relativa ao processamento, e outra relativa ao controle de qualidade do material e sua aplicação.

FIGURA 25

ETAPAS DE CONTROLE PARA A OBTENÇÃO DE ARGAMASSA COM AREIA RECICLADA EM OBRA



4.2.1 ESCOLHA DE EQUIPAMENTOS E LOCAL DE RECICLAGEM

A reciclagem dos resíduos cimentícios e cerâmicos (resíduo classe A pela resolução CONAMA no 307/2002 e suas alterações) da obra e seu uso como agregado reciclado na própria obra, implica na compra ou locação de britadores ou peneiradores. Por serem equipamentos desenvolvidos para operações de grande porte e com produtividade elevada (até 1.500 t/h), são incompatíveis com as necessidades das obras correntes, cuja geração desses resíduos se situa entre 400 e 4.000 toneladas e, num eventual processamento, o montante seria todo reciclado pelo britador de menor capacidade em menos de três meses. Assim, a reciclagem desses resíduos só é viável por meio do uso de britadores, peneiradores ou conjuntos (britadores e peneiradores) de porte bem mais restrito (< 20 t/h) desenvolvidos especificamente para essa finalidade (**TABELA 14**). Devem ser ainda mais leves e compactos do que os apresentados no caso anterior, pois se destinam a canteiros de obras que não realizam conjuntamente demolições.

No mercado brasileiro, são encontrados equipamentos nacionais e importados, que podem ser locados ou comprados. Há também um amplo mercado de venda de equipamentos usados, pois equipamentos de mineração possuem ciclo de vida longo.

TABELA 14

CARACTERÍSTICAS DE ALGUNS CONJUNTOS MÓVEIS COMPACTOS PARA OBRAS DE CONSTRUÇÃO

Conjunto nacional	Conjunto importado	Características
		<p>Britador de mandíbula compacto</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produção: 1-18 t/h - Dimensões: 1,0 - 4,0 x 0,7 - 1,5 x 1,2 - 1,5 m - Dmax agregado: 6 - 80 mm - Potência do motor: 3 - 21 KW - Massa: 780-3.400 kg
		<p>Britador de impacto compacto (martelos)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produção: 2 - 12 t/h - Dimensões: 2,7 - 6,7 x 1,1 - 1,2 x 1,7 - 2,0 m - Dmax agregado: < 25 mm - Potência do motor: 7,5 - 20 KW - Massa: 900 - 1.900 kg
		<p>Peneirador móvel</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produção: 13 t/h - Dimensões: 1,5 - 2,0 x 0,6 - 0,8 x 1,5 - 1,8 m - Dmax agregado: 5 - 80 mm - Potência do motor: 1,1 KW - Massa: 350 - 520 kg

Imagens extraídas de site de fabricantes de equipamentos comercialmente disponíveis

Além das características de dimensão e massa e sua adequação à realidade de cada obra, a principal diferença existente são os tipos de britadores (**TABELA 15**). Os britadores utilizados são os de mandíbula, de impacto (eixo horizontal ou martelos) ou de rolo.

Nos britadores de mandíbula, a abertura da mandíbula é utilizada para se definir a dimensão máxima do agregado reciclado. Nesses britadores, por limites operacionais, a dimensão máxima dos agregados reciclados é de 6 a 10 mm, ocorrendo a produção tanto de areia quanto brita reciclada. Assim, mesmo que a quantidade de areia reciclada seja maior que a de brita, uma operação complementar de peneiramento se faz necessária na reciclagem. A areia reciclada é assim destinada para uso em argamassa, enquanto que a brita reciclada como lastro de piso ou em valas. A possibilidade de trabalhar com resíduo com alguma umidade, os menores custos para aquisição e manutenção, tornam esse equipamento bastante atrativo para os canteiros de obras.

Britadores de impacto, por sua vez, possuem maior capacidade de reduzir a dimensão do agregado reciclado, sendo possível, por meio deste equipamento, produzir apenas areia reciclada. Porém, tais britadores possuem maior desgaste das suas peças em relação aos britadores de mandíbula. A umidade, em ambos os casos, favorece a corrosão e o entupimento do equipamento, mais problemática nos britadores de impacto, pois são constituídos de uma câmara fechada de britagem. Por isso, seu uso em obra só é interessante quando se controla as condições de armazenagem e se mantém os resíduos secos.

TABELA 15

ASPECTOS RELACIONADOS À ESCOLHA DO BRITADOR, COM CAPACIDADES PRODUTIVAS SEMELHANTES (CHAVES, 1992)

Tipo de britador	Vantagens	Desvantagens
Mandíbula	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alta produtividade (paradas menos frequentes por causa de entupimento com resíduo úmido). 2. Baixo custo operacional (menor desgaste de peças). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produz tanto brita quanto areia reciclada, requerendo peneiramento para separar as frações.
Impacto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pode produzir apenas areia reciclada, dispensando peneiramento. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menor produtividade (paradas mais frequentes por causa de entupimento com resíduo úmido). 2. Maior custo operacional (maior desgaste das peças). 3. É mais caro que o britador de mandíbula.
Rolo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pode produzir apenas areia reciclada, dispensando peneiramento; 2. Alta produtividade (paradas menos frequentes por causa de entupimento com resíduo úmido); 3. Baixo custo operacional (menor desgaste de peças). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Requer pré-fragmentação do resíduo na obra (< 8 mm), para ser alimentado no equipamento; 2. É mais caro que britador de mandíbula.

Britadores de rolo (Metso, 2004c) são compactos, possuem alta produtividade e custo baixo de manutenção como os de mandíbula. São, portanto, adequados para a produção da areia reciclada, mas não conseguem processar o resíduo da obra com dimensão superior a 10 mm, requerendo uma etapa de pré-fragmentação desse material. Requerem também maior custo para aquisição. Por isso, não são geralmente usados nas obras, mas podem permitir a obtenção de areia reciclada sem quantidade excessiva de finos, algo que pode ser vantajoso em obras.

A localização da operação de reciclagem deve ser, preferencialmente, em locais abertos e ventilados. A britagem ou o peneiramento implica num aumento da concentração de material particulado, expondo os trabalhadores a maiores riscos de saúde ocupacional. A presença de partículas de sílica respirável pode causar, a longo prazo, câncer no pulmão dos trabalhadores. A reciclagem pode também ser realizada em locais fechados como os subsolos, desde que os britadores ou peneiradores disponham de dispositivos de captação da poeira (FIGURA 26). Subsolos são áreas preferíveis porque atrapalham menos o fluxo de produção da obra. A molhagem do material para atenuar o material particulado não é uma opção, porque o aumento de umidade do material prejudica a etapa de peneiramento.

FIGURA 26

BRITADOR COM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO



4.2.2 TRIAGEM E TRANSPORTE DO RESÍDUO

Os resíduos cimentícios e cerâmicos devem ser imediatamente separados, após a sua geração, no próprio local (geralmente nos diferentes pavimentos-tipo ou térreo). Deve-se evitar, ao máximo, a mistura dos resíduos cimentícios e cerâmicos com os seguintes materiais (**FIGURA 27**): a) embalagens (plásticos, papéis), b) madeiras, c) gesso, d) metais, e) placas de revestimento cerâmico, azulejos ou louças sanitárias (fonte potencial de reatividade álcali-sílica) e f) solo escavado.

FIGURA 27

RESÍDUOS QUE DEVEM SER SEPARADOS PARA A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS CIMENTÍCIOS E CERÂMICOS NA OBRA



Embalagens (papel, plástico)



Madeira (fôrmas, pontaletes)



Gesso de revestimento



Sucata de aço (armação)



Placas cerâmicas



Solo escavado

Fonte: Equipe da Obra (Marcelo Scandaroli), outras obtidas através do Google Images, e dos autores.

Esses materiais, quando presentes nos agregados reciclados, implicam em perda de resistência ou integridade (fissuração) das argamassas e concretos. Fragmentos de embalagens e madeiras (materiais orgânicos, em geral) são materiais leves, pouco resistentes e podem ser atacados pelo cimento. O gesso contém sulfato e, devido a sua solubilidade, pode reagir com constituintes do cimento, formando compostos expansivos que resultam tanto em fissuração quanto perda de resistência das argamassas e concretos. Metais podem sofrer processo de corrosão, ocasionando manchamento na superfície dos materiais cimentícios. Azulejos ou louças sanitárias contêm uma camada vitrificada, que, em contato com o ambiente alcalino do cimento, forma compostos expansivos, gerando fissuração e perda de resistência das argamassas e concretos. Assim, o controle da presença desses materiais é fundamental para se obter um agregado reciclado de qualidade e obter argamassas e concretos resistentes e duráveis. Solos são materiais muito finos, que demandam água em excesso para se obter a trabalhabilidade desejada para argamassas e concretos, implicando em aumento de consumo de cimento (solução pouco econômica e ambientalmente não vantajosa).

Com relação ao transporte dos resíduos triados, os meios mais empregados nas obras são dutos de gravidade ou caixas de maior volume, movidos com elevadores de carga ou empilhadeiras (FIGURA 28). A decisão do meio de transporte está vinculada a logística do canteiro de obra. Em casos onde os elevadores são muito solicitados para o transporte de materiais, o duto será uma boa opção. Deve-se transportar resíduos cimentícios e cerâmicos limpos até esse local de processamento (FIGURA 29). A quantidade de resíduos no andar é ainda pequena e o espalhamento do material pode permitir sua secagem preliminar, antes da estocagem no local de reciclagem propriamente dito. Essa secagem melhora as condições operacionais da reciclagem (durante a britagem e peneiramento).

FIGURA 28

TRANSPORTE DO RESÍDUO ATRAVÉS DE DUTOS POR GRAVIDADE (A)
E POR MEIO DE EMPILHADEIRAS, CAIXAS E ELEVADORES DE TRANSPORTE DE CARGA (B)



A



B

Fonte: Google images e Grupo Vollary.

FIGURA 29

TRIAGEM DO RESÍDUO CIMENTÍCIO NO ANDAR ONDE FOI GERADO (A) ESTOQUE DE RESÍDUO MISTO (CIMENTÍCIO E CERÂMICO) LIMPO NO SUBSOLO



4.2.3 OPERAÇÃO DE RECICLAGEM

A reciclagem implica na realização de serviços adicionais na obra (FIGURA 30), além da triagem dos resíduos no momento de sua geração e transporte até o local da reciclagem. Os resíduos vão sendo gerados aos poucos durante a execução da obra e devem ser estocados em lotes mensais, de acordo com a norma NBR 15.116: 2004. Nas fases de execução das vedações internas e revestimentos das paredes e tetos, as obras de edifícios de múltiplos andares chegam a produzir 40⁽⁶⁾ a 120 m³ de resíduo/mês, podendo ser convertido em areia reciclada. Cada lote de agregado reciclado produzido deve ser caracterizado de acordo com as normas brasileiras, sendo necessária a coleta de uma amostra representativa por lote de produção.

FIGURA 30

SERVIÇOS ADICIONAIS REQUERIDOS NO PROCESSO DE RECICLAGEM



(6) $[(10.000 \text{ m}^2 \text{ obra} \times 0,050 \text{ m}^3 \text{ areia mista reciclada/m}^2) / (12 \text{ meses})] \sim 40 \text{ m}^3/\text{mês}$. Os 12 meses correspondem a um período de tempo usual em que são gerados os resíduos nessas atividades, sendo concomitantemente convertidos em areia reciclada. O porte da obra analisada corresponde a uma torre de edifício de 20 andares. Obras maiores chegam a ter três torres semelhantes, correspondendo até 3 vezes o volume de areia reciclada prevista.

A produtividade da operação é bastante afetada pela estratégia de alimentação do material (**FIGURA 31**). É preferencial alimentar os britadores por gravidade, através de desníveis de terreno. No entanto, esse tipo de estratégia é viável somente em locais abertos ou grandes canteiros. Em obras de edifícios de múltiplos pavimentos, a disponibilidade de área é menor, obrigando, muitas vezes, a concentração dessas operações no subsolo. Neste caso, a alimentação do britador deve ser realizada com transportadores de correia, devendo sempre conter calha que proteja contra queda de material, e oriente a entrada dele no transportador.

FIGURA 31

ALIMENTAÇÃO DO RESÍDUO NO BRITADOR: (A) POR GRAVIDADE, EM LOCAIS AMPLOS E COM DESNÍVEIS, OU (B) POR TRANSPORTADOR DE CORREIA, EM LOCAIS MAIS ESTREITOS E PLANOS



A

B

Fonte: Evangelista et. al. (2010) e Marcelo Candaroli, respectivamente.

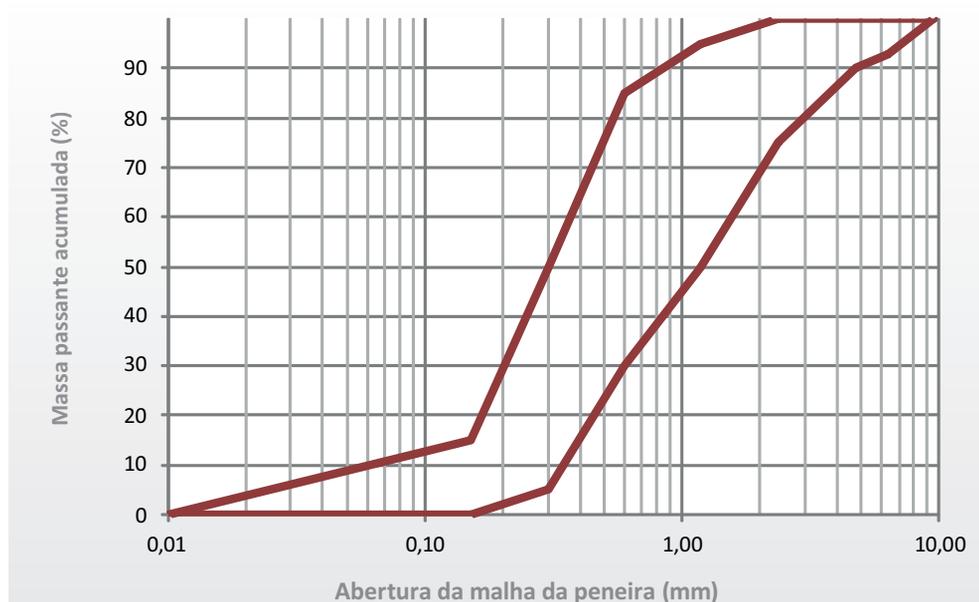
O fechamento da mandíbula ou o aumento da velocidade do rotor implica na diminuição da dimensão do agregado reciclado produzido. Em ambos os casos, há uma redução de quase metade da capacidade produtiva dos britadores (CMCrusher, 2014). Nos britadores de impacto, pode-se colocar uma tela na saída do britador, de forma a restringir a saída de material que possuam tamanho superior ao desejado.

Mesmo nas condições de produção mais restritivas, em geral os britadores não chegam a apresentar capacidade produtiva inferior àquela necessária para fragmentar todo o resíduo presente nas obras. Um ponto importante relacionado ao tipo de britador, é a granulometria resultante do agregado reciclado. Britadores de impacto geram agregados reciclados com granulometria mais fina; ou seja, com maior conteúdo de areia, se comparado aos britadores de mandíbula (Chaves, 2002). Deve-se ajustar os britadores para produzirem agregados reciclados dentro dos limites granulométricos intencionados. Alguns intervalos granulométricos de referência de areias para argamassas e concretos podem ser obtidos em normas brasileiras (NBR 7.211: 2009) (**FIGURA 32**).

Esses britadores operam sem grandes problemas operacionais com o resíduo úmido. Porém, para que o peneiramento seja feito com eficiência, permitindo a separação da areia e da brita, o mesmo deve ser realizado com o material pouco úmido (Chaves, 2002), pois a umidade abaixo da condição de saturação completa (100% de umidade) pode aglomerar o material e prejudicar a separação. Além disso, dependendo da dimensão da peneira disponível, o tempo de peneiramento pode ser insuficiente para separar adequadamente a areia da brita, devendo-se reduzir o volume de produção do material de interesse, para melhorar a eficiência do processo.

FIGURA 32

LIMITES GRANULOMÉTRICOS DE AREIA RECOMENDADOS PELA NBR 7.211: 2009



Uma forma simples de controlar a eficiência de peneiramento durante o processo de reciclagem, é realizar o ensaio de granulometria da brita obtida, e verificar o quanto de areia reciclada está contida nesta fração (Chaves, 2002). Quanto mais bem regulado for o peneiramento e menor a umidade do resíduo a ser britado, menos sobreposta será a granulometria da brita e da areia reciclada. O ensaio deve ser realizado de acordo com a norma NM 248: 2003. Em caso de mistura dessas frações, recomenda-se secar melhor o resíduo e reduzir a quantidade de material alimentado na peneira.

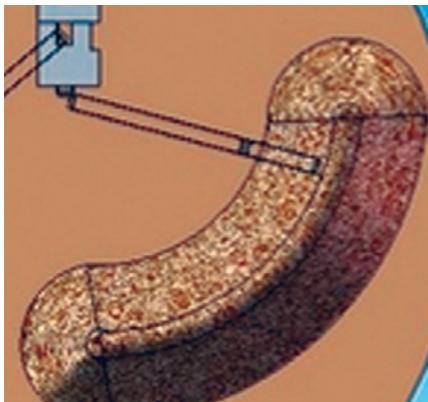
Devem ser coletados, no mínimo, 10 incrementos ao longo do período de produção, contendo, cada um deles, alguns quilos. A amostra total deve ser composta por esses diversos incrementos obtidos, contendo uma massa entre 10 e 20 quilos, que é suficiente para a realização dos ensaios de controle de qualidade da areia reciclada (item **2.2**).

Em função do tamanho dos lotes recomendados de produção (de 40 a 120 m³/mês) e limitação de altura da pilha de estoque (~2 metros) nas obras, recomenda-se trabalhar com pilhas alongadas (para aumentar a capacidade de armazenamento), utilizando-se, para isso, da movimentação dos transportadores de correia (**FIGURA 31** e **FIGURA 33**). A movimentação contínua corta em direções alternadas (do início ao fim da pilha e vice-versa) é uma técnica interessante de homogeneizar a areia reciclada, eliminando parte da variabilidade presente no resíduo (Petersen et al., 2004).

Um dos problemas para se manipular e utilizar a areia reciclada é a sua variabilidade. Quando é necessário reduzir o lote de areia reciclada produzida em sacos menores (50-100 litros), que serão empregados na dosagem das argamassas, o material precisa ser reduzido, sem perder sua representatividade. O material do lote deve ser coletado em diferentes posições na pilha (item **5.1.2**, **FIGURA 23 B**).

FIGURA 33

FORMAÇÃO DE PILHA DE ESTOQUE ALONGADA, A PARTIR DE TRANSPORTADORES DE CORREIA. O PROCESSO DE IDA E VINDA DO TRANSPORTADOR É UMA TÉCNICA QUE PERMITE A HOMOGENEIZAÇÃO DO MATERIAL (ESSA TÉCNICA É MUITO UTILIZADA EM FÁBRICAS DE CIMENTO) (PETERSEN, 2004)



Fonte: Google imagens.

Como grandes áreas de estoque não são factíveis em canteiros de obras, pode haver a necessidade de se trabalhar com lotes semanais de produção de areia reciclada. Neste caso, é importante conhecer a variabilidade das características da areia reciclada ao longo do mês e verificar se ela está dentro dos limites estabelecidos no item **2.2**. Se a variação estiver sob controle, pode-se assumir que as características dos lotes semanais são semelhantes aos dos mensais.

Para viabilizar o transporte da areia reciclada assim como a dosagem da argamassa em obra, que é geralmente realizada em volume, a areia reciclada é dividida em sacos de 50-100 litros, empregando-se um dosador, com volume padronizado (**FIGURA 34**). Como a umidade da areia reciclada pode causar inchamento, alterando esse volume de referência, deve-se trabalhar com a areia reciclada na condição seca, garantindo a uniformidade do traço da argamassa na obra.

FIGURA 34

DOSADOR DE AREIA, EM VOLUME (A) E ESTOQUE DE SACOS DE AREIA RECICLADA (B)



A



B

4.2.4 CONTROLE DE QUALIDADE DA AREIA RECICLADA

O primeiro passo fundamental é certificar se a qualidade da areia reciclada que será obtida através da reciclagem, apresenta características que permitam a elaboração de traços de argamassa. Ela deve ter um comportamento adequado quanto a trabalhabilidade e ao desempenho mecânico, dentro de custos e impactos ambientais aceitáveis. É usual adotar os mesmos ensaios e limites técnicos estabelecidos para o uso dos agregados reciclados no concreto (NBR 15.116: 2004).

Para as areias recicladas, impurezas como madeira, papel, asfalto e gesso são leves e flutuam em líquido com densidade de 1,9 kg/dm³ (NBR 15.116: 2004). Assim como pequenos pregos, elas podem ser triadas por catação com auxílio de lupa. O teor total delas, em relação a massa inicial, deve ser inferior a 3%. O teor de cada tipo de impureza também não deve ultrapassar 2% da massa. Na suspeita de teores elevados de gesso, a determinação do de sulfatos é recomendável. O teor limite deste ensaio é 1%.

São recomendados também teores limites de material fino passante na peneira de 75 µm de 6,5% da massa, para areia natural (NBR 7.211: 2009). O ensaio deve ser realizado de acordo com a norma NM 46: 2009. Para a areia reciclada, este limite pode chegar até 20% da massa. Essa característica interfere na trabalhabilidade da argamassa, requerendo aumento de água e, eventualmente, de cimento, para conseguir manter o desempenho mecânico. O consumo elevado de água na argamassa, devido à presença de finos, pode aumentar a retração e gerar fissuração no revestimento. Miranda (2005) propôs um limite de 5% da massa para o material fino para evitar esse tipo de problema.

Areia natural, que geralmente apresenta teores de fino baixo (< 1%) pode ser perfeitamente combinada com a areia reciclada, desde que esse teor combinado de finos não ultrapasse 5-6%. Para casos ainda mais genéricos, recomenda-se que o teor total de material fino passante na peneira de 75 µm (obtido na areia natural, na areia reciclada, e nos ligantes- cimento e cal) seja inferior a 23% da massa seca dos constituintes da argamassa (Miranda et al., 2013).

Em função dos possíveis problemas de retração e fissuração do revestimento de argamassa, recomenda-se também adotar a absorção de água (de acordo com a norma NM 30: 2009) da areia reciclada abaixo de 6% (Miranda, 2005).

Ensaio de massa específica (de acordo com a norma NM 52: 2009), massa unitária (de acordo com a norma NM 45: 2006) e curva de inchamento (de acordo com a norma NBR 6467: 2006) podem ser necessários para a elaboração de estudos de dosagem e definição de traços para as argamassas.

4.2.5 CONTROLE DE QUALIDADE DA ARGAMASSA

A argamassa com areia reciclada pode ser produzida por equipe própria da construtora na obra. Nos casos em que a argamassa utilizada é industrializada, há opção por serviço terceirizado de reciclagem em obra e preparação de argamassa ensacada com areia reciclada. A construtora, neste caso, praticamente dispensa todas as responsabilidades associadas à reciclagem em obra, tais como: (a) escolha de equipamentos, (b) triagem e transporte dos resíduos até o local de reciclagem, (c) controle da operação, (d) responsabilidade pela caracterização da areia natural ou reciclada empregada na produção da argamassa ensacada e (e) responsabilidade na definição da dosagem e das características das argamassas. Por outro lado, ainda permanece a responsabilidade sobre o desempenho das argamassas após a aplicação.

A argamassa dosada em obra é geralmente feita a partir de traço misto, calculado a partir de massa de 1 saco de cimento e 1 de cal, e um volume pré-determinado de sacos de areia. Do total

previsto de sacos de areia, foi considerada tecnicamente viável (sem qualquer aumento de consumo de cimento) a substituição de até 20% do volume de areia natural por areia reciclada mista. Essa porcentagem corresponde a quantidade máxima utilizada por construtoras participantes do projeto.

No caso da areia reciclada cimentícia (sem a presença de cerâmica vermelha), esse teor de substituição de areia natural por areia reciclada pode ser maior. Foi considerada tecnicamente viável por construtoras participantes do projeto, a substituição de até 60% do volume de areia natural por areia reciclada cimentícia. Esse teor elevado pode implicar num aumento de consumo de cimento.

Caso as areias apresentem umidade, as mesmas requerem a determinação da umidade em obra e considerações quanto ao coeficiente de inchamento. A água presente na areia deve ser descontada do total de água a ser adicionada no traço.

No caso das empresas terceirizadas que oferecem a argamassa ensacada com areia reciclada pronta para uso, dispensando o controle da produção da argamassa, o cimento e a areia reciclada (seca) são misturados, próximos ao local de reciclagem, num misturador de eixo horizontal (**FIGURA 35 A**). Para melhorar as características reológicas das argamassas recicladas, o traço pode eventualmente incluir aditivos incorporadores de ar. O uso desses aditivos se torna viável também pelo fato da obra usar misturadores mais potentes do que as betoneiras convencionais. A argamassa com areia reciclada cimentícia é finalmente ensacada, retornando aos andares onde os serviços de argamassas estão sendo executados.

FIGURA 35

MISTURADOR PARA AREIA RECICLADA E O CIMENTO (A) E A ARGAMASSA ENSACADA (B)



Como a areia reciclada não foi seca através de processo industrial totalmente controlado, existe umidade residual no material, podendo desencadear a hidratação parcial do cimento presente. Isso implica em estabelecer um prazo de validade para a argamassa, a fim de assegurar o desempenho do produto. A empresa produtora estabelece geralmente um prazo de 24 horas. Esse procedimento resulta no estabelecimento de um ritmo sincronizado entre o produto ofertado pelo reciclador e a

demanda de produto na obra. Problemas de relacionamento entre as partes podem acarretar desperdício e aumento de geração de resíduos na obra, assim como inviabilizar o retorno esperado por meio da reciclagem. Por isso, essa prática tem tido problemas quanto a sua replicabilidade.

Argamassas são produtos com características bastante variáveis. Deve-se também certificar a qualidade dos lotes mensais produzidos e realizar uma amostragem aleatória dos sacos de argamassas ensacadas ou daquelas produzidas em betoneira. As argamassas de assentamento, de revestimento e de contrapisos devem ser caracterizadas por um conjunto de ensaios e classificadas de acordo com a norma NBR 13.281: 2005. Os ensaios mais importantes estão descritos abaixo:

- Retenção de água da argamassa (no estado fresco) (NBR 13.277: 2005), com valores normalizados acima de 78%;
- Densidade de massa e teor de ar incorporado da argamassa (estado fresco) (NBR 13.278: 2005). Valores normalizados mais usuais da densidade de massa estão entre 1.400 e 2.000 kg/m³;
- Resistência à compressão e à tração na flexão (NBR 13.279: 2005). Valores normalizados mais usuais estão entre 2 e 8 MPa, e entre 1,5 e 3,5 MPa, respectivamente;
- Resistência potencial de aderência à tração (NBR 15.258: 2005) com valores normalizados mais usuais acima de 0,2 MPa;

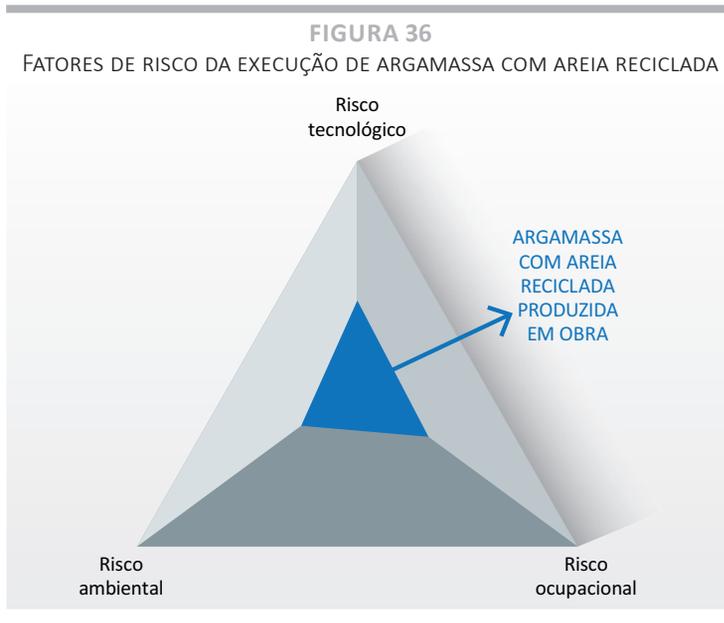
Com relação à resistência de aderência à tração das argamassas de contrapiso, deve-se utilizar a norma NBR 13.528: 2010 e o valor obtido deve ser superior a 0,3 Mpa aos 28 dias.

4.2.6 FATORES DE RISCO

Os fatores de risco envolvidos no uso da argamassa com areia reciclada estão apresentados graficamente na **FIGURA 36**. Abaixo, estão descritos detalhadamente os riscos identificados caso a caso.

Os fatores de risco tecnológicos são os seguintes:

- Baixa produtividade do equipamento de reciclagem por paradas frequentes e acúmulo de resíduos em áreas de estoque das obras;
- Surgimento de fissuras na argamassa, por falta de controle da variabilidade da areia reciclada mista;
- Perda de resistência de aderência no revestimento, devido a piora no comportamento reológico da argamassa com areia reciclada mista;
- Expansibilidade por uso de areia reciclada com materiais indesejáveis (gesso e vidro cerâmico), não devidamente removidos nas operações de triagem dos resíduos em obra;
- Durabilidade menor, por causa da menor dureza superficial e retração mais elevada do revestimento de argamassa na fase de uso do edifício;
- Hidratação prematura da argamassa pré-ensacada, por secagem não adequada da areia reciclada (condições não industriais, não adequadamente controladas);
- No caso da argamassa pré-ensacada, indisponibilidade ou excesso de produto no momento de uso, devido à falta de sincronia entre a atividade de geração de resíduo e a atividade de uso da argamassa na obra. A falta de produto pode levar ao aumento do desperdício de materiais na obra.



Os fatores de risco ambientais estão descritos a seguir:

- Aumento da pegada de carbono da argamassa, por requerer aumento de consumo de cimento para manter a resistência, quando se substitui a areia natural pela reciclada;
- Lixiviação de íons solúveis da argamassa (íons cálcio, álcalis etc) no uso externo;
- Piora de todos os indicadores ambientais, caso a vida útil desses materiais esteja abaixo daquela da argamassa comum e existe a necessidade de substituição antes do prazo estabelecido.

Os fatores de risco ocupacionais estão listados abaixo:

- Danos ao sistema respiratório e visual causados pela emissão de particulado devido ao uso de britadores e peneiradores;
- Danos ao sistema auditivo pelo aumento do ruído;
- Risco de choque elétrico e acidentes pelo uso impróprio desses equipamentos;
- Riscos de acidentes devido ao manuseio impróprio dos equipamentos e dos materiais ensacados;
- Risco de acidente na operação do britador e demais equipamentos.

Os fatores que agravam esses riscos são:

- Falta de planejamento ou sincronia entre as atividades de produção da obra e de reciclagem;
- Contaminação por gesso ou vidro cerâmico na areia reciclada, associada a uma triagem ineficiente dos resíduos;

- Variabilidade de fornecedores ou baixo controle dos materiais e componentes, particularmente os de cerâmica vermelha;
- Variabilidade da composição, granulometria, absorção de água e teor de finos da areia reciclada;
- Ausência de controle da umidade da areia reciclada;
- Falta de controle de dosagem da argamassa;
- Aplicação manual do revestimento, por mão-de-obra não adequadamente qualificada;
- Ausência de testes de avaliação de desempenho das argamassas em uso;
- Ausência de avaliação quantitativa ambiental; tais como Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) simplificada e pegadas de carbono (protocolo GHG);
- Ausência de mapas de risco nos locais de operação da reciclagem.

Os fatores que mitigam esses riscos são:

- Controle de triagem de resíduos na obra;
- Homogeneidade e controle dos materiais e componentes convencionais utilizados (cimento, cal, areia, blocos), incluindo os mesmos fornecedores ao longo de toda a obra;
- Baixo teor de cerâmica vermelha na areia reciclada;
- Controle de umidade do resíduo e da areia reciclada;
- Teor reduzido de finos na areia reciclada;
- Uso de incorporador de ar na argamassa para melhorar seu comportamento reológico;
- Uso restrito a argamassa de revestimento interno, de assentamento ou de contrapiso;
- Avaliação de desempenho das argamassas em uso, aplicando-se a norma NBR 15.575;
- Uso de EPIs.

4.2.7 REPLICABILIDADE

Baixa a moderada. Viável apenas em obras de grande porte com constância de fornecedores e qualidade uniforme. Quando se opta por trabalhar apenas com areia reciclada cimentícia (para reduzir a variabilidade da qualidade da areia reciclada), o serviço de reciclagem só é aplicável aos edifícios com vedação em alvenaria de blocos de concreto ou em painéis cimentícios.

4.3 OUTRAS PRÁTICAS

Existem algumas práticas simples que envolvem pouco risco técnico, ocupacional e ambiental. Um exemplo identificado foi o estabelecimento de logística reversa de resíduos de blocos de concreto entre construtora e fabricante. Neste caso, a obra não assume a responsabilidade sobre a qualidade do agregado reciclado e seus produtos resultantes, transferindo-a diretamente ao fabricante de bloco de concreto (que usualmente toma para si esse risco). Outro exemplo já identificado em algumas obras industriais de grande porte é o reúso de solo orgânico (camada superficial do solo escavado), um recurso nobre e de grande valor econômico. Finalmente, as sobras de concreto fresco e vergalhões de aço podem ser utilizados para confecção de pequenos elementos pré-fabricados em canteiro (vergas e contravergas), reduzindo o desperdício destes materiais, antes de se transformarem em resíduos. Tais práticas são detalhadas nos itens a seguir.

4.3.1 LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS DE BLOCO DE CONCRETO

Essa prática é um exemplo de logística reversa entre construtora e empresa fabricante de materiais. Para sua implantação, as seguintes atividades foram implementadas na obra:

1. Elaboração de um sistema de triagem de resíduos de blocos de concreto;
2. Transporte dos resíduos de blocos triados até a fábrica de blocos de concreto;
3. Uso dos blocos de concreto reciclado fornecidos pela fábrica na obra.

Na fábrica de blocos de concreto, foram realizadas as seguintes atividades:

1. Britagem dos resíduos de blocos de concreto em pedrisco reciclado de concreto;
2. Controle de qualidade do pedrisco reciclado (granulometria, teor de contaminantes etc.) e incorporação desse material na formulação do bloco de concreto de vedação, sem interferir nos parâmetros críticos de qualidade (resistência à compressão, absorção de água etc.);
3. Fornecimento de blocos de concreto reciclados com qualidade controlada para a construtora. Assim, a mesma consegue praticar a reciclagem no canteiro, sem se tornar uma produtora de materiais de construção e assumir os riscos envolvidos neste processo.

O projeto vem sendo implantado há três anos. Antes da decisão por esse projeto, a construtora vinha investindo em reciclagem do resíduo na própria obra, mas não conseguiu compatibilizar a oferta de resíduos e demanda por agregados reciclados, além de observar que a prática poderia estar estimulando o desperdício de material na obra. Assim, alterou sua estratégia para uma que privilegiasse a minimização da geração de resíduos classe A.

A construtora enfrentava problemas com quebra excessiva de blocos de concreto durante o manuseio, atribuída a baixa qualidade dos mesmos. Decidiu selecionar um fornecedor que garantisse perdas reduzidas durante o transporte (paletizado e com blocos mais resistentes). Houve uma redução na geração de resíduos na obra. Ao invés de fomentar a implantação da reciclagem no canteiro, investiu no treinamento e triagem dos resíduos de blocos de concreto, de forma que a qualidade do resíduo enviado fosse compatível com as exigências do fabricante de blocos de concreto para a produção de agregados reciclados. As fábricas de blocos de concreto têm a prática de reciclar parte dos seus próprios resíduos da fabricação de blocos de concreto em novos produtos.

Com relação ao transporte dos resíduos até a fábrica de blocos, não houve impacto no custo, porque o serviço foi contratado, por preço médio, para diversas obras (não era estabelecido um preço de caçamba em função da distância específica entre o local de origem e o de destino). Não houve também custo para dispor o resíduo na fábrica de blocos, que, em seguida, produziu o pedrisco reciclado de concreto, sem qualquer cobrança de aquisição ou de transporte (sem frete). Assim, a parceria se tornou interessante para as duas partes envolvidas.

4.3.1.1 *Triagem na obra*

Resíduos de blocos de concreto provenientes das obras podem conter teores de material fino (< 75 µm) elevado, devido à incorporação dos resíduos de varrição ou até mesmo dos resíduos cimentícios de revestimento de fachada.

Foi então criada uma caçamba específica para recebimento de resíduos de bloco de concreto triados na obra. Foi realizado um treinamento para qualificar os mestres, pedreiros e auxiliares envolvidos na realização desse serviço de triagem.

Foi adotado um procedimento de controle para o recebimento dos resíduos. Por meio dele, a foto da caçamba contendo o resíduo é enviada para a fábrica. Se considerada apta, a obra transporta o resíduo até a fábrica. A caçamba tem uma identificação específica, fornecendo rastreabilidade ao processo. A mesma deve então ser descarregada, onde é realizada uma análise visual pela equipe da fábrica de bloco de concreto para identificar: a) se há embalagens de papel ou de plástico, não sendo admitida a presença de resíduos orgânicos (restos de comida, por exemplo); e b) se existe mistura de resíduos de varrição ou materiais cimentícios de revestimento de fachada⁽⁷⁾ (material pulverulento).

Foi criada uma escala de satisfação para o recebimento do resíduo de bloco de concreto com as seguintes definições: 1) triagem satisfatória (não requer triagem adicional na fábrica), 2) regular (possível de ser triado e limpo na fábrica) e 3) insatisfatória (impossível ser triado na fábrica e deve retornar a obra ou ser encaminhada para outro destino – ATT). Nos casos onde o retorno do resíduo era requerido, as causas eram descritas, para conhecimento de toda a equipe envolvida.

Após três anos de implantação, o índice de satisfação é elevado (acima de 90%).

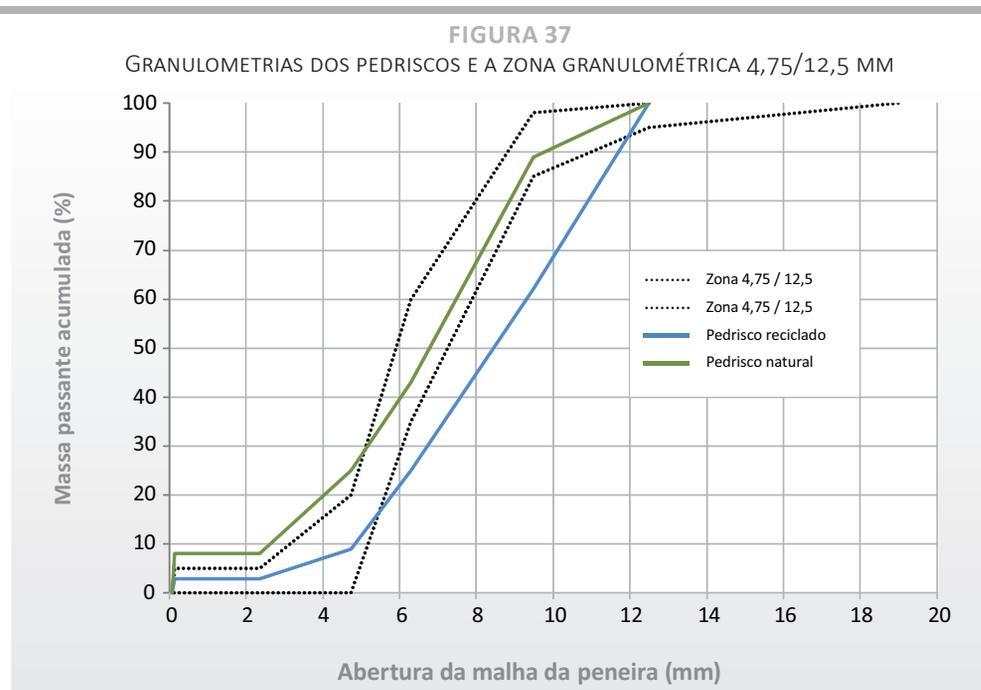
4.3.1.2 *Controle de qualidade na fábrica*

Como a reciclagem é realizada em pequena escala, apenas o suficiente para britar os resíduos da própria fábrica e os resíduos de alguns canteiros de uma única construtora, são empregados britadores de pequeno porte (< 20 t/h).

Como a demanda por uso de agregados é elevada, a fábrica de blocos de concreto dispõe de laboratório interno para controle de qualidade desses materiais, realizando monitoramento diário. Assim, o pedrisco reciclado de concreto deve ser amostrado (conforme os procedimentos descritos anteriormente) e caracterizado quanto a sua granulometria (NM 248: 2003). Na fábrica, procura-se regular o britador de forma a atender os valores limites das zonas granulométricas do pedrisco natural (**FIGURA 37**), permitindo a substituição do agregado natural pelo reciclado sem grandes

(7) O teor excessivo de finos nos agregados reciclados causa descontrole granulométrico da mistura de agregados, parâmetro fundamental para se manter a uniformidade da produção dos blocos de concreto.

interferências nos procedimentos de dosagem da fábrica. O uso de britadores de mandíbula implica em granulometrias mais grosseiras enquanto britadores de impacto, em menos grosseiras. A seleção e regulagem do britador pode facilitar o processo de adequação da granulometria do agregado reciclado aos limites normalizados previstos.



Além disso, o teor de impurezas orgânicas do pedrisco reciclado deve ser controlado diariamente pela NBR 15.116: 2004. Esses dois ensaios permitem a formulação apropriada dos blocos de concreto, garantido o desempenho esperado do produto.

Semestralmente, quando os lotes de pedrisco reciclado de concreto chegam a 1.500 m³, devem ser realizados todos os ensaios nos agregados reciclados previstos pela NBR 15.116: 2004, geralmente feito por terceira parte. O teor de material fino (< 75 µm) é um critério importante. Não existe, neste caso, qualquer necessidade de controle por parte da construtora. São adicionados em teores inferiores a 5% da massa total de agregados, causando pouca interferência na curva granulométrica ideal dos mesmos, necessária para adequada produção de blocos de concreto.

A fábrica de blocos segue o programa de qualidade setorial e, portanto, atende as normas brasileiras. Para fins de controle de qualidade dos blocos de concreto, os lotes de produção devem ser formados com até 100.000 blocos. O número de amostras de blocos a serem ensaiadas depende do tamanho de cada lote. Informações mais detalhadas podem ser obtidas na norma NBR 6.136: 2007. Por essa norma, os blocos vazados como vedação (sem função estrutural) devem ser caracterizados e atender aos critérios limites quanto a análise dimensional (variações de 2 a 3 mm nas dimensões dos blocos, espessura mínima de paredes), resistência característica à compressão (≤ 6 MPa) e absorção de água (< 10%). Como o teor de substituição de agregado natural por reciclado é muito restrito, a interferência nessas características do bloco e no desempenho da alvenaria pode ser desprezada.

4.3.1.3 Fatores de risco

A **FIGURA 38** apresenta os fatores de risco envolvidos na estratégia de logística reversa (construtora e fabricante de blocos de concreto) e uso de blocos de concreto com pedrisco reciclado, sendo a descrição dos riscos feita a seguir. Essa prática tem como diferencial o baixo risco tecnológico, uma vez que os blocos reciclados são produzidos por fábricas especializadas na formulação com garantia de qualidade dos mesmos.

Os fatores de risco tecnológicos são muito inferiores aos casos apresentados anteriormente, podendo ser apontado apenas um aspecto:

- Incidência maior de quebra dos blocos de vedação de concreto, por causa da ligeira redução de resistência mecânica;

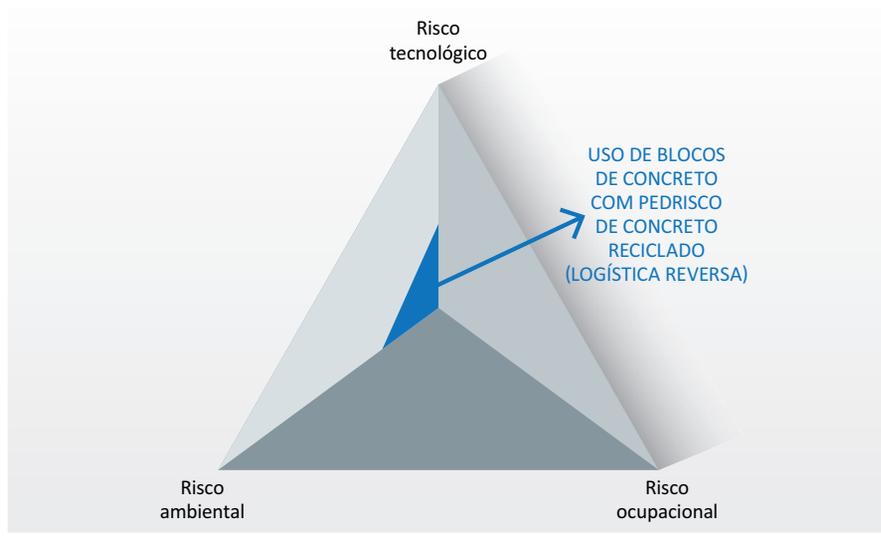
Com relação aos fatores de risco ambientais, são identificados os seguintes itens:

- Aumento discreto da pegada de carbono da argamassa, porque o teor de substituição de agregado natural por reciclado é restrito (< 5%);
- Aumento discreto na geração de resíduos da obra, por causa da incidência de blocos menos resistentes;
- Aumento nas distâncias de transporte dos resíduos e uso de combustíveis fósseis e emissões (CO_2 , SO_x);

A prática não gera novos riscos ocupacionais para a obra.

FIGURA 38

FATORES DE RISCO QUANTO AO USO DE BLOCOS DE CONCRETO COM PEDRISCO DE CONCRETO REICLADO POR LOGÍSTICA REVERSA (CONSTRUTORA E FABRICANTE DE MATERIAIS)



Os fatores que agravam esses riscos são:

- Uso de gesso ou vidrado cerâmico como revestimento, associado a um sistema ineficiente de triagem dos resíduos de blocos de concreto;
- Ausência de testes de caracterização dos blocos de concreto com areia reciclada cimentícia segundo a norma brasileira;
- Ausência de avaliação quantitativa ambiental; tais como Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) simplificada, pegadas de carbono (GHG protocol), monitoramento da geração de resíduos;

Os fatores que mitigam esses riscos são:

- Controle de triagem de resíduos na obra;
- Garantia de desempenho do componente por parte do fabricante;
- Aplicação restrita a blocos de concreto de vedação sem função estrutural.

4.3.1.4 Replicabilidade

Moderada a elevada. Viável em obras de qualquer porte, dependendo da localização das mesmas com relação às fábricas de bloco. Somente algumas fábricas de bloco se interessam pela prática atualmente, podendo saturar a capacidade restrita das interessadas.

4.3.2 REÚSO DE SOLO ORGÂNICO

O resíduo mais gerado em obra é o solo. A quantidade vai depender do projeto de implantação do empreendimento. Ações, quando iniciadas nesta fase da construção, podem minimizar significativamente a geração desse resíduo. Restringir, por exemplo, o número de subsolos nos empreendimentos pode reduzir até 75% do volume total.

É comum a adoção de estratégias de compensação de corte e aterro de forma a permitir o máximo reúso de solo. Em obra visitada da construtora conseguiu-se reduzir cerca de 25% do volume de solo gerado.

Em visita a obra de construção de um bairro residencial, contendo 28 torres e cerca de 250.000 m² de área construída, metade das torres de edifícios foram reposicionadas, de forma a reduzir a geração de resíduos de solo. Isso foi possível apenas pela existência de ações integradas entre incorporadora e construtora. A redução do volume de resíduo de solo alcançada foi de 57%. Para todo o empreendimento, foi estimada uma redução de 121.324 m³.

Outro aspecto importante observado nas visitas foi que os resíduos de solo geralmente não passam por estudos de valoração. O solo escavado é constituído por uma camada superficial, rica em matéria-orgânica, conhecida como solo orgânico (**FIGURA 39**). Os solos inorgânicos podem ser de diversos tipos e estão entre o solo orgânico e as rochas subjacentes.

O solo orgânico ocorre na superfície do terreno, geralmente com alguns centímetros de espessura, contendo raízes, folhas, animais e restos de animais e vegetais em decomposição. Possui elevada porosidade, baixa resistência e elevada compressibilidade, não sendo utilizado em obras de engenharia ou como fundação para edifícios. Esse material acaba sendo retirado logo na implantação do canteiro de obras.

FIGURA 39
ILUSTRAÇÃO DO SOLO ORGÂNICO



Por outro lado, o solo orgânico é um recurso extremamente valorizado. É praticamente um recurso não renovável, pois uma camada de 2 cm demora cerca de 500 anos para se formar, contendo nutrientes, oxigênio e umidade, útil para a recomposição vegetal e paisagismo (DEFRA, 2009). É um material que pode ser vendido ou até reservado para uso no final da execução da obra.

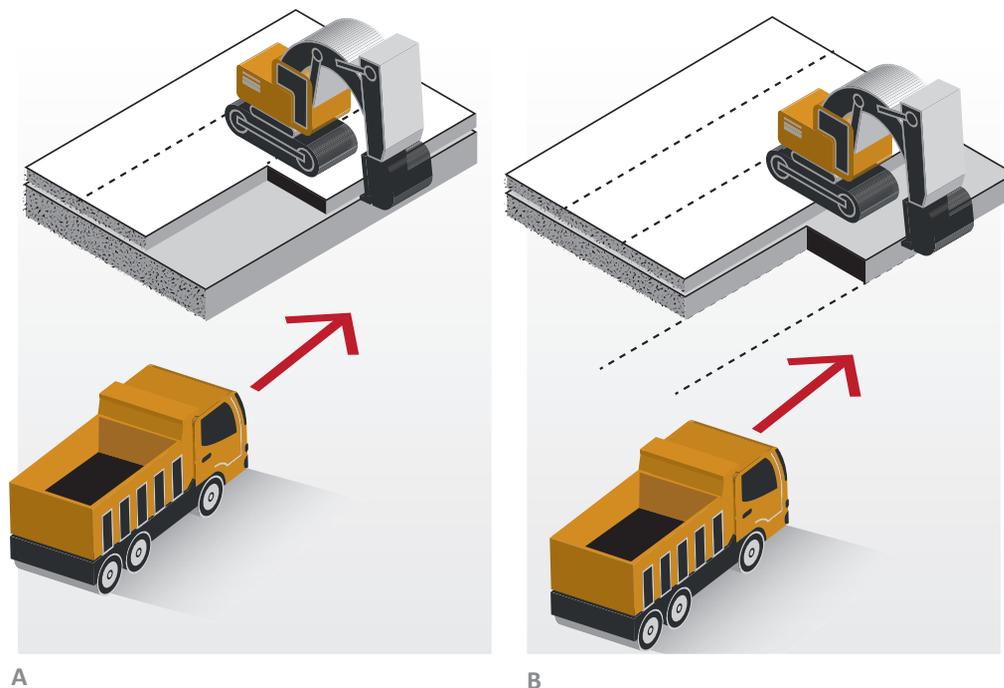
O solo orgânico deve ser removido por meio do seguinte método (**FIGURA 40 A**) (DEFRA, 2009):

1. A retirada da vegetação deve ser feita por escarificação. A vegetação não deve ser misturada na camada superficial de solo orgânico;
2. O corte deve ser realizado por escavadeira, escavando na máxima profundidade possível e estocando no local ou transportando para fora da obra. A definição da espessura deve ser abaixo da superfície e/ou por mudança de cor. A mistura de camadas subjacentes de solo inorgânico reduz a fertilidade e qualidade do solo orgânico;
3. Deve ser selecionado um equipamento apropriado para evitar manuseio errado de solo. De preferência equipamentos com rodas, ao invés de esteiras (por causa da compactação);
4. O solo torna-se mais resistente quando seca. Deve-se manuseá-lo em condições climáticas adequadas. O solo seco é uma condição preferida com relação à condição úmida (menor volume e menor peso para transportar e estocar);
5. As atividades de escavação precisam ser suspensas sob chuva forte (> 10 mm em 24 horas). Solos arenosos podem ser movimentados com teores altos de umidade;
6. Deve-se ter o mínimo de tráfego de máquinas durante o período de corte do solo (evitando compactação).

Tipicamente, o solo orgânico tem uma espessura de 5 a 30 cm. Estas espessuras, assim como das camadas de solo que compõem o subsolo, variam de um local para outro. Dependendo do tipo e constituição do solo, a pigmentação das camadas também pode ser usada para distinguir os horizontes (SAEFL, 2001).

FIGURA 40

MÉTODO PARA CORTE DO SOLO ORGÂNICO (A) E O SOLO INORGÂNICO (B) (DEFRA, 2009).



Para a aplicação, o solo pode ser caracterizado pela coloração, promovendo três tipos básicos:

- Terra preta ou marrom: indica solo de boa qualidade, rico em matéria orgânica, com retenção de água e ar na medida certa. O uso recomendando é para finalização paisagística;
- Terra vermelha: indica solo de qualidade, mas com alta concentração de argila. Precisa de areia e adubo bem curtido para manutenção das espécies;
- Terra amarela: indica o excesso de areia e pouquíssima matéria orgânica. Esse tipo carece de uma análise laboratorial, para saber quais são as correções necessárias para aplicação.

O índice de pH, que mede a acidez do solo, é o principal indicador para determinar o uso em paisagismo. Em demasia, a acidez prejudica a absorção de nutrientes pelas plantas, e atrapalha o desenvolvimento delas. O índice ideal para a aplicação situa-se entre 6 e 6,5, ou seja, levemente ácido. Como o solo brasileiro costuma ser muito ácido, são necessárias correções para deixá-lo adequado ao cultivo.

Essa prática impõe riscos ocupacionais e ambientais para a obra e requer área restrita para manuseio de máquinas (para evitar acidentes). Além disso, é preciso certificar que não há solo contaminado na obra. No Brasil, a resolução CONAMA 420/2009 estabelece critérios e valores de orientação sobre a qualidade do solo e diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas. Uma abordagem semelhante é adotada pelo conjunto de normas NBR 15.515, onde são estabelecidos os procedimentos de gestão de áreas contaminadas.

Assim, na implantação de qualquer empreendimento, deve-se realizar uma investigação preliminar (entrevistas, análise do histórico do local etc.) sobre a possibilidade de existir contaminação do solo local (CAC, 2003). Havendo indícios de contaminação, deve ser realizada uma investigação confirmatória, em que as características do solo local devem ser comparadas com valores de referência, obtidos a partir de amostras antigas representativas daquela região, certamente sem interferência antrópica. Se confirmada a contaminação do solo, é preciso realizar uma investigação detalhada, de acordo com os procedimentos da Cetesb, onde são delimitadas as áreas de restrição, assim como os procedimentos adequados de tratamento e disposição.

4.3.3 REÚSO DE CONCRETO FRESCO E VERGALHÃO

O uso do equipamento de bombeamento implica numa geração de 1,4 m³ de resíduo de concreto fresco a cada utilização. Em uma obra de médio porte, usa-se o equipamento cerca de 50 vezes, gerando aproximadamente 70 m³ de resíduo de concreto, o que equivale ao volume de concreto de uma laje tipo.

Essa sobra de concreto fresco pode ser utilizada para a execução de vergas da obra (**FIGURA 41**), têm potencial para consumir cerca de 15% da massa do resíduo de concreto, ou 3% da massa de todo o resíduo cimentício e cerâmico gerado na obra. Da mesma forma, aproveitando-se cortes de vergalhões de aço, pode-se reutilizar cerca de 46% da massa do resíduo de aço.

Como os materiais foram caracterizados para o recebimento na obra, desde que estejam pré-qualificados, não há necessidade de se caracterizar novamente os mesmos para o reúso. É uma prática simples, sem implicações de riscos para a obra.

FIGURA 41

REÚSO DO CONCRETO FRESCO E VERGALHÃO DE AÇO PARA CONFECÇÃO DE VERGAS



4.4 RECOMENDAÇÕES

A reciclagem de resíduos de construção dentro da própria obra pode ser realizada com sucesso, desde que controlados os riscos tecnológicos, ambientais e ocupacionais envolvidos. Pode se obter benefícios econômicos e incorporar praticamente todo o resíduo gerado. De forma geral, os exemplos apresentam replicabilidade moderada a baixa, porque retratam situações particulares encontradas em construtoras, não devendo ser considerada algo que pode alterar um paradigma ambiental do setor.

Existem várias implicações para o dia a dia de uma obra, tornando a atividade de controle de qualidade de materiais e de execução mais complexa e exigindo conhecimentos não difundidos e consolidados totalmente. Além disso, carece de resultados de longo prazo, que possam dar total confiabilidade quanto ao atendimento de requisitos de desempenho dos edifícios.

Uma ação com risco tecnológico baixo é a execução de vias provisórias nas obras com a brita corrida reciclada advinda da demolição de obras antigas. Neste caso, os riscos ambientais e ocupacionais podem ser mais significativos. Para que possa ser realizado de forma segura, requer empresas especializadas em desmontagem de edifícios, evitando a presença de resíduos perigosos e gestão direcionada para os riscos ocupacionais. Tem replicabilidade moderada, porque tais situações geralmente ocorrem em obras de médio a grande porte, incluindo a disponibilidade de edifícios obsoletos de múltiplos pavimentos a serem demolidos.

A execução de argamassa (contrapiso, assentamento ou revestimento) contendo substituição parcial de areia natural por areia reciclada na própria obra pode ser realizada com risco tecnológico, ambiental e ocupacional baixo a moderado, adotando-se as ações mitigadoras indicadas. Requer empresa com maior domínio tecnológico de seus processos (constância de fornecedores e da qualidade dos materiais). Pode incorporar benefícios econômicos significativos porque elimina as despesas com transporte e destinação de quase todos os resíduos cimentícios e cerâmicos gerados na obra. No entanto, tem replicabilidade baixa a moderada, porque é viável apenas em obras de grande porte com constância de fornecedores e qualidade uniforme.

Quando produzida de forma terceirizada e pré-ensacada na obra, os riscos tecnológicos aumentam. Não possui controle tecnológico em obra capaz de competir com argamassa produzida numa planta industrial. Por ser um tipo de serviço terceirizado, elimina certas responsabilidades das construtoras quanto aos riscos ocupacionais. Incorpora benefícios econômicos mais restritos, porque depende da boa relação entre construtora e prestador de serviço, e do planejamento entre oferta e demanda do material.

Ao invés de transformar o canteiro numa indústria de materiais, uma construtora investe atualmente em logística reversa dos resíduos de blocos das obras e atribui corretamente ao fornecedor-parceiro deste material, os riscos tecnológicos e ocupacionais da prática. Gerencia, de forma segura, os impactos ambientais causados pelo novo cenário de logística que a prática resulta. É uma ação coerente com a realidade das obras e suas recorrentes estratégias de melhoria de qualidade e produtividade.

5. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM26: Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro, 2009.

- NBR NM30: agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.
- NBR NM45: agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- NBR NM46: agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.
- NBR NM52: agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- NBR NM248: agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- NBR 6.467: agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006.
- NBR 7.211: agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 7.221: agregado — Índice de desempenho de agregado miúdo contendo impurezas orgânicas - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.
- NBR 15.115: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - execução de camadas de pavimentação. Rio de Janeiro, 2004.
- NBR 15.116: agregados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
- NBR 10.004: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro. 2004. 71p.
- NBR 6.136: blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
- NBR 11.804: materiais para sub-base ou base de pavimentos estabilizados granulometricamente – Especificação. Rio de Janeiro, 1991.
- NBR 12.261: dosagem de brita graduada tratada com cimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 1991.
- NBR 12.262: execução de base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 1991.
- NBR 13.277: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.
- NBR 13.278: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.
- NBR 13.279: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.
- NBR 13.281: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
- NBR 13.528: revestimento de paredes e tetos com argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.
- NBR 15.575: edificações habitacionais — Desempenho - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA (ABIPA) et al. Gerenciamento de resíduos de resíduos de madeira industrializada na construção civil. 2011. 6p.

BEGUM R. A. et al, Waste generation and recycling: comparison of conventional and industrialized building systems. American journal of environmental sciences 6 (4). p 383-388, 2010.

BUILDING DEPARTMENT OF HONG KONG (BDHK). Code of practice for demolition of buildings. Hong Kong, 2004. 180 p. Disponível em <http://www.bd.gov.hk/>

BRASIL. Lei 12.305: Lei de resíduos sólidos. Brasília, 2010. 25 p.

CARELLI, E. D. A resolução CONAMA nº 307/2002 e as novas condições para a gestão de resíduos de construção e demolição. Dissertação (Mestrado) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. 2008. 157 p.

CÂMARA AMBIENTAL DA CONSTRUÇÃO. Guia para avaliação do potencial de contaminação em imóveis. São Paulo: CETESB/GTZ. 2003. 81 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). Guia orientativo da norma de desempenho. Brasília. 2013. 302 p.

CHAVES, A.P. Teoria e prática do tratamento de minérios – britagem, peneiramento e moagem. São Paulo: Signus Editora. v. 3. 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 307: estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002. 3p.

- *Resolução nº 448: altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, 2011. 2p.*

- *Resolução nº 420: dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, 2009. 20p.*

CONSTRUCTION RESOURCES & WASTE PLATFORM (CRWP). Refurbishment waste benchmarking report. British Research Establishment: Inglaterra. 2008. 44p.

COUTO NETO, A. G. Construção sustentável: avaliação da aplicação do modelo de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do SINDUSCON-MG em um canteiro de obras - um estudo de caso. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. 2007. 103p.

CMCRUSHER. Série CR Crusher Mill. Catálogo comercial. 2014. 4 p. Disponível em: <http://www.cmcrushermachines.com/>

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS (DEFRA). Construction code of practice for the sustainable use of soils on construction sites. Reino Unido. 2009. 58p.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. ET-DE-P00/008A. Sub-base ou base de brita graduada. São Paulo, 2005.

DIAS, M. F. Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras residenciais verticais. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo. 2013. 100p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Managing your environmental responsibilities: a planning guide for construction and development. Report EPA-530-K-04-005. Estados Unidos. 2004. 22p. Disponível em: <http://www.epa.gov/osw>

GIANETTI, B.F. et al. An emergy-based evaluation of a reverse logistics network for steel recycling. Journal of Cleaner Production, n.46, p. 48-57, 2013.

JAILLON, L.; POON, C. S.; CHIANG, Y. H. Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong. Waste Management, n. 29, p. 309–320, 2009.

JANG, Y.; TOWSEND, T. Sulfate leaching from recovered construction and demolition debris fines. Advances in Environmental Research, 2001. p. 203-217.

JOHN, V. M. Construção civil e meio ambiente. In: materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. Ed: ISAIA, G. et al. São Paulo: IBRACON, 2007.

KATZ; A.; BAUM; H. A novel methodology to estimate the evolution of construction waste in construction sites. *Waste Management*, n. 31, p. 252-258, 2011.

LAGARINHOS, C. A. F.; TENORIO, J. A. S. Logística reversa dos pneus usados no Brasil. *Polímeros*, vol. 23, n. 1, p. 49-58, 2013.

LACHIMPADI, S. K.; PEREIRA, J. J.; TAHA, M.R.; MOKHTAR, M. Construction waste minimization comparing conventional and precast construction (mixed system and IBS) methods in high-rise buildings: a Malaysia case study. *Resources, Conservation and Recycling*, n. 68, p. 93-103, 2012.

LEITE, F. C. Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e subbase de pavimentos. 2007. 185 p. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

LI, J.; DING, Z.; MI, X.; WANG, J. A model for estimating construction waste generation index for building project in China. *Resources, conservation and recycling*, n. 74, p. 20-26, 2013.

MALIA, M. A. B. Indicadores de resíduos de construção e demolição. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico. Lisboa. 2010. 138p.

MALIA, M. A. B.; BRITO, J. PINHEIRO, M. D.; BRAVO, M. Construction and demolition waste indicators. *Waste management and research*. Jan, 17p., 2013.

MASCARO, J. L. O custo das decisões arquitetônicas no projeto de hospitais. Relatório. Ministério da Saúde. 1995. 73 p.

METSO MINERALS. Britadores de mandíbula série C. Catálogo comercial. 2014a. 13p. Disponível em: <http://www.metso.com/br>. Britadores de impacto nordberg série NP. Catálogo comercial. 2014b. 12p. Disponível em: <http://www.metso.com/br>

MONTERO, A. et al. Gypsum and organic matter distribution in a mixed construction and demolition waste sorting process and their possible removal from outputs. *Journal of Hazardous Materials*, n. 175, 2010. p. 747–753.

MOSSMANN, A. S. Levantamento do gerenciamento de resíduo de madeira utilizada na confecção de fôrmas de estrutura de concreto armado. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. 2011. 102 p. **Britadores de rolo HRCTM 800.** Catálogo comercial. 2014c. 8p. Disponível em: <http://www.metso.com/br>

MIRANDA, L. F. R. Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassas de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos classe A da construção civil. São Paulo, 2005. 441 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MIRANDA, L. F. R et al. Use of recycled sand produced at construction sites in bedding mortars. *Journal of materials in civil engineering*, v. 25, p. 236-242, 2013.

MOTTA, R. dos S. Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego. São Paulo, 2005. 160 f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MOSSMANN, A. S. Levantamento do gerenciamento do resíduo de madeira utilizada para a confecção de fôrmas de estrutura de concreto armado. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Peopoldo. 2011. 103 p.

NATIONAL PAINT AND COATINGS ASSOCIATION (NPCA). Guidance manual for paint reuse programs. NPCA: Washington. 2008a. 91p. Disponível em: <http://www.paint.org>

- *Protocol for Management of Post-Consumer Paint.* NPCA: Washington. 2008b. 57p. Disponível em: <http://www.paint.org> .

PETERSEN, L. et al. Representative sampling for reliable data analysis: Theory of Sampling. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, n. 77. 2005. P. 261– 277.

POON, C.S.; YU, T.W.; NG, L.H. A guide for managing and minimizing building and demolition waste. The Hong Kong Polytechnic University. 2001.

SILVA, D. A. L. et al. Comparison of disposable and returnable packaging: a case study of reverse logistics in Brazil. Journal of Cleaner Production, n.47, p. 377-387, 2013.

SILVÉRIO, Thaís Rocha. Gestão de resíduos de construção civil com base em tipologias construtivas. Dissertação (Mestrado) - Curso de tecnologia ambiental, Instituto de Pesquisa Tecnológica, São Paulo, 2013. 91 p.

SOLÍS-GUZMÁN J. et al. A spanish model for quantification and management of construction waste. Waste Management, n 29, p. 2542–2548, 2009.

SOUZA, U. E. L. S.; DEANA, D. F. Levantamento do estado da arte: consumo de materiais. Relatório (Projeto FINEP – Tecnologias para construção habitacional mais sustentável). 2007. 43 p.

SOUZA, U. E. L. S.; PALIARI, J.C.; AGOPYAN, V.; ANDRADE, A. C. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. Ambiente construído, v.4, n.4, p. 33-46, 2004.

SWISS AGENCY FOR THE ENVIRONMENT, FORESTS AND LANDSCAPE (SAEFL). Guideline on Reuse of excavated soils. 2001. 22p.

ANEXO A - SOBRE A OBTENÇÃO DOS INDICADORES

Os indicadores refletem o atual estado do conhecimento no grupo de construtoras pesquisadas.

Características das obras estudadas

Foram obtidas informações (número de torres, número de pavimentos, número de subsolos, área do pavimento-tipo, área total construída, e os sistemas construtivos empregados na fundação, estrutura, vedação e revestimento) de doze obras, referentes a sete diferentes construtoras associadas do SindusCon-SP. Deste total, dez obras são de uso residencial, e duas de uso comercial.

A **TABELA A.1** apresenta as características das obras analisadas. As obras apresentaram de 10.000 a 58.000 m² de área construída, contendo de 6 a 27 pavimentos-tipo. As áreas dos pavimentos-tipo variaram de 380 a 840 m², contendo de 4 a 8 unidades por pavimento-tipo. A maioria dos edifícios contém de 2 a 4 subsolos. Dois edifícios analisados foram construídos com sobressolos; prática que evita a escavação de grandes volumes de solos.

Parede diafragma e cortina atirantada foram observadas em edifícios com 3 ou 4 subsolos. Estaca escavada é o tipo de fundação mais frequente. Estrutura em concreto armado moldado in loco e vedação em alvenaria de blocos são os sistemas construtivos mais empregados. O acabamento predominante foi com revestimentos de argamassa e textura, de gesso e com placas cerâmicas em todas as obras. Em algumas obras foram identificados o uso de divisórias leves de gesso acartonado e paredes pré-fabricadas de concreto.

Método de cálculo dos indicadores

Foram indagados os volumes de resíduos coletados (m³) ao longo do tempo associados a cada etapa da obra (fundação, estrutura, vedações, instalações elétricas e hidráulicas, acabamento e cobertura). Os indicadores foram gerados considerando-se o volume de resíduos (m³) e área construída⁽⁸⁾ (m²) informados. Embora os indicadores de geração de resíduos em volume sejam mais práticos para os canteiros de obras, as determinações de indicadores de geração de resíduos em massa são mais precisas, porque eliminam a influência das condições de armazenamento (que reduzem ou aumentam o volume de uma mesma quantidade de resíduo).

(8) A área construída foi definida pela área total de piso da edificação.

Para fins de comparação com os dados disponíveis, os indicadores de geração de resíduos em massa (t/m^2), obtidos na bibliografia, foram convertidos em indicadores de geração de resíduos em volume (m^3/m^2), dividindo-se o indicador de geração em massa de cada tipo de resíduo pela respectiva densidade aparente (t/m^3) de cada material⁽⁹⁾ (TABELA A.2). Essa tabela foi obtida por dados de bibliografia. Dados mais precisos estão sendo levantados nas obras e posteriormente servirão como referência para indicadores do setor.

TABELA A.1

CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS OBRAS ANALISADAS

Construtora	Obra	Características da obra	Sistemas construtivos
A	1	Quantidade de torres: 1 Nº de pavimentos: 26 Pavimento tipo: 840 m ² (4 unidades) Nº de subsolos: 3 Área construída: 35.671 m ² .	Fundação: cortina atirantada, estaca escavada e tubulão. Estrutura: concreto armado moldado in loco. Vedação: alvenaria de blocos e divisórias leves de gesso. Acabamento: revestimento de argamassa, de gesso e cerâmico.
B	2	Quantidade de torres: 1 Nº de pavimentos: 17 Pavimento tipo: 434 m ² (8 unidades) Nº de subsolos: 2 Área construída: 11.269 m ²	Fundação: muro de arrimo, estaca escavada. Estrutura: concreto armado moldado in loco. Vedação: alvenaria de blocos. Acabamento: revestimento de argamassa, de gesso e cerâmico.
	3	Quantidade de torres: 1 Nº de pavimentos: 20 Pavimento tipo: 375 m ² (6 unidades) Nº de subsolos: 2 Área construída: 12.627 m ²	Fundação: muro de arrimo, estaca escavada. Estrutura: concreto armado moldado in loco. Vedação: alvenaria de blocos. Acabamento: revestimento de argamassa, de gesso e cerâmico.
	4	Quantidade de torres: 3 Nº de pavimentos: 8 Pavimento tipo: 767 m ² (8 unidades) Nº de subsolos: 2 Área construída: 34.105 m ²	Fundação: muro de arrimo, estaca escavada. Estrutura: concreto armado moldado in loco. Vedação: alvenaria de blocos. Acabamento: revestimento de argamassa, de gesso e cerâmico.
C	5	Quantidade de torres: 1 Nº de pavimentos: 27 Pavimento tipo: 552 m ² (4 unidades) Nº de sobressolos: 4 Área construída: 20.514 m ² (de 24.459 m ² previsto)	Fundação: estaca escavada. Estrutura: concreto armado moldado in loco. Vedação: alvenaria de blocos. Acabamento: revestimento de argamassa, de gesso e cerâmico.
D	6	Quantidade de torres: 1 Nº de pavimentos: 22 Pavimento tipo: 590 m ² (10 unidades) Nº de subsolos: 2 Área construída: 24.426 m ²	Fundação: Parede diafragma, estaca cravada e sapatas. Estrutura: mista (concreto armado, aço). Vedação: alvenaria de blocos e divisórias leves de gesso. Acabamento: revestimento de argamassa, de gesso e cerâmico.

continua

(9) Indicador em volume (m^3/m^2) = Indicador em massa (t/m^2) x Densidade aparente (t/m^3).

continuação da tabela A.1

Construtora	Obra	Características da obra	Sistemas Construtivos
E	7	Quantidade de torres: 4 Nº de pavimentos: 14 Pavimento tipo: 468 m ² (8 unidades) Nº de subsolos: 2 Área construída: 10.482 m ² (de 34.299 m ²)	Fundação: cortina atirantada e sapatas. Estrutura: concreto armado moldado in loco. Vedação: alvenaria de blocos. Acabamento: revestimento de argamassa, de gesso e cerâmico.
	8	Quantidade de torres: 6 Nº de pavimentos: 15 Pavimento tipo: 534 m ² (6 unidades) Nº de sobrosolos: 2 Área construída: 17.831 m ² (de 75.357 m ²)	Fundação: cortina atirantada e tubulões. Estrutura: concreto armado moldado in loco. Vedação: alvenaria de blocos. Acabamento: revestimento de argamassa, de gesso e cerâmico.
F	9	Quantidade de torres: 1 Nº de pavimentos: 22 Nº de subsolos: 4 Área construída: 6.198 m ² (de 33.287 m ²)	Fundação: parede diafragma e tubulões. Estrutura: concreto armado moldado in loco. Vedação: alvenaria de blocos. Acabamento: revestimento de argamassa, de gesso e cerâmico.
G	10	Quantidade de torres: 1 Nº de pavimentos: 14 Pavimento tipo: 1.054 m ² Nº de subsolos: 2 Nº de sobrosolos: 2 Área construída: 26.847 m ²	Fundação: cortina atirantada e sapatas. Estrutura: concreto armado moldado in loco. Vedação: alvenaria de blocos, divisórias leves de gesso, e paredes pré-fabricadas. Acabamento: revestimento de argamassa, de gesso e cerâmico.
	11	Quantidade de torres: 2 Nº de pavimentos: 12 Pavimentos-tipo: 1.160 e 1.700 m ² Nº de sobrosolos: 1 Área construída: 58.000 m ²	Fundação: estaca escavada. Estrutura: concreto armado moldado in loco. Vedação: alvenaria de blocos e divisórias leves de gesso. Acabamento: revestimento de argamassa, de gesso e cerâmico.
	12	Quantidade de torres: 1 Nº de pavimentos: 15 Pavimento tipo: 410 m ² (4 unidades) Nº de subsolos: 2 Área construída: 10.824 m ²	Fundação: muro de arrimo, estaca escavada. Estrutura: concreto armado moldado in loco. Vedação: alvenaria de blocos, e divisórias leves de gesso. Acabamento: revestimento de argamassa, de gesso e cerâmico.

TABELA A.2DENSIDADE APARENTE (T/M³) DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

Resíduo	Densidade aparente (t/m ³)
Concreto	1,200 *
Alvenaria	0,831 **
Madeira	0,178*-0,250**
Gesso	0,594*-1,000**
Gesso acartonado	0,208**
Papel	0,013*-0,070**
Plástico	0,070*
Vidro	2,500**
Metal	0,100*
Misto	0,890-1,720

Fontes: * Carelli (2008); ** Mália (2010)

TABELA A.3

LISTA AMPLIADA DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

CLIQUE AQUI E ACESSE (EM PDF)

SindusCon  **SP**
O Sindicato da Construção
Desde 1934

Rua Dona Veridiana, 55 - Santa Cecília
CEP 01238-010 - São Paulo, SP
11 3334-5600 • sindusconsp@sindusconsp.com.br
www.sindusconsp.com.br



Bauru • Campinas • Mogi das Cruzes • Presidente Prudente • Ribeirão Preto • Santo André
• Santos • São José do Rio Preto • São José dos Campos • São Paulo • Sorocaba

GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL - AVANÇOS INSTITUCIONAIS E MELHORIAS TÉCNICAS

TABELA A.3
LISTA AMPLIADA DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS						ÁREAS DE DESTINAÇÃO												
CONAMA 307/2002 e alterações	ABNT NBR 10.004:2004	IBAMA IN 13/2012	DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS			Reutilização/ Reciclagem interna na obra	Reutilização/ Reciclagem em outra obra	Sistema de logística reversa (devolução ao fabricante / ponto de coleta autorizado)	Reciclagem externa de RCC classe A	PEV - Ponto de Entrega Voluntária	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado à recicladora	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado ao aterro de resíduo classe A	ONG - Organização não governamental/ Entidade filantrópica	Área de transbordo e triagem de RCC e volumosos	Área de transbordo e triagem, associada à recicladora	Área de transbordo e triagem, associada ao aterro de resíduos classe A	Aterro de resíduo classe A	Aterro de resíduo não perigoso classe II
A	A.1	II	A100	17 01 01		Resíduos de cimento (cimento, argamassa, concreto, blocos e pré moldados e artefatos de cimento)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	A.2	II	A100	17 01 02		Tijolos (tijolos e blocos de cerâmica vermelha)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	A.3	II	A100	17 01 03		Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (cerâmica vermelha)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	A.4	II	A017	17 01 03		Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (azulejos, pisos cerâmicos vidrados (grês, porcelanatos) ou louças sanitárias (cerâmica branca))	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	A.5	II	A100	17 05 04	a	Solos e rochas não contendo substâncias perigosas	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
	A.6	II	A100	17 05 04	b	Lama bentonítica não contendo substâncias perigosas	X	X									X	X
	A.7	II	A100	17.05.06		Lodo de dragagem não contendo substâncias perigosas											X	
	A.8	II	A100	17 01 07		Misturas de cimento, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, não contendo substâncias perigosas	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
	A.9	II	A100	17.05.04	c	Areia e brita	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	A.10	II	A100	17.09		Resíduos de reforma e reparos de pavimentação	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS						ÁREAS DE DESTINAÇÃO															
CONAMA 307/2002 e alterações	ABNT NBR 10.004:2004	IBAMA IN 13/2012	DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS			Reutilização/ Reciclagem interna na obra	Reutilização/ Reciclagem em outra obra	Sistema de logística reversa (devolução ao fabricante / ponto de coleta autorizado)	Reciclagem externa, exceto resíduos classe A	PEV - Ponto de Entrega Voluntária	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado à recicladora	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado ao aterro de resíduo classe A	Sucateiro intermediário	ONG - Organização não governamental/ Entidade filantrópica	Área de transbordo e triagem de RCC e volumosos	Área de transbordo e triagem, associada à recicladora	Área de transbordo e triagem, associada ao aterro de resíduos classe A	Incorporação em solo agrícola	Coprocessamento em fornos de cimento	Utilização em forno industrial (exceto em fornos de cimento)	Utilização em caldeira
B	B.1	II	A005	17 04 01		Cobre, bronze e latão (fios, cabos, ferragens etc)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.2	II	A005	17 04 02		Alumínio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.3	II	A005	17 04 03		Chumbo		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.4	II	A005	17 04 04		Zinco		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.5	II	A004	17 04 05		Ferro e aço	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.6	II	A005	17 04 06		Estanho		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.7	II	A005	17 04 07		Mistura de sucatas metálicas			X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.8	II	A005	17 04 11		Cabos que não contenham hidrocarbonetos, alcatrão ou outras substâncias perigosas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.9	II	A005	17 04 12		Magnésio		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.10	II	A005	17 04 13		Níquel		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS						DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS	ÁREAS DE DESTINAÇÃO															
CONAMA 307/2002 e alterações	ABNT NBR 10.004:2004	IBAMA IN 13/2012					Reutilização/ Reciclagem interna na obra	Reutilização/ Reciclagem em outra obra	Sistema de logística reversa (devolução ao fabricante / ponto de coleta autorizado)	Reciclagem externa, exceto resíduos classe A	PEV - Ponto de Entrega Voluntária	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado à recicladora	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado ao aterro de resíduo classe A	Sucateiro intermediário	ONG - Organização não governamental/ Entidade filantrópica	Área de transbordo e triagem de RCC e volumosos	Área de transbordo e triagem, associada à recicladora	Área de transbordo e triagem, associada ao aterro de resíduos classe A	Incorporação em solo agrícola	Coprocesso em fornos de cimento	Utilização em forno industrial (exceto em fornos de cimento)	Utilização em caldeira
B	B.11	II	A009	17 02 01	a	Madeira serrada sem tratamento - tábuas, pontalete, vigas e/ou serragem	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	
	B.12	II	A099	17 02 01	b	Madeira (Compensado - resinado ou não, painéis OSB, e outras madeiras industrializadas - laminada ou aglomerada, e pintadas ou envernizadas)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	B.13	II	A007	17 02 03		Plásticos (mantas de cura, telas de proteção, PVC, PP, PPR, PEAD, PEBD, PET, EPS - isopor, etc)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	B.14	II	A006	15 01 01		Embalagens de papel e cartão	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.15	II	A007	15 01 02		Embalagens de plástico	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.16	II	A009	15 01 03		Embalagens de madeira	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.17	II	A104	15 01 04	a	Embalagens de metal (ferroso)	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.18	II	A105	15 01 04	b	Embalagens de metal (não-ferroso)	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.19	II	A099	15 01 06		Mistura de embalagens			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.20	II	A117	15 01 07		Embalagens de vidro			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.21	II	A010	15 01 09		Embalagens têxteis	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.22	II	A117	17 02 02		Vidro (plano, liso, translúcido, refletivo ou temperados)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	B.23	II	A099	17 08 02		Materiais de construção à base de gesso não contaminados com substâncias perigosas	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X			
	B.24	II	A099	17 03 02		Misturas betuminosas não contendo alcatrão (asfalto modificado, emulsão asfáltica e mantas asfálticas)		X	X	X	X	X			X	X	X	X				
	B.25	II	A010	17 09 04	a	Misturas de resíduos de construção e demolição não contendo mercúrio, PCB e substâncias perigosas (resíduos têxteis, carpetes, tecidos de decoração)				X	X	X	X		X	X	X	X				
	B.26		A099	17 06 04		Materiais de isolamento não contendo amianto ou substâncias perigosas (Lã de vidro e lã de rocha)			X	X	X	X			X	X	X	X				
	B.27	II	A008	19 12 11		Resíduos de borracha, exceto pneus			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS						DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS	NECESSITA CADRI	ÁREAS DE DESTINAÇÃO															
CONAMA 307/2002 e alterações	ABNT NBR 10.004:2004	IBAMA IN 13/2012						Reutilização/ Reciclagem interna na obra	Reutilização/ Reciclagem em outra obra	Sistema de logística reversa (devolução ao fabricante / ponto de coleta autorizado)	Reciclagem externa, exceto resíduos classe A	PEV - Ponto de Entrega Voluntária	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado à recicladora	ONG - Organização não governamental/ Entidade filantrópica	Área de transbordo e triagem, associada à recicladora	Área de transbordo e triagem de RCC e volumosos	Área de transbordo e triagem, associada ao aterro de resíduos classe A	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado ao aterro de resíduo classe A	Aterro de resíduos perigosos - classe I	Aterro de resíduo não perigoso classe II	Formulação de "blend" de resíduos	Coprocesso em fornos de cimento	Incinerador
C	C.1	II	A099	17 02 03		Plásticos (neoprene, plásticos reforçados com fibras (forros em lã de vidro com revestimento em PVC)		X	X	X	X		X	X	X	X		X			X		
	C.2	II	A099	08.04.10		Resíduos de colas e vedantes não contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas (selantes, massa plástica, epóxi)			X	X	X	X	X	X	X	X		X			X		

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS					NECESSITA CADRI	ÁREAS DE DESTINAÇÃO																		
CONAMA 307/2002 e alterações	ABNT NBR 10.004:2004	IBAMA IN 13/2012	DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS			Reutilização/ Reciclagem interna na obra	Reutilização/ Reciclagem em outra obra	Sistema de logística reversa (devolução ao fabricante / ponto de coleta autorizado)	Reciclagem externa, exceto resíduos classe A	PEV - Ponto de Entrega Voluntária	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado à recicladora	ONG - Organização não governamental/ Entidade filantrópica	Área de transbordo e triagem, associada à recicladora	Área de transbordo e triagem de RCC e volumosos	Área de transbordo e triagem, associada ao aterro de resíduos classe A	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado ao aterro de resíduos classe A	Aterro de resíduos perigosos - classe I	Aterro de resíduo não perigoso classe II	Formulação de "blend" de resíduos	Coprocesso-mento em fornos de cimento	Incinerador	Tratamento biológico: biopilha	Tratamento térmico: dessorção térmica	
D	D.16	I	F041	17 06 05									X	X										
	D.17	I	D099	17 08 01											X				X					
	D.18	I	D011	17 09 01																				
	D.19	I	F100	17 09 02																X	X			

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS					NECESSITA CADRI	ÁREAS DE DESTINAÇÃO																		
CONAMA 307/2002 e alterações	ABNT NBR 10.004:2004	IBAMA IN 13/2012	DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS			Reutilização/ Reciclagem interna na obra	Sistema de logística reversa (devolução ao fabricante / ponto de coleta)	Reciclagem externa, exceto resíduos classe A	PEV - Ponto de Entrega Voluntária	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado à recicladora	Área de transbordo de resíduos (exceto de RCC e volumosos)	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado ao aterro de resíduo classe A	Aterro sanitário	Aterro de resíduos perigosos - classe I	Aterro de resíduo não perigoso classe II	Formulação de "blend" de resíduos	Coprocesso-mento em fornos de cimento	Tratamento térmico sem combustão (autoclave, microondas, ETD)	Incinerador	Coleta pública de resíduos sólidos urbanos	Estação de tratamento de esgoto	Usina de compostagem	Reprocessamento de óleo lubrificante (inclui o rerrefino)	
Classe E - Resíduos diversos gerados no canteiro	E.1	II	A099	20 01 36			X	X	X	X	X													
	E.2	II	A008	16 01 24			X	X	X	X	X				X	X								
	E.3	II	A008	16 01 26			X	X	X	X	X				X	X								
	E.4	II	A008	16 01 28			X	X	X	X	X				X	X								
	E.5	II	A001	20 01 08		X					X		X							X			X	
	E.6	I	D099	17 05 05 (*)		SIM					X			X		X			X					
	E.7	II	A019	20 03 04		SIM					X								X		X			
	E.8	II	A021	19 08 09		SIM					X					X			X		X			
	E.9	I	F530	19 08 10 (*)		SIM					X								X					
	E.10	I	D099	16 07 09		SIM		X	X		X			X		X			X					
	E.11	I	F130	13 02 01		SIM		X	X		X													X

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS					NECESSITA CADRI	ÁREAS DE DESTINAÇÃO																	
CONAMA 307/2002 e alterações	ABNT NBR 10.004:2004	IBAMA IN 13/2012	DESCRÇÃO DOS RESÍDUOS			Reutilização/ Reciclagem interna na obra	Sistema de logística reversa (devolução ao fabricante / ponto de coleta)	Reciclagem externa, exceto resíduos classe A	PEV - Ponto de Entrega Voluntária	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado à recicladora	Área de transbordo de resíduos (exceto de RCC e volúmosos)	PEV - Ponto de Entrega Voluntária, associado ao aterro de resíduo classe A	Aterro sanitário	Aterro de resíduos perigosos - classe I	Aterro de resíduo não perigoso classe II	Formulação de "blend" de resíduos	Coprocessamento em fornos de cimento	Tratamento térmico sem combustão (autoclave, microondas, ETD)	Incinerador	Coleta pública de resíduos sólidos urbanos	Estação de tratamento de esgoto	Usina de compostagem	Reprocessamento de óleo lubrificante (inclui o rerrefino)
E.12	I	D099	15 02 02 (*)	Absorventes, materiais filtrantes contaminados por substâncias perigosas (incluindo filtros de óleo, panos de limpeza e vestuário de proteção, EPIs)	SIM					X			X		X				X				
E.13	II	A099	15 02 03	Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção não contaminados com substâncias perigosas						X				X	X				X				
E.14	I	F044	20 01 21 (*)	Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio, e de luz mista	SIM		X	X	X	X	X												
E.15	I	D099	20 01 23 (*)	Produtos eletroeletrônicos fora de uso contendo clorofluorcarbonetos (geladeira, ar condicionado)	SIM		X	X	X	X	X												
E.16	II	A099	20 01 25	Óleos e gorduras alimentares			X	X	X	X	X												
E.17	I	F042	20 01 33	Pilhas e acumuladores à base de chumbo, níquel/cádmio ou mercúrio	SIM		X	X	X	X	X												
E.18	I	F042	20 01 34	Pilhas e acumuladores que não são à base de chumbo, níquel/cádmio ou mercúrio	SIM		X	X	X	X	X												
E.19	I	D099	20 01 35	Produtos eletroeletrônicos e seus componentes fora de uso contendo componentes perigosos, exceto lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista, geladeiras e ar condicionado	SIM		X	X	X	X	X												
E.20	I	D004	18 01	Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção (grupo A da Resolução CONAMA 358)	SIM					X	X							X	X				
E.21	I	D099	18 02	Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade (grupo B da Resolução CONAMA 358)	SIM					X									X				
E.22	I	D099	18 04	Materiais perfurocortantes ou escarificantes (grupo E da Resolução CONAMA 358)	SIM					X								X	X				
E.23	II	A003	20 02 01	Resíduos de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana biodegradáveis (podas/vegetação, limpeza de terrenos)						X		X										X	
E.24	II	A003	20 02 03	Resíduos de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana não biodegradáveis (varrição de canteiro de obra)						X		X								X			

Classe E - Resíduos diversos gerados no canteiro