

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Duany Silveira Marcello

ALTERNATIVAS PARA APLICAÇÃO DE LOGÍSTICA REVERSA NA CONSTRUÇÃO
CIVIL EM FLORIANÓPOLIS.

Florianópolis

2019

Duany Silveira Marcello

ALTERNATIVAS PARA APLICAÇÃO DE LOGÍSTICA REVERSA NA CONSTRUÇÃO
CIVIL EM FLORIANÓPOLIS

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Juan José Oviedo Haito.

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Marcello, Duany Silveira

Alternativas para aplicação de logística reversa na
construção civil em Florianópolis / Duany Silveira Marcello
; orientador, Ricardo Juan José Oviero Haito, 2019.

81 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Logística Reversa. 3. Gestão de
resíduos. 4. Resíduos da Construção Civil. 5. Florianópolis.
I. Oviero Haito, Ricardo Juan José . II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil.
III. Título.

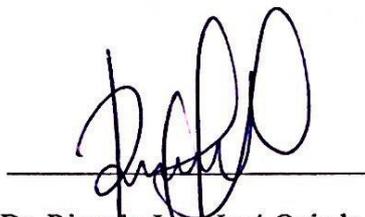
Duany Silveira Marcello

ALTERNATIVAS PARA APLICAÇÃO DE LOGÍSTICA REVERSA NA CONSTRUÇÃO
CIVIL EM FLORIANÓPOLIS

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 27 de Junho de 2019.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Ricardo Juan José Oviedo Haito.
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª. Dr^ª. Cristine do Nascimento Mutti.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula Melo

Universidade Federal de Santa Catarina

São as nossas escolhas, mais do que as nossas
capacidades, que mostram quem realmente
somos.

Harry Potter e a Câmara Secreta

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que esteve comigo durante toda trajetória como universitária e me ouviu nos momentos em que eu não confiava em mim.

Aos meus pais, Izabel Silveira Marcello e Romildo Jorge Marcello, as pessoas mais generosas que eu conheço, proporcionaram-me subsídios emocionais e tudo mais que poderiam em todo decorrer de minha vida escolar, passando pelo ensino médio e graduação. Ouvir que alguém está torcendo por você dá motivação para chegar mais longe, e por conta de vocês eu sei que nunca estou sozinha. Não saberei retribuir tanto carinho e dedicação, obrigada por me apoiarem nesse sonho que abraçaram como se fosse de vocês. Eu os amo muito.

À minha irmã, Kely Silveira Marcello, que por vezes foi minha conselheira e ouvinte, me trazendo palavras de alento e me ouvindo reclamar que estava cansada, mas ainda precisava de um último gás. Estendo o agradecimento à Carolina Araújo Oliveira que também ouviu minhas lamentações, me contava histórias engraçadas e ajudava a relaxar nos momentos que eu não conseguia escrever mais nenhuma palavra.

Agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina, pela formação acadêmica exemplar, por me proporcionar ensino de qualidade e me proporcionar tantas experiências especiais.

Aos professores que passaram por toda essa trajetória, principalmente acadêmica, que se encerra agora, meu obrigada pela dedicação e paciência em nos passar seu conhecimento e experiência.

Em especial, agradeço ao professor Ricardo Oviedo Haito que me recebeu da melhor forma como sua orientanda, sempre me dando todo apoio, puxões de orelha necessários, sendo um amigo e também compartilhando suas balinhas peruanas. Obrigada por seus ensinamentos, paciência e confiança, professor, você foi fundamental para conclusão deste trabalho.

Aos amigos mais maravilhosos que eu poderia ter recebido de presente, podendo chamar de Família, sou muito feliz por poder contar com vocês.. Seja para as horas de dar apoio em como resolver um problema ou de incentivar a largar o problema, vocês estavam lá, meu muito obrigada, que nossa amizade se estenda por muitos anos. Sem a companhia diária, graduação certamente teria sido menos interessante. Agradeço, também, à pessoa não cansou de me dizer dez vezes por dia que tudo ia ficar bem e tentando me fazer ficar tranquila, mesmo eu não acreditando às vezes, Willyan Millnitz, obrigada por toda paciência e carinho.

Agradeço à Conaz, aos integrantes da equipe de Suporte e Operações e também a minha supervisora de estágio, veterana e amiga, Geórgia Pereira, por toda paciência e

compreensão de minha ausência para que muitas etapas das etapas desse trabalho fossem realizadas.

Por fim, agradeço todos que passaram por minha trajetória, pessoas as quais eu não tive contato, mas fizeram diferença para que eu concluísse com êxito essa formação.

RESUMO

As atividades desenvolvidas pela indústria da construção civil respondem pela geração de grande volume de resíduos sólidos. Por conta disso, o tratamento e a destinação apropriada desses resíduos têm grande influência na redução dos impactos ambientais causados pelo setor. Uma das opções passa pela implementação da chamada logística reversa, pois promove o aproveitamento dos resíduos em substituição aos materiais virgens e, além disso, ganhos financeiros com a venda dos mesmos. Apesar disso, há desconhecimento quanto às alternativas disponíveis, bem como da sua aplicabilidade no Brasil. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar as alternativas de logística reversa aplicadas em Florianópolis. Para tanto, quinze alternativas disponíveis na literatura foram levantadas e detalhadas em fluxograma, e a percepção quanto à sua aplicabilidade avaliada em cinco empresas. Apesar dos benefícios identificados nas alternativas levantadas, as empresas percebem que elas apresentam alto custo e são de difícil aplicação em Florianópolis. Como contribuição desse trabalho, com a ciência das 15 alternativas e da percepção das construtoras, torna-se possível planejar os projetos de gestão de resíduos no município para conscientizar e oferecer esse conhecimento às construtoras com intuito de aumentar o reaproveitamento dos resíduos. Apesar de os benefícios das alternativas serem verificados, em termos de destinação e reuso dos materiais, futuras pesquisas são necessárias para determinar a viabilidade destas, e de outras alternativas identificadas.

Palavras-chave: Logística Reversa. Gestão de resíduos. Resíduos da Construção Civil.

Florianópolis

ABSTRACT

The operations made by the civil industry generate large volumes of solid waste. For this reason, the processing and allocation of residue have large influence on the reduction of environmental impacts caused by the sector. One of the options involves the implementation of reverse logistics, It promotes the use of waste instead of virgin materials and, in addition, the financial results from the sale. Despite this, the available alternatives, as well as their application in Brazil, are unknown. Therefore, the objective of this paper was to identify the reverse logistics alternatives applied in Florianópolis. For that, fifteen alternatives available in the literature were collected and described in flowchart, and the perception of its applicability evaluated in five companies. Despite the advantages identified in the alternatives raised, the companies perceive are expensive and of difficult application in Florianópolis. As a contribution of this, with the science of the 15 alternatives and the companies' perception, becomes possible to plan waste management projects in the city to raise awareness and offer this knowledge to the companies in order to increase the reuse of waste. Even though benefits of the alternatives are verified, in terms of destination and reuse of materials, future research are necessary to discover the viability of these, and other alternatives identified.

Keywords: Reverse logistic. Waste Management. Civil Construction Waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de vida de uma edificação	22
Figura 2 - Composição Qualitativa do RCD no Brasil.....	27
Figura 3 - Resíduos de construção e demolição em Belo Horizonte (1995-2010).....	28
Figura 4 - Localização e mapa do município de Florianópolis	35
Figura 5 – Fluxograma de Estruturação da metodologia.....	41
Figura 6 - Exemplo de Depósito Temporário de resíduos.....	44
Figura 7 - Exemplo de áreas de armazenamento no canteiro de obras.....	44
Figura 8 - Caçamba de resíduos de classe B – Papel	44
Figura 9 - Localização dos PEPV's e Aterros de Florianópolis.....	48
Figura 10 - Logística circular	50
Figura 11 – Exemplo de Ecoponto para entrega de resíduos em Florianópolis	52
Figura 12 - Esquema típico da indústria recicladora e seus produtos finais.....	53
Figura 13 - Processo de Produção de material reciclado a partir de resíduos de Classe B	54
Figura 14 - Produtos reciclados de materiais de Classe A e suas aplicações	57
Figura 15 - Pavimentação utilizando agregado reciclado.....	57
Figura 16 - Distribuição de EPS por segmento no mundo	61
Figura 17 - Fibras de papel Kraft com destaque para a presença de pedriscos de cimento.	66
Figura 18 - Resíduos de gesso acartonado	69
Figura 19 - Fluxograma de Logística Reversa dos resíduos de Gesso	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Composição do RCC na Região da Grande Florianópolis.....	36
Gráfico 2 - Resistência à Compressão Axial	60
Gráfico 3 - Resistência à tração	60
Gráfico 4 - Nível de contaminação das amostras de madeira.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Destinação dos resíduos da construção Civil	31
Quadro 2 -,Normas Técnicas Relacionadas aos Resíduos da Construção Civil.....	33
Quadro 3 - Características dos entrevistados.....	39
Quadro 4 - Usos para Madeira.....	65
Quadro 5 - Etapas de um novo ciclo de vida para diferentes classes de resíduos da Construção Civil. Fonte: Autora (2019)	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados do ensaio à compressão no concreto com PVC	59
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAGESSO Associação Brasileira de Gesso

Abrecon Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição

ACEPE Associação Industrial do Poliestireno Expandido

ASMARE Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte

BTC Blocos de terra compactada

CBCA Centro Brasileiro da Construção em Aço

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTRCC Centro de tratamento de resíduos da construção civil

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPS Poliestireno expandido

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

ISO International Organization for Standardization

PEPVs Pontos de Entrega para Pequenos Volumes

PIB Produto Interno Bruto

PMGIRS Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PNRS Política Nacional dos Resíduos Sólidos

RCC Resíduos da Construção Civil

RCD Resíduos da Construção e Demolição

SINDUSCON -DF Sindicato da Indústria da Construção Civil do Distrito Federal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo Geral	18
1.2.2 Objetivos Específicos	19
1.2.3 Estrutura do TCC.....	19
2 FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 LOGÍSTICA	20
2.1.1 Ciclo de vida.....	21
2.2 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	22
2.3 A LOGÍSTICA REVERSA	23
2.3.1 Logística reversa e Gestão de Resíduos na Construção Civil.....	25
2.4 LOGÍSTICA REVERSA E GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	28
2.4.1 Legislação sobre a gestão de resíduos	29
2.4.1.1 Resolução N° 307 do Conama	30
2.4.1.2 Lei N° 12.305, de 2 de Agosto de 2010.....	31
2.4.1.3 Outras regulamentações.....	33
2.4.2 Gestão de Resíduos da Construção Civil em Florianópolis	35
3 METODO DE TRABALHO	38
3.1 DIFICULDADES DA PESQUISA	41
4 ALTERNATIVAS PARA APLICAÇÃO DE LOGÍSTICA REVERSA.....	42
4.1 RESULTADOS TEÓRICOS.....	42
4.1.1 Condição e preparação dos resíduos após a utilização no canteiro de obras.....	43
4.1.1.1 Classe A.....	45
4.1.1.2 Classe B	46
4.1.1.3 Classes C e D.....	46
4.1.1.4 Treinamento dos trabalhadores no canteiro de obra.....	47
4.1.2 Destinação correta dos resíduos para reutilização	47
4.1.2.1 Classe A.....	52
4.1.2.2 Classe B	54
4.1.2.3 Classes C e D.....	55
4.1.3 Aplicação dos resíduos	55
4.1.3.1 Classe A.....	55

4.1.3.1.1 Derivados de concreto.....	56
4.1.3.2 Classe B	58
4.1.3.2.1 Polímeros.....	59
4.1.3.2.2 Vidro	62
4.1.3.2.3 Madeira	63
4.1.3.2.4 Papel.....	66
4.1.3.2.5 Gesso	67
4.1.3.2.6 Metais	71
4.1.3.3 Classes C e D.....	72
4.1.4 Fluxograma resumo com as aplicações para os resíduos da construção civil.....	72
4.2 PERCEPÇÃO DAS CONSTRUTORAS A RESPEITO DAS ALTERNATIVAS DE LOGÍSTICA REVERSA.....	75
4.2.1 Resultado das entrevistas.....	75
4.3 DISCUSSÃO.....	77
5 CONCLUSÃO.....	79
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	80
REFERÊNCIAS	81
APENDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO ÀS CONSTRUTORAS	86
ANEXO I – TABELA DE COMPOSIÇÃO DA ARGAMASSA ELABORADA POR BATISTA ET AL (2018).....	87

1. INTRODUÇÃO

A partir da década 70, a sociedade começa a sofrer um processo de conscientização ambiental, ganhando força no início da década de 90, com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano. Nesse contexto social, a construção civil é reconhecida como sendo uma atividade muito importante para o desenvolvimento.

Entretanto, a construção civil comporta-se como uma indústria geradora de inúmeros impactos negativos ao meio ambiente, já que é responsável por 67% dos resíduos sólidos urbanos municipais gerados (SCHAMNE; NAGALLI, 2016). Além disso, as construções brasileiras em grande maioria não são racionalizadas provocando impactos ambientais e comprometendo a qualidade de vida das populações nos centros urbanos. Como tentativa de mudança desse cenário apresenta-se o conceito de Logística Reversa, um braço da Logística Empresarial.

Conforme Ballou (2011) A logística empresarial é um processo que

“trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem que facilitam o fluxo de produtos e informações desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável” (BALLOU, 2011).

Desse processo originou-se a Logística reversa.

A Logística Reversa, conforme Fonsêca e Uchoa (2016), parte da ideia de que a logística determina entregar o produto no lugar certo, na hora certa e com menor custo possível, mas não se havia pensado no seu retorno. Conceituar Logística Reversa é pensar além da entrega do produto ao cliente, é pensar o gerenciamento deste produto como um ciclo que retorna a empresa para reciclagem, reuso ou destinação de descarte em ambiente adequado para reaproveitamento que se mostre mais viável, levando em consideração os requisitos técnico-sócio-econômicos (LEITE, 2009 apud SILVA, 2015). O despertar para a logística reversa foi decorrente das vantagens que as empresas podem ter sobre os concorrentes, pois as pessoas estão procurando cada vez mais por soluções sustentáveis.

É importante, também, ressaltar que houve um aumento das restrições impostas por legislações, resoluções ambientais e normas da ABNT que trazem exigências relacionadas ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos e, em especial aos Resíduos da Construção Civil. Dentre elas destaca-se a Resolução Nº 307 do Conama, em vigor desde 02 de janeiro de 2003, que estabelece critérios e procedimentos de acordo com as classes A, B, C e D para tornar efetiva a redução dos impactos ambientais gerados pela construção civil. Segundo a

própria resolução, os resíduos de construção civil são todos aqueles resíduos ou restos de materiais provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, bem como os resultantes da preparação e da escavação de terrenos.

Além disso, foi sancionada em agosto de 2010 a Lei Federal nº 12305/2010 – Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) a qual dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (WILLE;BORN, 2012). Em relação às responsabilidades do poder público a legislação estabelece que os municípios precisam elaborar o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, o qual inclui a gestão dos resíduos da construção Civil.

O município de Florianópolis, por meio do Decreto Nº 17.910, de 22 de agosto de 2017, instituiu o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, porém o plano ainda não contempla a Gestão dos resíduos da Construção Civil que ainda está em projeto de lei. Dessa forma, o presente trabalho mostrar formas de gestão dos materiais e aplicações alternativas para logística reversa dos resíduos da construção civil na cidade de Florianópolis.

1.2 OBJETIVOS

A seguir são relacionados os objetivos para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

1.2.1 Objetivo Geral

Levantamento das alternativas de Logística Reversa dos resíduos da construção civil junto com a percepção delas pelas construtoras de Florianópolis

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Levantar bibliografia de logística reversa e alternativas de reutilização dos resíduos da Construção Civil
- ✓ Verificar a situação da gestão de resíduos da construção civil no município de Florianópolis
- ✓ Análise da percepção das construtoras de Florianópolis quanto às aplicações estudadas.

1.2.3 Estrutura do TCC

Este trabalho de conclusão de está dividido em 4 capítulos complementado por um apêndice e um anexo. A seguir apresenta-se uma descrição concisa dos capítulos visando fornecer uma compreensão geral do trabalho.

O capítulo 1 é composto por introdução, objetivos geral e específicos e a estrutura deste trabalho.

No capítulo 2 pode-se obter contato com a fundamentação bibliográfica, contendo o conceito de logística e logística reversa. Apresenta-se também a legislação disponível para gestão de resíduos e a situação da gestão integrada de resíduo no município de Florianópolis.

O capítulo 3 traz a metodologia deste trabalho mostrando quais as etapas e como foram realizadas para se chegar ao objetivo final pretendido.

O capítulo 4 apresenta os resultados deste trabalho, tanto da pesquisa levantada na literatura com as alternativas e procedimentos a serem realizados, como também, a percepção das construtoras sobre as alternativas.

No capítulo 5 encontra-se a conclusão deste trabalho e sugestões para trabalhos futuros. Posteriormente são apresentadas as referências, o apêndice com o questionário aplicado às construtoras e também o anexo como complemento da compreensão da reutilização do Policloreto de Vinila (PVC).

2 FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta os conceitos e análise dos principais trabalhos identificados na literatura que abordam o assunto da pesquisa. Também aborda a legislação referente à gestão de resíduos, conceitos relacionados à logística reversa e à gestão de resíduos da construção e demolição, o cenário atual Brasileiro e também na cidade de estudo, o município de Florianópolis. O embasamento do trabalho e o enquadramento da pesquisa no referencial teórico é, portanto, o objetivo deste capítulo.

2.1 LOGÍSTICA

A logística empresarial adquiriu maior interesse a partir da década de 50, quando a expansão dos mercados consumidores promoveu maior preocupação com a distribuição física de bens. Antes deste período, as atividades inerentes à logística estavam fragmentadas sob a responsabilidade de diversos departamentos dentro de uma organização (BALLOU, 1993).

Para Monteiro e Bezerra (2003) atualmente a logística empresarial está associada diretamente ao fato de uma organização relacionar-se com o cliente interagindo de forma eficiente com a cadeia produtiva para conquistar o objetivo final e estar competitivamente atuando no mercado. Esta definição converge para o que defende Ballou (2006, p.101) que chama a atenção para três aspectos muito importantes da logística, que vão além do fluxo de produtos: (1) o fluxo de informações; (2) o nível de serviço; (3) e o custo. Estes aspectos são interdependentes e a ineficiência em qualquer um dos processos deles decorrentes pode determinar um desempenho inferior de toda a cadeia logística.

Para Nascimento (2014) a construção civil pouco utiliza os conceitos e as ferramentas da logística em suas práticas de gestão, fato que repercute significativamente na produtividade, qualidade e prazos, além de não contribuir para a redução de altos índices de desperdício. Além disso, Rezende, Jesus e Moura (2013, p. 142) defendem que a participação ativa dos colaboradores, na dinâmica dos processos que materializam o setor, é de fundamental importância, tendo em vista que são eles que tem contato diário e executarão as funções logísticas.

Cardoso (1996) propõe uma subdivisão para a logística aplicável às construtoras, classificando-a quanto a sua função em: logística de suprimentos (externa) e logística de

canteiro (interna). Segundo esta subdivisão da indústria, a logística pode ser aplicada em dois momentos distintos. O primeiro, antes de chegar ao ambiente de produção – o canteiro de obras – trata-se da logística de suprimentos da obra, que equivale às atividades de administração de materiais da indústria. Em um segundo momento, temos a logística “interna”, isto é, a que ocorre dentro do ambiente de produção, denominada no meio técnico e acadêmico de logística do canteiro de obras. Esta visa gerenciar as atividades de movimentação dentro do canteiro de obras.

Esse autor ainda destaca as principais tarefas da logística de canteiro:

- Gestão dos fluxos físicos ligados à execução, ou seja, o conhecimento das datas de início e término de serviços,
- Os detalhes dos fluxos que serão realizados durante a execução dos serviços,
- Os mecanismos de controles dos serviços; a gestão da interface entre agentes que interagem no processo de produção de uma edificação,
- As informações que são necessárias para que estes exerçam suas atividades dentro de padrões pré-estabelecidos,
- A resolução de interferências entre os serviços;
- A gestão física da praça de trabalho, incluindo a implantação do canteiro,
- Os sistemas de transportes,
- Os locais de estocagem e pré-fabricação e os requisitos de segurança no canteiro.
- E ao fim deste processo, adiciona-se o sistema de gerenciamento de RCD (resíduos da construção civil).

E salienta que a eficiente execução dessas tarefas é essencial para um sistema logístico otimizado.

Em suma, como levantado por Marcondes e Cardoso (2005) acredita-se que o gerenciamento da cadeia de suprimento, conceito que inclui tanto a logística em seu sentido normal como a logística reversa, para ser alcançado com êxito, precisa do auxílio de todos os agentes da cadeia produtiva, desde a indústria até o consumidor final em uma ação conjunta e integrada.

2.1.1 Ciclo de vida

Para Baptista (2011) “A principal ferramenta para medir o grau de sustentabilidade do processo para concepção de um produto é o estudo de Avaliação do Ciclo de Vida”. Com esse estudo, é possível avaliar o impacto causado pelo produto final ao meio ambiente, pois leva em consideração todo o processo produtivo.

Esse autor também destaca que “o ciclo de vida de uma edificação inicia-se na fabricação dos materiais construtivos e suas fontes de recursos naturais, seguido pela fase de transportes até o canteiro de obras, execução da construção propriamente dita, prolongando-se com o uso e manutenção da edificação e encerrando-se com a demolição e reciclagem dos materiais”. Com isso, pode-se perceber que uma edificação sustentável, com menor geração e além disso de resíduos reutilizáveis, tem seu berço muito antes do início da fundação. Na

Figura 1 é possível observar um diagrama do ciclo de vida de uma edificação.

Figura 1 - Ciclo de vida de uma edificação



Fonte: Tavares e Lamberts ¹(2005) apud Baptista (2011)

2.2 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As perdas são calculadas considerando o material ou tempo necessário para realização de uma atividade, feito a partir de estudos e a quantidade efetivamente utilizada. Segundo Rocha, Cancio e Proencio (2013, p. 4) a principal causa para esses desperdícios é a incompatibilização dos projetos ou alterações na etapa de execução. Além disso, na grande

¹ TAVARES, Sergio F.; LAMBERTS, Roberto. Consumo de energia para construção, operação e manutenção das edificações residenciais no Brasil. **VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, ENCAC**, 2005.

maioria dos casos, a execução das instalações hidráulica e elétrica são realizadas após a execução da alvenaria gerando alto volume de resíduos e perdas.

As perdas nem sempre podem ser impedidas de ocorrer. Segundo Soibelman (1993 p. 6), as perdas podem ser evitáveis ou inevitáveis. Por inevitável entende as perdas naturais, devido ao rendimento não ser de 100%, as quais demandariam investimento maior que o retorno proporcionado, evitando-as. As perdas evitáveis são decorrentes de emprego inadequado dos equipamentos, roubo de material ou falta de gestão na utilização. Em decorrência disso, a perda evitável pode ser assemelhada com o desperdício. Além do custo da compra de material não necessário, o desperdício gera resíduos, os quais também agregam em investimento para gestão adequada. Nesse contexto, a Logística Reversa tem por objetivo atuar em parte das perdas evitáveis proporcionando destinação adequada e lucrativa para os resíduos na tentativa de reduzir ao máximo as perdas na construção.

2.3 A LOGÍSTICA REVERSA

A grande competição entre as empresas pelos mercados internos e externos, as inovações e as oportunidades para proporcionar vantagens competitivas, têm chamado a atenção de forma a atingir mercados cada vez maiores e agregar valor aos negócios e produtos já existentes. Seguindo essa linha de raciocínio, a logística reversa, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecido pela lei 12.305 de 2 de Agosto de 2010, pode ser definida como

[...]instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada é apresentada como maneira de se diferenciar no mercado (BRASIL, 2010).

Dessa forma, essa prática tem sido vista como interessante e provocado vantagens para muitas empresas. Segundo Santos e Pompeu (2016) a logística reversa aparece como uma grande oportunidade de se desenvolver a sistematização de toda uma cadeia de abastecimento de produtos que poderão novamente fazer parte do processo produtivo contribuindo para uma redução na extração de matéria-prima virgem.

Ainda se tratando da reinserção do material à cadeia produtiva, Baptista e Romanel (2013) defendem de adotar no lugar dos atuais processos lineares de consumo dos produtos, os processos circulares levando os insumos depois de separados em classes para destinação correta de preparação para reuso, reciclagem ou descarte adequado de acordo com a classificação dada pela Resolução N° 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA,2002).

Tendo em vista isso, Stock (2001) apresenta a definição de cada destinação que será dada os insumos da construção civil que passarão pela logística reversa para que sejam tomadas as decisões de onde eles serão alocados. São elas:

- **Reuso do material:** agrega valor de reutilização ao bem de pós-consumo na mesma cadeia produtiva;
- **Remanufatura:** consiste nas etapas de desmontagem do produto usado, na limpeza de suas peças, com a finalidade de revenda do material para mercados secundários.
- **Reciclagem:** processo industrial para a transformação de um material que terminou sua vida útil em um novo produto.

Ao final de todo processo, não havendo mais possibilidade de aplicação, realiza-se a correta disposição final dos produtos para evitar danos ambientais.

Outro viés importante e essencial da Logística Reversa é a participação dos geradores de resíduos, pois por estarem no final do ciclo linear são o início do ciclo reverso. Segundo Marcondes e Cardoso (2005, p. 9) esforços de um único lado (agente) ou esforços dispersos tendem a gerar resultados medianos e por consequência a não-propagação da filosofia de Logística Reversa. A partir disso, é possível perceber que os ganhos com a logística circular serão tão grandes quanto o esforço dos geradores, nesse estudo as construtoras, em realizar as operações iniciais visando a maior inserção dos resíduos aos processos produtivos.

Nesse sentido, Couto e Lange (2017) defendem que a adesão da população garantirá que o sistema de logística reversa tenha quantidade de material suficiente para gerar economia de escala. Pensando assim, é possível perceber que a logística reversa é tão ou mais complexa que a logística tradicional e requer atenção para que a sua aplicação seja feita de maneira correta e possa proporcionar as vantagens já acima citadas.

Dentro desses conceitos, é possível perceber que a logística reversa está ligada ao mesmo tempo, a questões legais, ambientais e econômicas, o que a coloca em destaque e faz com que seja imprescindível o seu estudo no contexto organizacional (CARTER;

ELLRAM,1998). Porque por meio desse o processo as empresas podem se tornar ecologicamente mais eficientes por intermédio da reciclagem, reuso e redução da quantidade de materiais usados.

Segundo Guarnieri (2011), entre as vantagens econômicas e financeiras da logística reversa destacam-se o ganho obtido por meio da venda dos materiais descartados ao mercado secundário e redução dos custos com destinação, economia obtida com reutilização e recondicionamento dos produtos. As vantagens ecológicas estão relacionadas à redução do passivo ambiental e conseqüentemente, dos impactos gerados no ambiente além da utilização responsável dos recursos, evitando-se desperdícios.

2.3.1 Logística reversa e Gestão de Resíduos na Construção Civil

A construção civil é um dos setores que mais gera resíduos, causando expressivos impactos ambientais. Muitos desses resíduos são consequência da falta de planejamento das obras, construções ou demolições. É necessário que haja um controle e um acompanhamento de todo processo construtivo, desde a compra de materiais até a destinação final desses produtos a fim de evitar o desperdício de materiais e incentivar que haja a separação destes (FONSECA, CASTRO e MAINTINGUER, 2018, p. 5).

Apesar das diferentes metodologias de construção utilizadas nos países os resíduos de construção e demolição (RCD) ainda representam um relevante problema mundial, pois além do consumo de recursos naturais, a atividade responde pela geração de uma parcela significativa. Não obstante, Llatas (2011) afirma que em vários países os governos têm implantado normas ambientais com o intuito de minimizar os impactos causados pelos RCD.

Essas normas ambientais tem sido pivô da geração de muitos empregos nos países da União Europeia. Segundo o Eurostat (Gabinete de Estatísticas da União Europeia), o tratamento de resíduos na União Europeia já emprega cerca dois milhões de pessoas em todo bloco e o faturamento no setor em 2008 foi de 145 bilhões de euros, aproximadamente 1% do PIB do bloco. Segundo dados do gabinete os países que mais se destacam são Bélgica, Dinamarca, Alemanha, Áustria, Suécia e Países Baixos, os quais tem em aterros apenas 3% dos seus resíduos, em contra partida em países como Bulgária, Lituânia, Letônia e Romênia esse percentual sobe para 75%. De maneira geral, o nível de reciclagem e recuperação dos RCD varia de 10 a 90% nos países da União Europeia.

Do outro lado do Oceano Atlântico a situação não é diferente, parte com altos índices de reciclagem e outros nem tanto. Nos Estados Unidos, por exemplo, mais de 70% dos RCD são reciclados ou recuperados (TOWNSEND, 2014).

Já no Brasil, onde os RCDs representam 67% dos resíduos sólidos urbanos municipais gerados (SCHAMNE; NAGALLI, 2016), segundo dados da Abrecon apenas 20% desses resíduos passam por processos de beneficiamento, reutilização ou reciclagem.

Para melhor entendimento das diferentes formas de gerenciamento de resíduos é necessário conceituar reutilização, reciclagem e beneficiamento. Reutilização é o processo de aplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo; reciclagem é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação; beneficiamento é o ato de submeter um resíduo à operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto (BRASIL, 2002).

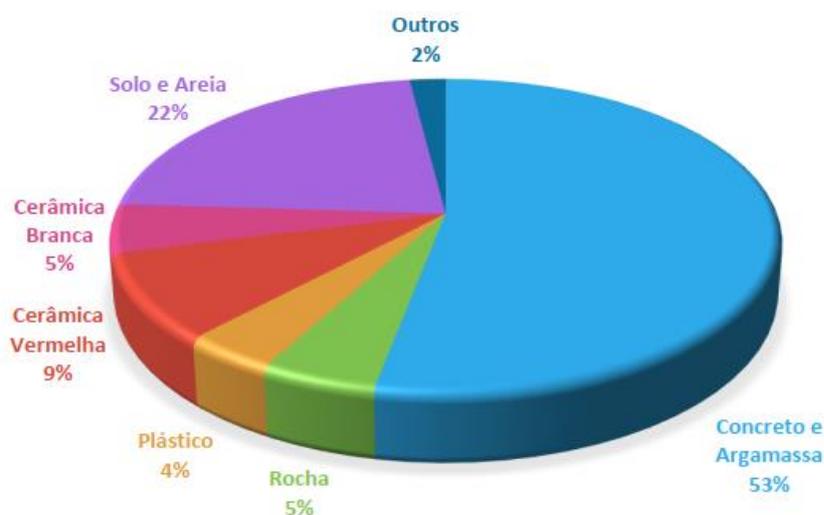
No Brasil, ainda são raras as iniciativas empreendedoras que visam à correta gestão de materiais em canteiros de obras, seja em qualquer dos processos de gerenciamento de resíduos. Entretanto, algumas construtoras já perceberam que iniciativas como o reaproveitamento de materiais que geram resíduo nas obras podem ser lucrativas e benéficas para a empresa, uma vez que contribui para os ecossistemas em seu entorno minimizando os resíduos gerados (ROCHA, CANCIO e PROENÇA, 2013). Lacerda (2002) reforça essa ideia quando afirma que a implementação da logística reversa pode reverter grandes benefícios às organizações quanto à imagem institucional dentro do ambiente na qual a mesma está inserida, pois reflete a preocupação com o meio-ambiente e a sociedade, como no aspecto econômico.

Essas vantagens econômicas são refletidas nos gastos financeiros da empresa com aquisição de materiais. Segundo Careli (2013) ao considerar a hipótese da utilização de agregados reciclados em substituição aos naturais, os preços praticados pelo mercado chegam a ser cerca de 30% inferiores. No entanto, de acordo com o mesmo autor, o grande benefício para construtoras está relacionado à busca pela minimização da geração dos resíduos, uma vez que são evitados gastos com o transporte e destinação, e perda de materiais.

Em caso de resíduos que não podem ser evitados a solução é a correta segregação com garantia de qualidade para reuso. A partir dessa concepção Miranda e Selmo (1999), afirmam que as grandes perspectivas para a reciclagem de entulho de construção civil são a construção de centrais de reciclagem, que possam produzir argamassas, concretos e pré-

fabricados em volumes compatíveis à velocidade de geração de entulho nas grandes cidades, mas que garanta um nível mínimo de controle tecnológico produzindo materiais com desempenho adequado. Esses materiais recebem maior atenção devido a liderar o percentual de resíduos gerados nas obras. A Figura 2 apresenta a composição média de resíduos da Construção gerados no Brasil que justifica a concepção apresentada pelos autores.

Figura 2 - Composição Qualitativa do RCD no Brasil



Fonte: Fernandes (2018) adaptado de Hernandes e Vilar ²(2004) apud Nagalli (2014).

Pode-se observar que a composição de concreto e argamassa representa mais da metade do RCD produzido no Brasil. Nagalli (2014, p. 66) justifica isso observando “*que essa quantidade de resíduos está associada ao sistema construtivo brasileiro que adota estruturas em concreto e revestimentos assentados sobre argamassa de cimento*”. Ainda sobre isso, a autora complementa que em países da Europa e os Estados Unidos, que utilizam sistemas construtivos diferentes dos adotados no Brasil, a geração de resíduos apresenta composição diferente. Nesses casos a quantidade de resíduos de concreto e argamassa é muito menor, em contrapartida há o aumento de resíduos de outros tipos, como aço, madeira e gesso.

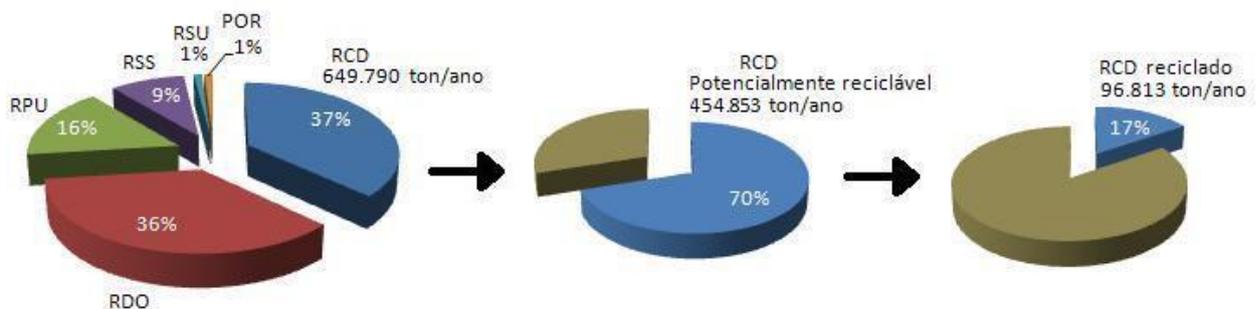
A partir desse estudo, a Logística Reversa é vista como uma alternativa para o gerenciamento adequado dos RCD, pois quando bem planejada e executada ela pode auxiliar na agregação de valor dos resíduos gerados, na reciclagem e na disposição final em locais adequados (SCHAMNE; NAGALLI, 2016).

² HERNANDES, Ricardo; VILAR, Orêncio Monje. Utilização de resíduo de construção e demolição nas obras de ampliação e rebaixamento da calha do rio Tietê. **Anais do GEO-JOVEM 2004**, 2004.

Sobotka e Czaja (2015) também compartilham dessa visão quando afirmam que a logística reversa na construção civil deve ter uma abordagem sistêmica em conformidade com as regras e normas técnicas do setor da construção, e prevalecer pela gestão dos recursos durante todo ciclo de vida do edifício. É necessário que desde a concepção do projeto se estabeleça um plano de gerenciamento dos RCD, pois no decorrer da obra podem ser executadas reparações, alterações de projeto, reconstrução e demolição passíveis de recuperação de materiais.

O incentivo à adoção de práticas de Logística Reversa pode contribuir para mudança de quadros como o de Belo Horizonte, onde os resíduos de construção e demolição representam a maioria, sendo 37% dos resíduos recolhidos pela superintendência de limpeza urbana da cidade. Na Figura 3, é possível observar que apenas 17% dos resíduos de construção e demolição são reciclados e reutilizados quando o potencial é de aproximadamente 70% (COSTA E OLIVEIRA, 2010). Esse potencial, se explorado poderia gerar emprego e renda para muitas pessoas, além de contribuir para retirada de resíduos da construção civil dos aterros.

Figura 3 - Resíduos de construção e demolição em Belo Horizonte (1995-2010)



Fonte: Costa (2010)

2.4 LOGÍSTICA REVERSA E GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Com a inserção do termo Logística Reversa surgiu uma instabilidade devido à proximidade deste e a gestão de resíduos, por conta da adjacência de seus conceitos e suas ações. Para a lei 12.305 de 2 de agosto de 2010 em seu artigo terceiro, a gestão integrada de resíduos sólidos é

[...] o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

Como afirmam Goto e Souza (2008, p. 5) para implementar um gerenciamento adequado dos resíduos é necessário priorizar as diversas etapas que compõem da gestão de resíduos sólidos: a redução do consumo; a reutilização por meio da reforma, a reciclagem e a incineração com aproveitamento de energia ou o depósito em locais adequados. Visando complementar e esclarecer a diferença, Marchi (2011), define a Logística Reversa como mecanismo de desenvolvimento social e econômico, definido por um conjunto de ações, procedimentos e meios indicados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos na área empresarial, para o reaproveitamento no seu ciclo produtivo, ou em outros ciclos, e a destinação final ambientalmente adequada. Dessa forma, entende-se que a Logística Reversa é uma ferramenta utilizada para aplicação da correta gestão integrada de resíduos sólidos.

2.4.1 Legislação sobre a gestão de resíduos

Desde que começou a ser realizado, segundo dados do IPEA (2012, p. 11) o manejo dos resíduos da construção estava sob responsabilidade apenas do poder público. Este enfrentava problemas com a limpeza e o recolhimento, pois muitos materiais eram depositados em locais inapropriados como áreas públicas, ruas, praças e margens dos rios. (IPEA, 2012, p.11).

Por conta disso e também para dividir com as instituições privadas a responsabilidade de gestão dos resíduos da construção e preocupação com o impacto ambiental, o poder público instituiu uma série de legislações e normas, com o intuito de definir diretrizes, objetivos e instrumentos para a gestão integrada e compartilhada de resíduos

sólidos definindo responsabilidades das instituições e também de cada esfera do poder público, sendo municipal, estadual ou federal (SOARES, 2017, p. 20).

2.4.1.1 Resolução N° 307 do Conama

Segundo Carvalho (2007), a preocupação no Brasil com os impactos ambientais decorrentes das atividades de construção civil ocasionadas pela urbanização e aumento populacional, principalmente no que diz respeito à utilização de recursos naturais e geração de resíduos, induziu a criação da Resolução N° 307/2002 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Essa resolução, que embasa legislações municipais e estaduais, define responsabilidades quanto a geração e gestão de RCD no Brasil, visando minimizar os problemas ambientais decorrentes da geração de resíduos da construção.

A Resolução N° 307 do CONAMA (2002), estabelece a classificação dos resíduos da seguinte forma:

Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados (materiais que podem ser agregados em argamassas ou concretos).

Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações (plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros).

Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem e/ou recuperação.

Classe D: são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

A resolução 307 do Conama sofreu alteração decorrente da Resolução 431 de 24 de Maio de 2011 incluindo o gesso, inicialmente categorizado como material de classe C, para material pertencente à classe B devido às recentes aplicações descobertas para os seus resíduos. Outra alteração realizada na resolução foi feita a partir da resolução 348 de 16 de Agosto de 2004, a qual incluiu o amianto como material perigoso classificado como classe D.

Em seu Artigo 10, a Resolução 307 do Conama estabelece, segundo suas diretrizes, as destinações a que os resíduos das diferentes classes devem ser submetidos. As destinações podem ser observadas no Quadro 1.

CLASSE DE RESÍDUO	DESTINAÇÃO CORRETA
Classe A:	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura
Classe B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem
Classe C:	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
Classe D:	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas

Quadro 1 - Destinação dos resíduos da construção Civil

Fonte: Autora com base em CONAMA (2002).

A Resolução 307 determina que os geradores são responsáveis pela segregação dos resíduos em diferentes classes, encaminhamento para reciclagem e disposição final adequada. Além disso, a resolução estabeleceu que as áreas destinadas para essas finalidades devem passar pelo processo de licenciamento ambiental e ser fiscalizadas pelos órgãos ambientais competentes.

2.4.1.2 Lei N° 12.305, de 2 de Agosto de 2010

Pela primeira vez na história brasileira publicou-se uma lei totalmente voltada à problemática dos resíduos sólidos urbanos. A Lei nº 12.305 de 2 de Agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

A lei traz uma inovação em relação às legislações anteriores. Essa novidade consiste na integração das responsabilidades de todas as esferas do setor público e ainda do setor produtivo, responsabilizando e obrigando a todos, a elaborar os planos de gestão, no sentido de promover o manejo dos resíduos sólidos. Compete à União a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Já os estados membros devem elaborar seus planos estaduais devendo priorizar a constituição de microrregiões para trabalharem de forma integrada na gestão de seus resíduos. Contudo, é para os municípios que a lei traz o maior número de

deveres, pois são detentores de competência constitucional para realização de serviços locais, dentre eles o de limpeza urbana (PEREIRA, 2011).

Os municípios não tem prazo de entrega, podendo elaborar seus planos a qualquer momento. Os planos, no entanto, segundo o Ministério do Meio Ambiente, são instrumentos importantes para o atendimento da lei e o ordenamento local da gestão de resíduos sólidos. As implicações de não se ter um plano de resíduos são dadas no art. 55 da Lei 12.305, que define que, a partir de 2 de agosto de 2012, os estados e municípios que não tiverem seus planos elaborados não poderão ter acesso a recursos da União, ou por ela controlados, para serem utilizados em empreendimentos e serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos (BRASIL, 2014).

Além disso, de acordo com Pascoal (2015, p. 17) a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece como condicionante para o acesso a recursos da União ou por ela controlados, a elaboração de planos de gestão de resíduos sólidos. No entanto, a existência do plano concluído, aprovado e que esteja em conformidade com o conteúdo mínimo previsto na Lei 12.305 (BRASIL, 2010), é condição necessária, mas não suficiente para formular o pedido por recursos. É essencial, por exemplo, que o objeto do pleito esteja contemplado no plano e que o município não esteja inadimplente.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA,2016), a lei também “*coloca o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal e inova com a inclusão de catadoras e catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, tanto na Logística Reversa quando na Coleta Seletiva*”. Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2008, a disposição final ambientalmente adequada era uma realidade apenas de 1.092 dos 5.564 municípios brasileiros, segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) do IBGE. Em contra partida, já no final de 2013, após a sanção da lei, de acordo com levantamento do MMA junto aos estados, esse número era de 2,2 mil municípios.

A lei Nº 12.305 (BRASIL,2010), ainda determina, em seu Artigo 9º que na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade de:

1. Não geração,
2. Redução,
3. Reutilização,
4. Reciclagem,
5. Tratamento dos resíduos sólidos

E, somente em último caso, a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Além disso, permite-se, segundo a lei N° 12.305, que sejam utilizadas tecnologias com intuito de recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental (BRASIL, 2010).

O município de Florianópolis, por meio do Decreto N°17.910, de 22 de agosto de 2017, instituiu o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, porém o plano ainda não contempla a Gestão dos resíduos da Construção Civil, capítulo que ainda está em projeto de lei.

2.4.1.3 Outras regulamentações

Além das regulamentações já apresentadas, são encontradas algumas outras que conjuntamente orientam o gerenciamento de resíduos da Construção Civil. A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) elaborou normas que tem por objetivo a regulamentação da gestão e manejo corretos à luz da Resolução CONAMA 307 (2002), além disso estabelecimento de requisitos para a aplicação de agregados reciclados em obras de engenharia. (Ministério das cidades). No

NBR 15116:2004	Agregados reciclados de resíduos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.
----------------	---

são apresentadas as normas técnicas brasileiras relacionadas ao descarte de resíduos da construção civil.

Quadro 2 -,Normas Técnicas Relacionadas aos Resíduos da Construção Civil.

NORMA	TÍTULO
NBR 10004:2004	Resíduos Sólidos – Classificação
NBR 15112:2004	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15113:2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15114:2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Área de

	reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15115:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos
NBR 15116:2004	Agregados reciclados de resíduos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

Fonte: Autora com base em dados da ABNT.

As normas listadas no

NBR 15116:2004	Agregados reciclados de resíduos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.
----------------	---

têm função de regulamentar e orientar a gestão de resíduos. A norma ABNT NBR 10.004 trata da classificação dos tipos de resíduos da construção civil através da sua periculosidade e seus respectivos danos ao meio ambiente e à saúde pública bem como seu gerenciamento conforme tal classificação. A partir desses critérios os resíduos são separados em resíduos de classe I, considerados perigosos e resíduos de classe II considerados não perigosos. Os resíduos de Classe II são subdivididos em classe A, não inertes e classe B, inertes. A classificação foi baseada na caracterização do resíduo, em razão das matérias-primas, dos insumos e do processo que lhes deram origem. (ABNT, 2004a)

A norma 15112:2004 trata de resíduos sólidos da construção civil e resíduos inerte e estabelece como devem ser as áreas de transbordo e triagem de resíduos de construção e demolição: Esta norma tem como objetivo definir requisitos básicos para elaboração do projeto, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos e resíduos volumosos, além de descrever os sistemas de proteção ambiental que deverão ser utilizados em uma área de transbordo, contemplando controle de poeira, ruído, sistema de drenagem e revestimento para o piso (ABNT, 2004b). Ainda a respeito dos resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes, a NBR 15113:2004 estabelece diretrizes para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos de classe A, além disso visa orientar sobre a disposição dos resíduos e a futura utilização da área do aterro, bem como a proteção do meio ambiente e saúde da população vizinha e aos trabalhadores de tais instalações (ABNT, 2004c).

As áreas de reciclagem dos resíduos da construção civil recebem diretrizes para projeto, implantação e operação na NBR 15114:2004 (ABNT, 2004d). Assim como a NBR 15113:2004, esta norma possui os mesmos objetivos, mas têm como foco os aspectos diretamente ligados à reciclagem dos resíduos sólidos da construção “classe A”. A NBR

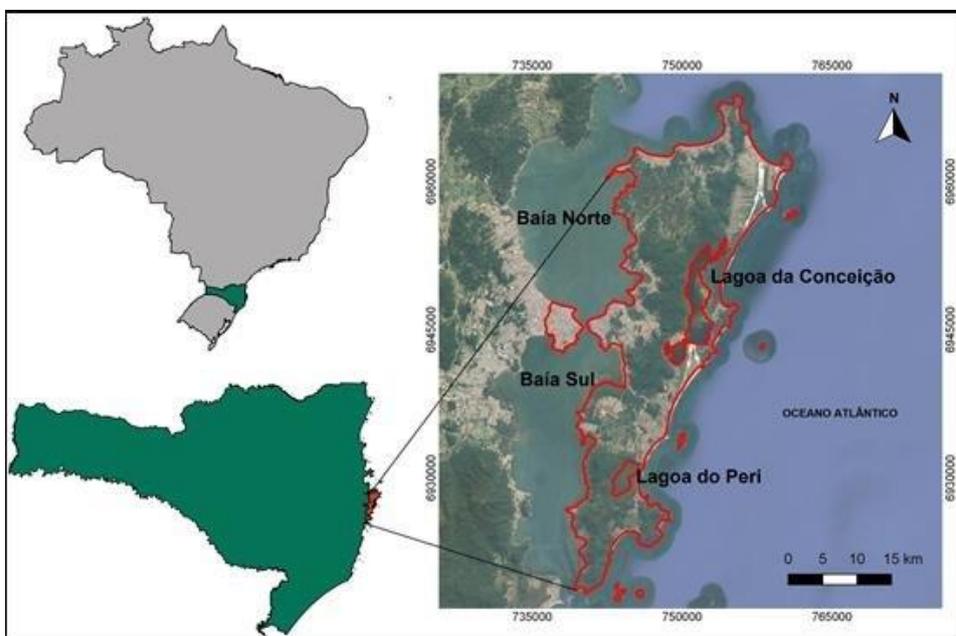
15115:2004 estabelece como será execução e critérios de camadas de pavimentação (reforço de subleito, sub-base, base e revestimento primário) feitas a partir de agregados reciclados da construção (ABNT, 2004e). A NBR 15116 regulamenta os requisitos mínimos para o emprego destes materiais em pavimentação e em concreto, além do controle da qualidade do agregado reciclado. (ABNT, 2004f)

2.4.2 Gestão de Resíduos da Construção Civil em Florianópolis

A Cidade de Florianópolis é a capital do estado de Santa Catarina. Com base em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município é composto pela ilha principal, a ilha de Santa Catarina, a parte continental e algumas pequenas ilhas circundantes totalizando área de 675,4 Km² (dados de 2016), em sua maioria na região insular, como mostrado pela

Figura 4. É o segundo município mais populoso do estado, contando com uma população de aproximadamente 493 mil habitantes, segundo estimativa do IBGE em 2018 e esse número vem crescendo em ritmo acelerado estimulando o mercado imobiliário.

Figura 4 - Localização e mapa do município de Florianópolis

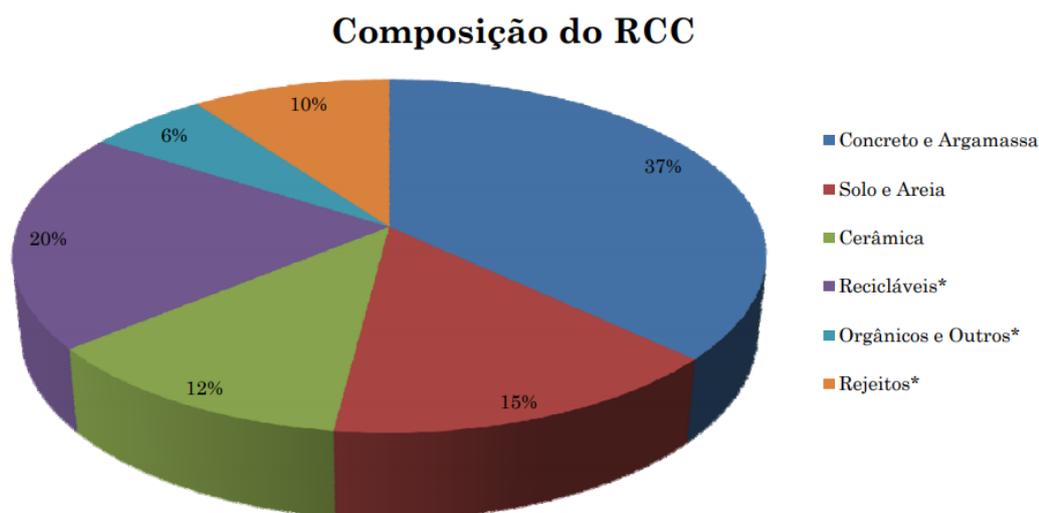


Fonte: Lima e Bonetti (2019)

Para atender a procura por moradia advinda da população que chega à cidade e dar insumo para o mercado imobiliário conta-se com o setor da Construção Civil. Seja para proporcionar moradia, áreas de lazer, hospitais ou escolas. Essa mobilização requer a utilização de recursos e por conta do método adotado em grande parte das construções brasileiras a geração de resíduos. Como a cidade não está preparada, segundo Fernandes (2018) o aumento de construções faz com que a geração de resíduos da construção civil se intensifique de maneira considerável, o que gera problemas ambientais quanto a sua disposição final adequada.

O Gráfico 1 mostra a composição e pode-se perceber que os serviços relativos à alvenaria, principalmente à quebra para inserir as tubulações hidráulicas e os eletrodutos, é responsável por praticamente 50% dos resíduos gerados pela construção civil na região de Florianópolis.

Gráfico 1 - Composição do RCC na Região da Grande Florianópolis



Fonte: Plano Municipal Integrado De Gerenciamento Dos Resíduos Da Construção Civil E Coleta Seletiva Do Município De São José (2012)

A Lei Complementar N° 305 de 2007 (BRASIL, 2007), inspirada na resolução N° 307 no Conama estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil no município. Porém, além desse documento segundo a Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), todos os municípios brasileiros precisam elaborar um Plano

Municipal Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil e Coleta Seletiva (PGIRCC), pois,

“[...] é condição para o Distrito Federal e os Municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.”(BRASIL, 2010)

A partir desse trecho da lei é possível perceber quão prejudicado e atrasado está o município de Florianópolis frente ao seu vizinho, São José, por exemplo qual já possui o Plano desde o ano de 2012. Segundo Fernandes (2012) o município passa desde 2012 por entraves políticos e por conta disso ainda não possui o PGIRCC elaborado e em prática, impedindo a completa formalidade na gestão de resíduos da construção civil no município. Com isso, sem legislação adequada, não é possível definir e exigir posicionamento dos envolvidos.

Com a falta de fiscalização, não há esforço para mudança. Segundo Bez (2014, p. 13) a maioria das construtoras e empreiteiras não realizam o treinamento dos funcionários com relação à correta segregação dos resíduos nos canteiros, os quais são levados misturados pelas empresas de papa entulho. O autor salienta ainda que as construtoras não cobram das empresas de coleta a respeito da existência e validade de licenças ambientais para destinação dos resíduos. Com isso, a reutilização dos resíduos da construção civil não é exigida na cidade e por consequência recebem a destinação que as empresas julgam adequadas que pode não ser a melhor solução.

Segundo dados da prefeitura (2015), A Comcap, Companhia de Melhoramentos da Capital responsável pela coleta seletiva, possui um aterro de inertes para depositar os resíduos sólidos inertes proveniente do serviço realizado no bairro de Canasvieiras, o aterro de inertes e de construção civil do Canto do Lamim, em operação desde 2012. Porém esse aterro já se encontra em sua capacidade máxima, prejudicando o envio de materiais para o local.

3 METODO DE TRABALHO

O tema de pesquisa sobre a aplicação de logística reversa em Florianópolis surgiu do interesse da autora sobre temas ligados à sustentabilidade. Além disso, conhecer sobre a destinação e melhor forma de aproveitamento dos resíduos da construção sempre foi uma curiosidade. Dada a proximidade, a pesquisa foi realizada em Florianópolis. Assim, optou-se por conhecer mais sobre a destinação dos resíduos nesse município. Como forma de verificar se já existiam trabalhos na área foi realizada uma pesquisa no repositório da biblioteca da UFSC e também no Google Acadêmico.

Percebeu-se que para despertar interesse das empresas em aplicar a logística reversa é necessário ter um retorno, quase que sempre, financeiro. Por conta disso, foi tentado contato com empresas que recebem resíduos como forma de entender o processo e também todo custo gerado em torno dele. A pesquisa não apresentou avanço nesse sentido devido à falta de respostas das empresas e com isso não havia dados base para que os custos fossem calculados. Nesse momento o trabalho precisou passar por algumas alterações, pois sem os dados, não seria possível calcular os custos.

A pesquisa foi remoldada e passou para um diagnóstico com intuito de entender se e como é feita a logística reversa em Florianópolis e apresentar às construtoras soluções para reutilização dos resíduos, ainda que sem o custo para implantar. Para atingir esse objetivo foi realizada pesquisa bibliográfica complementada com uma pesquisa qualitativa. O intuito da pesquisa é responder o questionamento: Entre as alternativas de logística reversa disponíveis quais são aplicadas em Florianópolis.

Como forma de conhecer as alternativas disponíveis foi realizada pesquisa no Google Acadêmico em busca de fontes tais como artigos, dissertações e teses e nas fontes pesquisadas foram coletados dados relativos às aplicações de logística reversa na construção. Especificamente procurou-se quais as formas de aproveitamento dos resíduos, testes realizados para tornar possíveis as aplicações, desempenho dos materiais reciclados e possíveis entraves para torna-las plausíveis, porém alguns não dispuseram de todas as informações. As palavras chaves utilizadas para procura das soluções variaram. Entre as utilizadas em português encontram-se: logística reversa, gestão de resíduos, reuso de rejeitos da construção civil, alternativas sustentáveis para aplicação dos resíduos, resolução Conama e logística circular, aplicação dos resíduos de classe A. Já no inglês: *circular logistics*, *reverse logistic* e *logistics in civil construction*, entre outras. seis das alternativas foram encontradas

ainda durante o plano de pesquisa. Posteriormente, durante o período de realização da segunda etapa de pesquisa, foram encontradas mais nove alternativas, totalizando 15 alternativas para os resíduos da construção. As Alternativas foram escolhidas devido à similaridade dos resíduos estudados e os resíduos provenientes da construção civil, além disso como a atividade de construção civil é realizada de diferentes formas nos diversos países, para esse estudo, foram consideradas apenas as alternativas para o aproveitamento dos resíduos disponíveis no Brasil.

Com base no referencial teórico identificou-se que os resíduos podem ser organizados por classe conforme as Resoluções Nº 307 e Nº 401 do Conama e os agentes de cada etapa do ciclo de vida do material de acordo com a atividade que desempenham no processo. A organização das alternativas, conforme os critérios anteriores, permitiu responder quais são as alternativas de logística reversa disponíveis para os resíduos da construção civil.

Para conhecer sobre a aceitabilidade e também aplicação procurou-se as informações no mercado. A partir de indicação de uma professora do Departamento de Engenharia Civil, encontrou-se uma especialista com experiência de três anos na área de gestão de resíduos no canteiro de obras. Ela indicou ajustes a serem realizados e recomendou empresas que se identificariam com a pesquisa e poderiam participar. Com base na organização das informações do parágrafo anterior foi elaborado um questionário, presente no Apêndice A, que foi enviado aos responsáveis das áreas de gestão de resíduos da construção das empresas indicadas, por meio da ferramenta de Formulário do Google. A pesquisa foi enviada para 15 construtoras, da cidade de Florianópolis no período compreendido entre Abril e Maio de 2019. Os dados das empresas participantes e dos entrevistados são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Características dos entrevistados

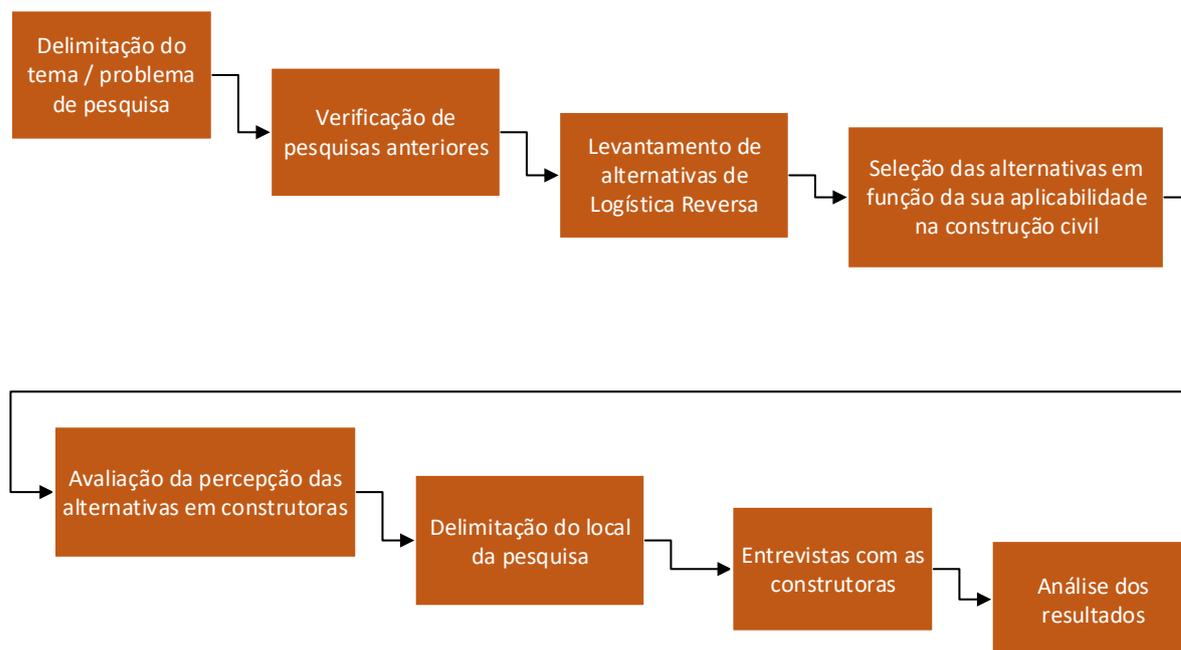
	Característica					
	Formação do entrevistado / Cargo na empresa	Idade da empresa	Tempo de experiência do entrevistado no ramo.	Número de funcionários	Número de obras em execução	Atuação da empresa
Entrevistado 1 (Empresa A)	Engenheiro Civil / Diretor de Obras	2 anos	3 anos	Até 19	2	Reforma

Entrevistado 2 (Empresa B)	Engenheiro Civil / Diretor Técnico	3 anos	4 anos	Até 19	3	Construção
Entrevistado 3 (Empresa C)	Engenheiro de Produção Civil Diretor de Projetos	3 anos	6 anos	100 a 200	10	Construção
Entrevistado 4 (Empresa D)	Administrador / Diretor Administrativ o	10 anos	5 anos	Até 19	4	Superestrut ura
Entrevistado 5 (Empresa E)	Engenheiro Civil / Responsável Técnico	17 anos	8 anos	Até 19	3	Construção

Fonte: Autora (2019)

Dessa forma, com esses dados, gerou-se uma planilha de respostas que foram utilizadas para cruzamento de dados. As alternativas encontradas com o fluxograma elaborado e a percepção dos especialistas das construtoras do município de Florianópolis serão mostrados nos resultados deste estudo nos capítulos 4 e 5. A estruturação dessa metodologia de pesquisa é apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma de Estruturação da metodologia



Fonte: A autora

3.1 DIFICULDADES DA PESQUISA

Apesar de a pesquisa ter apontado a não divulgação dos dados, das 15 construtoras contatadas apenas 5 responderam ao questionário. Algumas responderam ao e-mail alegando ser política da empresa a não divulgação de informações mesmo que para fins acadêmicos ou que não tinham tempo para dar retorno, pois estavam durante todo o tempo envolvidos com as obras e também outras não deram retorno mesmo com a ênfase de que seriam essenciais para melhor conclusão desta pesquisa.

4 ALTERNATIVAS PARA APLICAÇÃO DE LOGÍSTICA REVERSA

Tanto a construção da edificação como a reforma e demolição do edifício, após a utilização, gera resíduos. No caso da execução de uma obra de construção de um edifício os resíduos podem ser reutilizados na própria obra, enviados para indústria para passar novamente pelo processo de produção ou serem aplicados para fins externos. No caso de demolição, a última opção apresenta maior vantagem segundo Brimacombe (2001)³ apud Blengini (2009, p.6), dado que o aproveitamento da produção de massa de aço a partir de sucata secundária é de cerca de 93,5%.

Além disso, devido ao alto custo de frete para transporte dos materiais até os aterros legalizados ou centrais de reciclagem muitas construtoras entregam os materiais para as empresas de entulho que facilitam o recolhimento e descarte dos resíduos da construção. Dessa forma, as construtoras podem não ter controle do que está sendo realizado com os resíduos e se a destinação está sendo feita de forma correta.

A partir desses dois exemplos pode-se perceber a importância do incentivo e facilitação da logística reversa, pois é importante que os materiais possam ser aproveitados até seu último nível de reutilização. Concomitante a isso, os locais de aproveitamento precisam ser próximos aos locais de produção de forma que o custo do transporte não seja um empecilho para sua reinserção na cadeia produtiva. Com isso, ao longo desse capítulo será mostrado como preparar os resíduos no canteiro de obras, o local para o qual enviar e as alternativas de logística reversa encontradas em bibliografias brasileiras.

4.1 RESULTADOS TEÓRICOS

Os resultados teóricos são maneiras de realizar as atividades de forma que a logística reversa possa obter maior grau de aproveitamento. Além disso, inclui as soluções encontradas na bibliografia.

³Brimacombe L, Shonfield P. Sustainability and steel recycling. International Iron and Steel Institute; 2001

4.1.1 Condição e preparação dos resíduos após a utilização no canteiro de obras

O ponto de largada para a gestão de resíduos é o canteiro de obras. A gestão correta dos resíduos no momento em que são gerados impacta diretamente na qualidade dos resíduos que chegarão até os ecopontos, locais em que pode ser depositada determinada quantidade de entulho e resíduos sólidos, e posteriormente aos centros de tratamento. Segundo Blumenschein (2007), que elaborou um manual para gestão de resíduos no canteiro de obras, este deve ser planejado visando atender às necessidades de se estabelecer um sistema de gestão de resíduos, incluindo:

- Áreas para armazenamento dos diferentes resíduos;
- Áreas para disposição dos resíduos no canteiro até coleta e transporte
- Contêineres para armazenamento e acondicionamento dos resíduos, adequadamente instalados e sinalizados.

Além desses elementos, segundo a Cartilha de Gerenciamento de Resíduos e Gestão Ambiental no Canteiro de Obras do Sinduscon de Minas Gerais (2014), é importante a instalação de depósitos temporários para os resíduos, um fluxo otimizado de transporte no canteiro e características relevantes das áreas de armazenamento. Também são detalhados como devem ser esses locais de forma que sejam aproveitados de maneira correta. As áreas de depósito temporário são espaços onde são colocados recipientes, como indicado pela Figura 6, destinados a receberem o resíduo temporariamente, no final de serviços, ou no final do dia. O propósito é que não seja necessário realizar grandes deslocamentos para armazenamento do material.

Periodicamente os resíduos são encaminhados para armazenamento em local adequado na obra, até que o volume atinja o comportado pelas empresas coletoras, as quais segundo a cartilha do Sinduscon de Minas Gerais (2014) precisam ser licenciadas, e farão o transporte até os ecopontos. Indica-se colocar em cada pavimento caso se faça necessário, *boxes* para resíduos de pequeno volume, como resíduos de instalações elétricas e hidráulicas, gesso acartonado, papelão, entre outros. A normalização do padrão de cores para os resíduos é dada pela Resolução N° 275 do CONAMA de 19 de junho de 2001.

Figura 6 - Exemplo de Depósito Temporário de resíduos



Fonte: Soares (2016)

Os resíduos primeiramente acondicionados nos recipientes temporários são levados até os contêineres de armazenamento para posterior coleta. Para Blumenschein (2007) é necessário que o canteiro disponha de carrinhos e vias preparadas e adequadas para a circulação do material dentro do canteiro. Além disso, essa autora também destaca que os locais de armazenamento devem estar em lugares estratégicos de forma que seja fácil a coleta principalmente dos resíduos de maior volume. Isso sem prejudicar a logística de trabalho do canteiro e destaca-se também que os resíduos devem estar abrigados das intempéries, principalmente da chuva. A Figura 7 exemplifica o modelo de área de armazenamento e a Figura 8 mostra um contra exemplo, uma caçamba de resíduos de classe B desprotegidos, podendo impossibilitar o reuso desse material devido à ação de intempéries.

Figura 7 - Exemplo de áreas de armazenamento no canteiro de obras



Fonte: MGD & SALVATERRA (2007)

Figura 8 - Caçamba de resíduos de classe B – Papel



Fonte: Construtora Moreira Ortence (2003)

4.1.1.1 Classe A

Atualmente a construção civil no Brasil ainda realiza muitos serviços *in loco*, e como consequência maior geração de desperdício. Por exemplo, na maioria das obras a implantação das instalações consiste na confecção da alvenaria e posterior quebra para incluir os tubos, conexões e fios. Além de causar um retrabalho, essa atividade gera grande volume de entulhos como resíduos de bloco e concreto, classificados como resíduos classe “A”.

Devido a isso, é alta a quantidade de material gerada e por serem de grande volume devem ser levados para o armazenamento sempre que possível ou ao final do período de trabalho em que foi gerado já preparado para coleta.

É importante ainda ressaltar que a qualidade do agregado reciclado depende da qualidade dos resíduos a serem processados (HENDRIKS, 2000). Por conta disso, é preciso cuidar para que os resíduos não sejam misturados a resíduos orgânicos, gesso e outras substâncias que possam influenciar suas propriedades, afetando seu desempenho como agregado.

4.1.1.2 Classe B

Os resíduos de Classe B, como gesso, plásticos, papéis, madeira e vidro são gerados em menor volume na maioria das obras, a exceção do gesso que, segundo Kochem (2016, p. 25) por ser um dos principais componentes do *Drywall*, sistema que teve seu uso crescente nos últimos anos, tem realizado grande geração de resíduos. Em contra partida a Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall* apresentou propostas de reutilização do material o que rendeu ao material em 2011 a mudança do material de Classe C para Classe B.

Os resíduos são provenientes das embalagens de produtos, das madeiras e compensados utilizados para montagem das formas e também devido à quebra das placas e ornamentos de gesso, por serem muito frágeis e por ser necessários ajustes no momento da aplicação.

Todos esses materiais, com exceção da madeira que pode ser reutilizada na própria obra quando não contaminada com elementos químicos, devem ser depositados nos recipientes nos andares e levados até a área de armazenamento para coleta.

4.1.1.3 Classes C e D

Os materiais de classe C são identificados na resolução Nº 307 do Conama como *“resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação”* e segundo a resolução 348 de 2004 os materiais de classe D são *“resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde”*. Segundo Blumenschein (2007, p.32), esses são separados no canteiro de acordo com a classe semelhante aos outros materiais e devem ser destinados conforme norma técnica específica.

4.1.1.4 Treinamento dos trabalhadores no canteiro de obra

As ações de realização das práticas de correta gestão de resíduos no canteiro para posterior aplicação de logística reversa vão ao encontro do entendimento dos colaboradores quanto aos motivos que levaram à execução de determinadas práticas na obra. Nesse sentido, Silva et al (2015) afirma que *com a sensibilização, mobilização e educação ambiental dos trabalhadores no canteiro de obras, há maior prevenção de falhas no planejamento das etapas de segregação, acondicionamento e transporte dos resíduos*. Por isso é importância mostrar a importância que esses têm no meio em que atuam e a sua influência na qualidade do resíduo.

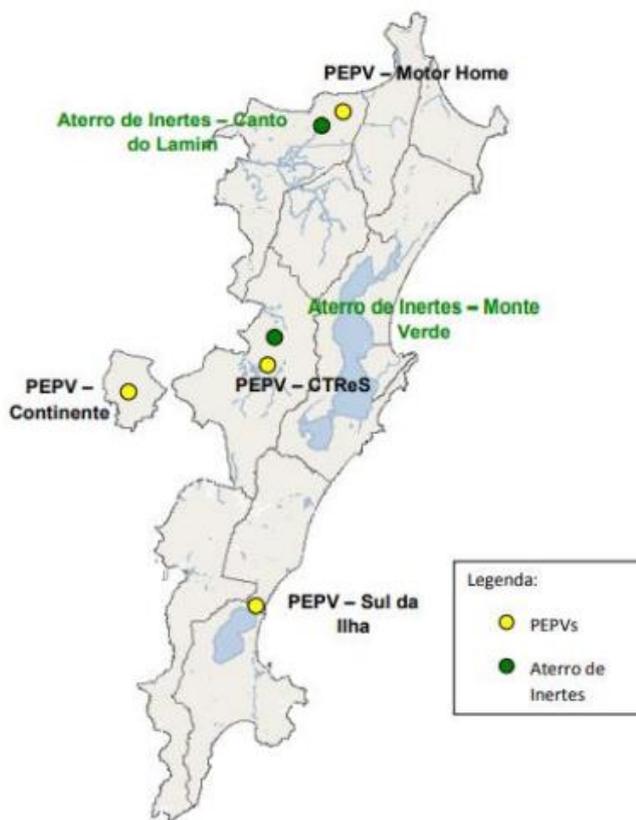
A conscientização pode ser feita por meio de palestras, cursos ou treinamento em forma de dinâmicas que facilitem o entendimento dos colaboradores dos objetivos da atividade. É importante que as orientações sejam passadas durante todo o processo de construção de forma que os colaboradores tenham sempre consciência da importância de sua atuação.

4.1.2 Destinação correta dos resíduos para reutilização

Segundo a Lei Federal N. 12.305 (BRASIL, 2010), os geradores de entulho são responsáveis pela reintegração do material ao processo produtivo, podendo descartar em locais apropriados para uma guarda temporária. O único resíduo inerte que pode ser encaminhado para aterros é o proveniente de escavações.

Mesmo apresentado atualmente a recomendação e recomendação do Ministério do Meio Ambiente para implantação dos Pontos de Entrega para Pequenos Volumes nos municípios (Brasil, 2012), a maioria dos municípios não dispõe destes locais para depósito dos resíduos, e em Florianópolis são encontrados apenas quatro como mostra a Figura 9:

Figura 9 - Localização dos PEPV's e Aterros de Florianópolis



Fonte: Alves (2018)

A cidade de São Paulo, por exemplo, ampliou a oferta de PEPVs depois de fazer um levantamento que contabilizou no ano de 2013 cerca de 4500 locais de deposição irregular de resíduos da construção civil (RCCs) e os gastos com a limpeza destes locais representavam um gasto expressivo para a prefeitura (SÃO PAULO, 2014, p. 141).

Uma das propostas deste estudo é a elaboração do caminho recomendado e destinação alternativa para os RCC. Dessa forma, nesse capítulo apresenta-se uma sugestão de local para depósito dos materiais e como o material deve ser preparado nesse local para posterior encaminhamento para as alternativas de logística reversa propostas no item 4.3.

Os PEPVs, como são chamados, são Ecopontos, locais em que pode ser depositada determinada quantidade de entulho e resíduos sólidos, evitando a degradação de áreas e se constituindo alternativa para os despejos de resíduos feitos atualmente de forma imprópria e ilegal (BRITO et al., 2003).

Com a implantação de uma rede de logística reversa para processamento de resíduos da construção com a criação de infraestrutura adequada para segregação dos

materiais na origem será possível oferecer aos geradores a oportunidade de dar destinação devida os seus resíduos de forma mais fácil e rápida. Os recursos hoje despendidos dos órgãos públicos para gerir os aterros legalizados da região da Grande Florianópolis poderão ser realocados para administração desses locais com a vantagem de, além de dar destinação correta para os resíduos, obter retorno financeiro da venda desses, que podem ajudar a manter o local em funcionamento, pois de acordo com Baptista e Romanel (2013):

O custo para uma administração municipal é de aproximadamente US\$ 10,00 por metro cúbico de resíduo clandestinamente depositado, incluindo os gastos com a posterior recuperação do local e o controle e tratamento de doenças. Por outro lado, estima-se que o custo da reciclagem implicaria apenas 25% desse total, com a produção de agregados com base em entulhos de construção civil podendo gerar economia de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais (BAPTISTA E ROMANEL, 2013, p. 34).

A ideia central da utilização de Ecopontos segundo esses autores é a mudança do sistema atualmente linear, no qual os materiais seguem apenas a logística tradicional com os resíduos gerando desperdício e impactos no meio ambiente para o sistema de logística circular na qual os resíduos podem retornar à cadeia produtiva gerando benefícios não só ambientais, mas também sociais e econômicos.

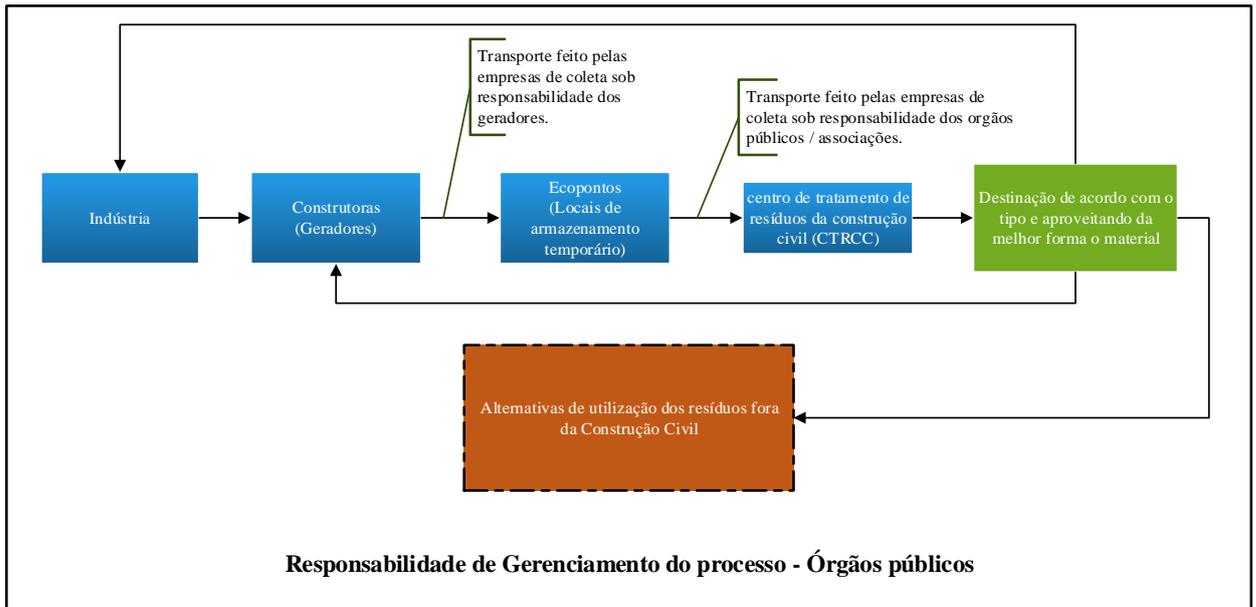
De acordo com Blumenschein (2007) para que uma logística circular obtenha sucesso, por sucesso entende-se recolocar o resíduo na cadeia produtiva, faz-se necessário que seja feita a segregação na origem (canteiro de obras) de acordo com as classes dos materiais, realizado armazenamento seletivo e facilidade no transporte dos resíduos até os Ecopontos. Materiais que poderiam ser facilmente separados poderiam ser transportados em conjunto, como madeira e cano de PVC.

A contribuição dos Ecopontos para o sistema circular de logística é de receber e armazenar os resíduos até que atinjam quantidades economicamente viáveis de serem transportados até um centro de tratamento de resíduos da construção civil (CTRCC) ou, alternativamente, para empresas de reciclagem de materiais. Os CTRCCs têm a função de realizar a limpeza e deixar os materiais em condições de serem reciclados, reutilizados ou em último caso, enviados para os aterros credenciados e legalizados. A implantação destes locais ficaria sob responsabilidade da prefeitura e a manutenção a cargo do órgão público competente, sendo a prefeitura ou entidade por ela selecionada.

Entrando nos méritos de responsabilidades e funções é necessário elencar quem são os agentes que farão a cadeia funcionar conforme planejado. Além disso, é importante que

cada um conheça suas funções e a importância delas para que a logística seja de fato implantada. Segundo Baptista e Romanel (2013, p. 6) os grandes protagonistas são o poder público, representado na maioria das vezes pela prefeitura, os geradores de resíduos, tratados neste estudo com as construtoras, as empresas de coleta e as associações de catadores e usinas de reciclagem. A Figura 10 mostra a logística circular que envolve esses personagens.

Figura 10 - Logística circular



Fonte: Autora

Os autores definiram as responsabilidades de cada uma das entidades. Ao poder público cabe a conscientização da sociedade frente ao uso de produtos reciclados provenientes da reaplicação desses resíduos. Outrossim, ficam sob a incumbência da prefeitura as condições de infraestrutura urbana e regulamentação legal para realização das atividades.

A regulamentação levanta um viés com grande poder de mudança do comportamento das pessoas: a preparação dos profissionais que estarão à frente das decisões dos geradores. Segundo os autores é compromisso das universidades, sob incentivo e cobrança dos órgãos públicos de educação, a inclusão nos currículos de cursos da área como Engenharia e arquitetura disciplinas que chamem à responsabilidade pelo processo como um todo, além do estudo de ciclo de vida dos materiais. Ainda assim, aos geradores cabe a consciência de que o restante da cadeia depende da função a qual ele é o principal responsável e realizar a separação dos materiais de forma a facilitar a sua reinserção no processo produtivo.

Em continuação às atribuições, é responsabilidade das empresas de coleta receber os materiais e leva-los até os ecopontos. Segundo os mesmos autores é necessário que esses respeitem as separações realizadas antes do processo de transporte para que o aproveitamento dos resíduos não seja prejudicado. Além disso, é função também das empresas de coleta, o transporte dos resíduos entre os ecopontos e os CTRCCs, aumentando ainda mais a responsabilidade de preservar os matérias em condições de aplicação.

Em sequência, completando os responsáveis pela gestão dos resíduos, tem -se as associações de catadores e usinas de reciclagem, segundo Baptista e Romanel (2013) a elas cabe a responsabilidade de realizar o primeiro encaminhamento aos resíduos, seja redirecionamento para a indústria, aplicação em soluções alternativas ou separando para reutilização pela construção civil. Também atribui-lhes o gerenciamento dos ecopontos e centro de tratamento, gerando dessa forma, além de renda, emprego formal para a população que nos moldes de hoje se dedica à atividade de forma irregular.

Na é apresentado o modelo de Ecoponto para entrega de resíduos adotado pela Comcap (Companhia de Melhoramentos da Capital) em Florianópolis , porém esses locais apenas podem ser utilizados por pequenos geradores – até um metro cúbico por dia, não beneficiando as construtoras.

Figura 11 – Exemplo de Eco ponto para entrega de resíduos em Florianópolis



Fonte: Floripinhas (2017)

4.1.2.1 Classe A

Algumas das aplicações dos resíduos de classe A necessitam da segregação entre os resíduos de concreto e os resíduos de cerâmica, o ideal seria a segregação ser realizada ainda no canteiro de obras, mas por conta logística de transporte e também pela geração ser quase em conjunto, essa operação pode ser dificultada. Segundo Baptista (2011, p.74) para não prejudicar as aplicações, a primeira etapa do material ao ser recepcionado é a verificação quanto à composição e grau de contaminação.

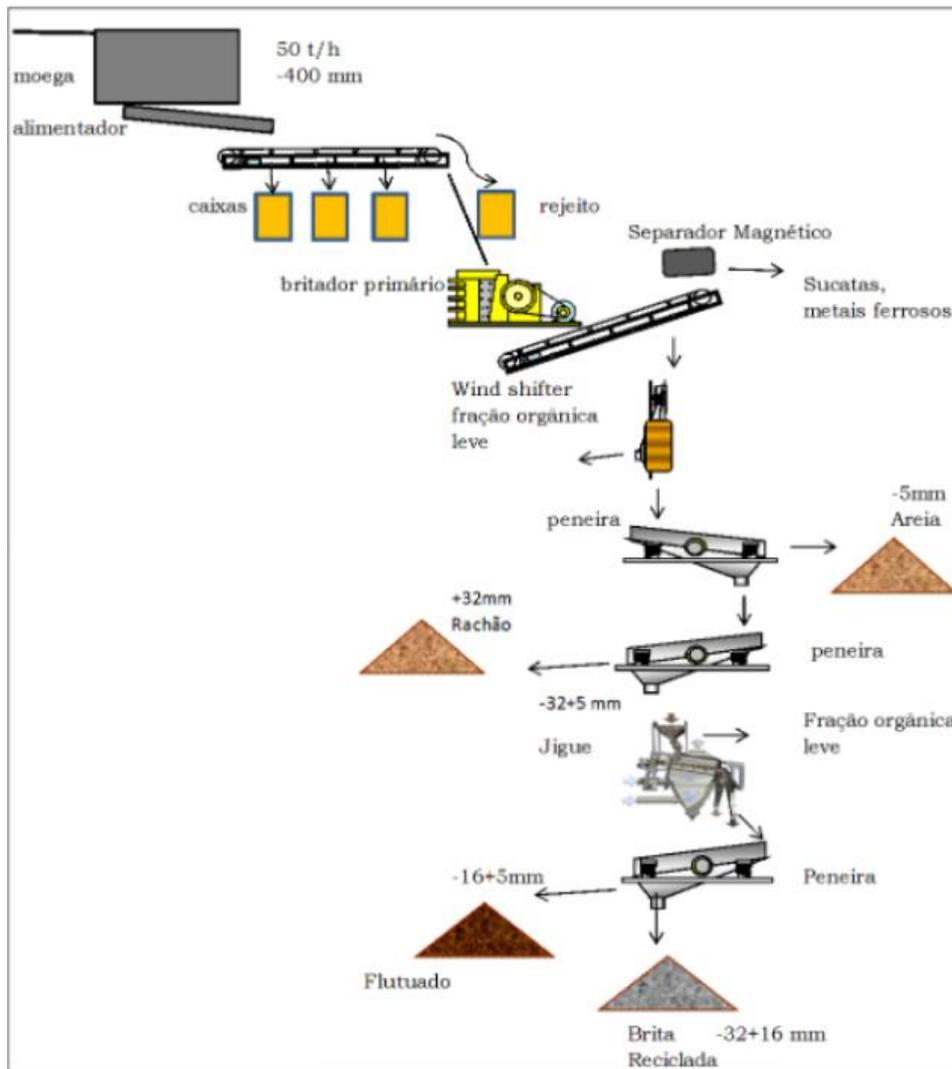
Posteriormente, segundo o autor, conforme resultado da primeira etapa é realizada a seleção dos resíduos. Com a separação concluída, inicia-se a operação de britagem dos resíduos, para a geração de material em condição de ser utilizado pela construção como agregado. A britagem é realizada em vários tamanhos a depender do tamanho das pedras que chegam até o centro de tratamento de resíduos da construção civil.

Uma importante etapa a ser realizada após a britagem é a eliminação de partículas metálicas ferruginosas, pois segundo De Milito (2009) as partículas ferruginosas, provenientes dos óxidos de ferro hidratados, podem provocar expansão e prejudicar a alvenaria, essa eliminação é realizada pela ação de um eletroímã sobre o material reciclado conduzido pelo transportador de correia.

As atividades dos centros de tratamento se encerram nessa etapa, sendo necessária apenas a estocagem do material e posterior expedição a ser feita por veículo adequado até o local de utilização desses materiais.

A Figura 12 exemplifica como é o funcionamento de um britador de uma indústria recicladora e seus produtos finais.

Figura 12 - Esquema típico da indústria recicladora e seus produtos finais



Fonte: LIMA, 2013

4.1.2.2 Classe B

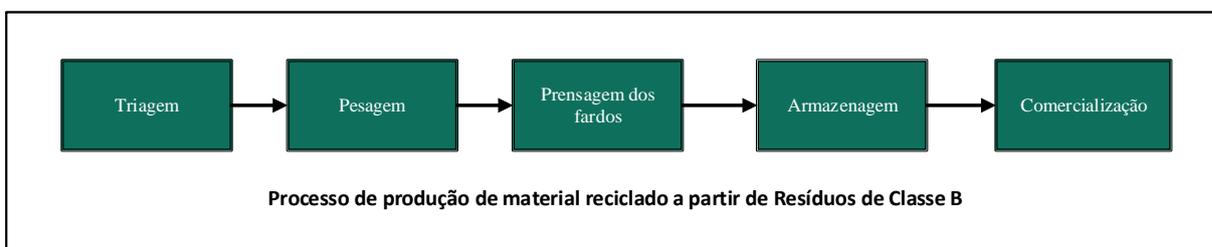
A classe B é a classe que engloba os resíduos (polímeros, papéis, madeira, gesso, entre outros) que podem ser reciclados e utilizados para outras funções. Por ser uma definição abrangente, faz-se necessário um procedimento particular para cada tipo de resíduo de forma que a reutilização seja otimizada.

Partindo do pressuposto que os resíduos de classe B já tenham sido separados dos resíduos de classe A, a primeira etapa dos resíduos de classe B se assemelha a dos resíduos de classe A, por haver a necessidade de separação dos materiais que geralmente são considerados todos como classe B e enviados em conjunto. Essa separação, Campos (2013, p.73) é feita pelos funcionários do centro de tratamento por meio de uma esteira alimentada com os rejeitos e manualmente enviado para compartimentos identificados com o tipo de material. Após a separação, os resíduos de plástico e papel são enviados para pesagem, separação e armazenagem para posterior comercialização.

Para exemplificar o processo de reciclagem foram utilizados como base o processo observado por Campos (2013) em visita à campo realizada na Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte (ASMARE).

Segundo Campos (2013, p.74) o processo se inicia com a triagem que consiste na separação dos materiais de acordo com seu tipo e classe. O próximo processo é a pesagem que será utilizada como referência para o valor de venda desse material posteriormente e em seguida a prensagem dos fardos para facilitar o transporte. Como em geral a coleta desse material não é feita todos os dias, o material será armazenado para posterior comercialização conforme ilustrado pela Figura 13.

Figura 13 - Processo de Produção de material reciclado a partir de resíduos de Classe B



Fonte: A autora a partir de CAMPOS (2013)

Um ponto importante sobre os polímeros é que não podem ser tratados como iguais, pois cada polímero apresenta uma composição química e a consideração de retorno

para a indústria exige que sejam tratados em separado. A principal diferença entre eles é a capacidade de fusão:

Os termoplásticos apresentam a possibilidade de serem moldados mais de uma vez, por meio da elevação da temperatura e da aplicação de pressão, o que permite que sejam reciclados. Já os termofixos, devido a transformações químicas durante o processo, podem ser moldados apenas uma vez, impedindo-os de serem reaproveitados no ciclo produtivo. (LOMASSO et al., 2015).

Como não é viável fazer a separação no canteiro de obras e nem no transporte dos resíduos, essa etapa fica como função dos centros de tratamento.

4.1.2.3 Classes C e D

Conforme já dito no item 4.1.5 os materiais de classes C e D não tem aplicação direta após o descarte proveniente do canteiro de obras. Esses materiais seguem normas técnicas específicas de descarte que não serão aprofundados nessa pesquisa.

4.1.3 Aplicação dos resíduos

Ao longo deste estudo foram apresentadas maneiras de abordagem dos resíduos da construção civil desde o canteiro até os centros de tratamento e usinas de reciclagem. Essa sessão visa apresentar alternativas de reutilização estudadas e aprovadas por pesquisas acadêmicas como forma de mostrar que a logística reversa pode ser aplicada, mesmo que o material não necessariamente volte para sua origem, Segundo Rodrigues (2012, p.60) o seu reaproveitamento pode ser dentro ou fora da cadeia produtiva que o originou. Esse material pode realizar função diferente da comumente utilizada, mas mesmo assim, se enquadrar no conceito de logística reversa por estar retornando à cadeia produtiva.

4.1.3.1 Classe A

Segundo a Resolução N° 307 do Conama (2002) em seu Art. 3° os resíduos de classe A são aqueles reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa, concreto (inclusive de peças

pré-moldadas) e solos provenientes de terraplanagem. Dessa forma, nessa sessão serão apresentadas as soluções encontradas para os resíduos dessa classificação.

4.1.3.1.1 Derivados de concreto

Existem várias maneiras de reciclar derivados de concreto. Baptista e Romanel (2013, p. 8) destacam que, a reciclagem de resíduos de concreto, especificamente do material bruto, acaba sendo a melhor alternativa em termos de custos, apesar de contar com um agravante que muitas vezes é determinante: o transporte. Por essa razão, os principais produtos reciclados a partir desses resíduos são o pó de concreto, pedrisco, britas 1, 2, 3 e 4, e bica corrida (conjunto de pedra britada, pedrisco e pó-de-pedra, sem graduação definida) usados por exemplo em camadas de drenagem, passeios e base para trabalhos de terraplanagem. Tal processo de separação em diferentes tamanhos é conhecido como segregação. Pode ser percebido, portanto, que o maior entrave para a reciclagem dos resíduos de concreto está no grau de pureza proporcionado pelo processo de segregação.

A qualidade do material que gerou o resíduo é de extrema importância. Geralmente a constituição dos resíduos de concreto é proveniente de diversos materiais como concretos, argamassas cerâmicas, entre outros. Sob essa ótica, Junior e Romanel (2013, p. 9) destacam que a realização de ensaios de caracterização do agregado é imprescindível para a utilização destes materiais para as diversas finalidades, mesmo não sendo estruturais, de forma que não prejudiquem o desempenho do insumo que irão compor. Portanto, diferentes insumos serão gerados, produtos do processo de reciclagem, e estes devem ser adequadamente caracterizados para garantir as suas aplicações posteriores.

Os produtos gerados a partir da reutilização dos resíduos de concreto são mostrados na Figura 14. Eles foram classificados de acordo com as características necessárias e os principais usos elencados pela Associação Brasileira para Reciclagem de RCD (ABRECON) e pode-se observar na

Figura 15 na prática a aplicação de pedra rachão para pavimentação de estradas menos movimentadas. Essa aplicação se torna interessante, pois muitas dessas estradas não receberiam nenhum tipo de pavimentação e com a reutilização encontra-se destino para o resíduo e melhoria nos acessos.

Figura 14 - Produtos reciclados de materiais de Classe A e suas aplicações

Imagem	Produto	Características	Uso recomendado
	Areia reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
	Pedrisco reciclado	Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
	Brita reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
	Bica corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente).	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
	Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Fonte: ABRECON, 2016

Figura 15 - Pavimentação utilizando agregado reciclado



Fonte: Baptista (2011)

4.1.3.1.2 Cerâmica

Os resíduos de cerâmica também podem desenvolver atividade pozolânica, ação com a função de retardar a pega do cimento. Os materiais pozolânicos, conforme a NBR 12653:1992 são:

Materiais silicosos ou sílico-aluminosos que, por si sós possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finamente divididos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes. (NBR 12653:1992).

A nova finalidade dada aos resíduos de cerâmica foi desenvolvida na Universidade Federal da Paraíba a partir de amostras de uma mistura composta por 50% de tijolos furados e 50% de telhas da demolição de uma casa em Campo Grande – MS (AMORIM et al., 2000, p. 3). Esses mesmos autores realizaram ensaios mecânicos de desempenho dessa composição visando obter a reciclagem de rejeitos de Cerâmica Vermelha para obtenção de aglomerantes alternativos. Esses aglomerantes são, dessa forma, a combinação de hidróxido de cálcio e resíduos pulverulentos de cerâmica e tem a função de aglutinar as moléculas conferindo maior resistência com menor custo ao material resultante.

A economia nos custos varia de acordo com a proporção utilizada dos dois materiais. Em decorrência disso, tais autores realizaram testes com as amostras em forma de pó para verificar qual a combinação ideal de forma a otimizar o potencial pozolânico dos resíduos chegando ao percentual ideal em massa de 30% de cal e 70% de pozolana para desempenhos aceitáveis. O desempenho ainda pode ser melhorado, conforme, maior a eficiência na moagem, pois dessa forma os grãos serão menores aumentando a área de contato e o desempenho do aglomerante. Dessa forma, a alternativa, além de dar uma destinação mais adequada que os aterros, apresenta valor econômico, pois como a composição é de mais da metade proveniente de resíduos, isso mostra que seria possível proporcionar menor custo ao processo de produção de argamassas de cais pozolânicas.

4.1.3.2 Classe B

Para a resolução Nº 307 do Conama em seu artigo 3º são os resíduos recicláveis para outras destinações além da construção Civil, tais como: metais, papel, papelão,

polímeros, madeiras e vidros. Além disso, segundo a Resolução N° 401 do Conama (2011) o gesso também foi incluído nessa classificação. Nessa sessão serão apresentadas as alternativas de reutilização desses materiais.

4.1.3.2.1 Polímeros

Entre os diversos polímeros que compõem os resíduos de construção civil, um deles é PVC (Policloreto de Vinila). Para esse material, apresenta-se uma alternativa diferente da convencional. Batista et al. (2018) realizaram uma pesquisa de aplicação do PVC na constituição de concreto reciclado, sendo adicionado como agregado miúdo diminuindo a quantidade de areia utilizada. Os corpos de prova com a substituição parcial da areia por PVC apresentaram desempenho inferior aos corpos de prova de referência, conforme mostra a Tabela 1. Porém esses autores apontaram que para utilizações não estruturais essa pode ser uma alternativa para reinserção do PVC na cadeia produtiva. Sob o ponto de vista ambiental essa aplicação contribui para a menor exploração de areia e otimização de sua utilização trazendo ganhos tanto ambientais quanto econômicos.

Tabela 1 - Resultados do ensaio à compressão no concreto com PVC

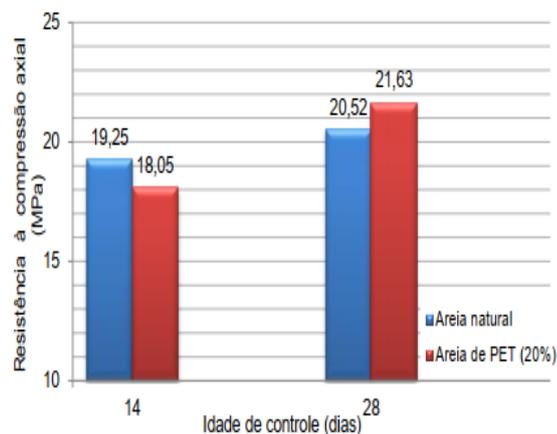
Resultado do ensaio à compressão		Proporção de água (%)	Tensão de ruptura (Mpa)	Resistência (Mpa)
CP 100% (Somente areia)	1° Traço	0,4	54,1	43,33
	2° Traço	0,5	50,6	40,39
	3° Traço	0,6	40,6	33,54
CP 90% (10% de PVC)	1° Traço	0,4	51,9	41,53
	2° Traço	0,5	48,0	38,43
	3° Traço	0,6	36,9	29,5
CP 80% (20% de PVC)	1° Traço	0,4	41,7	20,20
	2° Traço	0,5	40,4	32,48
	3° Traço	0,6	36,9	30,47

Fonte: Adaptado de Batista et al. (2018)

Ao contrário do PVC, o PET (Tereftalato de Etileno) apresentou um ganho de desempenho em relação aos corpos de prova feitos de areia natural. Isso é o que aponta a pesquisa realizada por Moura e Venquiaruto (2017), por meio de ensaios comparando o comportamento de corpos de prova de concreto feitos com areia natural e corpos de prova com substituição de 20% da areia natural por flocos de PET. O desempenho dos corpos de prova foi medido a partir das resistências à compressão axial e à tração. Os resultados são mostrados no

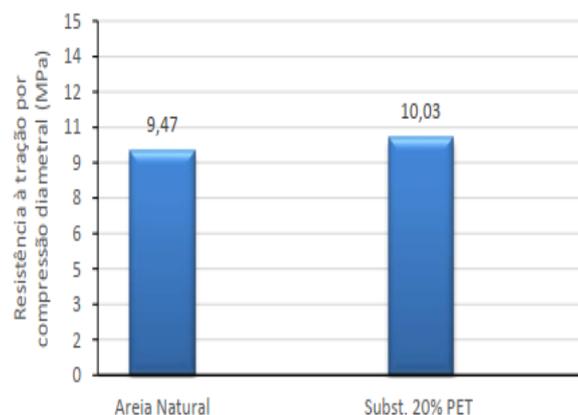
Gráfico 2 e no Gráfico 3.

Gráfico 2 - Resistência à Compressão Axial



Fonte: Moura e Venquiaruto (2017)

Gráfico 3 - Resistência à tração

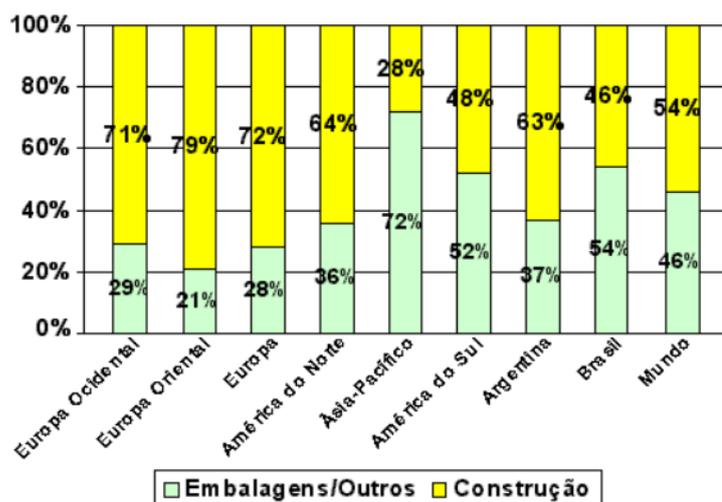


Fonte: Moura e Venquiaruto (2017)

A partir dos gráficos, segundo as autoras, é possível perceber que a mistura com substituição parcial do agregado miúdo reciclado de PET (teor de 20%) apresentou uma pequena redução na resistência à compressão axial em relação ao concreto de referência na idade de controle de 14 dias. No entanto, esse quadro mudou no ensaio realizado aos 28 dias, no qual o concreto com adição de PET superou o resultado do concreto de areia natural. Em continuidade da análise, o gráfico 2 mostra que a substituição parcial do agregado miúdo reciclado de PET promoveu um ganho de resistência à tração 6% maior em relação ao concreto de areia natural. Essa condição traz além de uma opção para destinação dos resíduos de PET, uma aplicação com ganho de resistência para material, agregando no desempenho do concreto.

Além do consumo de PET, a construção civil tem participação de destaque no consumo de EPS (Poliestireno Expandido). Segundo Tessari (2006, p. 20) a Construção Civil é responsável por grande parte do consumo do EPS. Essa afirmação pode ser comprovada pela Figura 16, a qual mostra que, já no ano 2000, uma porção considerável dos mercado mundial tinha a construção Civil como consumidor de 50% do EPS produzido, à exceção do Brasil e Ásia-Pacífico. Esse material está presente na grande maioria das obras por gerar menor custo e também deixar as estruturas mais leves aproveitando-se do momento de inércia das peças.

Figura 16 - Distribuição de EPS por segmento no mundo



Fonte: ABRAPEX (2000)

O EPS proveniente de usos na construção civil pode ser utilizado novamente como matéria prima. Os resíduos são moídos e reincorporados no processo de fabricação de blocos e peças, sendo misturados com material virgem. Segundo as aplicações e os processos, pode-se chegar a taxas de incorporação superiores a 50% (ACEPE, 2005). Dessa forma, a logística reversa pode ser aplicada de maneira completa para esse insumo, trazendo destinação correta e também economia para os fabricantes.

Aliada à economia é possível confiar no desempenho do material. Segundo Pinto (1995, p.34) 100% dos resíduos termoplásticos pré-consumo ou pós-industrial são reciclados e a qualidade dos artefatos produzidos com esse material é essencialmente a mesma daquela obtida com a utilização de resinas virgens. Dessa forma, do ponto de vista de desempenho e percentual de reaproveitamento os resíduos da construção deste tipo podem ser largamente reenviados para a indústria para incorporação na produção de novas peças.

Além do retorno à indústria, o EPS pode tomar outro rumo, como o depósito no solo. Conforme defendido por Silveira (2005), outra alternativa para reutilização do EPS descartado é a utilização no melhoramento do solo através do uso em drenagem, substrato para plantas e aeração de solos. O uso de EPS incorporado à argila faz com que a água penetre mais facilmente no solo, levando adubo para as raízes e também pode contribuir para a drenagem de águas pluviais. Com isso, pode-se perceber que se o envio à indústria for muito custoso para a empresa, as alternativas apresentadas por Silveira (2005) se mostram interessantes.

4.1.3.2.2 Vidro

Os resíduos de vidro por serem facilmente fundidos e misturados à matéria prima proporciona facilidade em sua destinação. Porém, às vezes, por conta do transporte esse envio não é facilitado. Não obstante, pesquisadores apresentaram soluções alternativas para os resíduos de vidro da construção civil, conforme detalhado a seguir.

Na purificação de águas poluídas utiliza-se areia como meio filtrante. Segundo a pesquisa de Assis e Vieira (2008) os resíduos de vidros advindos da construção, caso fragmentados em grãos, apresentam capacidade satisfatória em sistemas de purificação em larga escala, se comparado à areia, como meio filtrante para remoção de agrotóxicos diluídos em água. Conforme comentado anteriormente, como a areia é proveniente de exploração de

jazidas, alternativas que diminuam a utilização desse mineral trazem duplo benefício ambiental e economia para as empresas que realizam essa atividade.

Correlacionando com o EPS, já mencionado no item 4.3.2.1, o vidro tem aplicação no solo, desde que feito da maneira correta. Conforme afirma Piccirillo e Letterman (1997)⁴ apud Assis (2006) o uso de material fragmentado como substrato para sustentação de raízes e meio de retenção de água em sistemas de hidroponia foi avaliado com resultados similares aos obtidos para a argila, e em sistemas de purificação em larga escala, como filtração lenta de água, como uso alternativo à areia. É possível perceber que por se tratar de um material proveniente de sílica, os resíduos de vidro apresentam capacidade de substituir a areia em mais de uma utilização mostrando o quão é importante para a economia e meio ambiente a realização de pesquisas para permutar esses materiais.

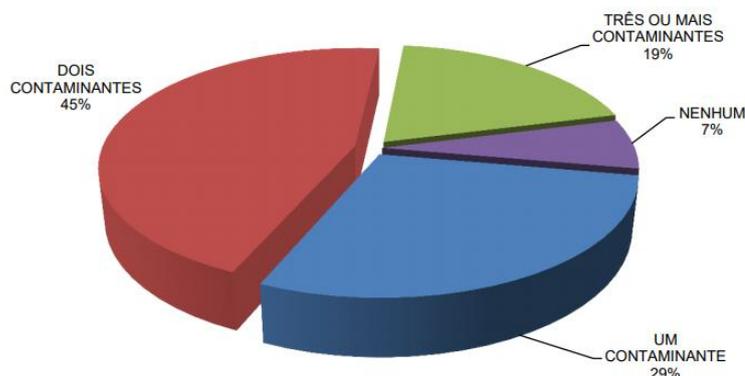
4.1.3.2.3 Madeira

Os resíduos de madeira apresentam um grande potencial de reutilização. Entretanto segundo com Wiecheteck (2009, p. 7) o “*fator limitante para a reciclagem da madeira utilizada na construção civil é o fato desta estar geralmente “contaminada” com outros materiais como concreto/argamassa, metais (pregos, arames, grampos, parafusos, dobradiças, etc.) e ainda agentes desmoldantes*”. Por conta disso, a dificuldade de identificar os contaminantes encontrados no material dificulta o processo de beneficiamento, reutilização ou reciclagem. Dessa forma a madeira é muitas vezes descartada em aterros, pois não há interesse econômico em utilizá-la.

Aos resíduos de madeira não é dada a importância devida e na maioria dos casos até o descarte inicial na obra é feito de maneira dispersa e sem cuidados. Lopes, Pereira, Hamaya (2009) realizaram uma pesquisa em seis obras da cidade de Curitiba. A pesquisa foi feita com 256 amostras que mostrou que na maioria das vezes, cerca de 93% das amostras, as madeiras estão contaminadas, e além disso, possuem mais de um contaminante conforme mostra o Gráfico 4. Dessa forma, torna muito oneroso e trabalhoso, além de muitas vezes em vão a limpeza dessas sobras de madeira do canteiro.

⁴ PICCIRILLO, J. B.; LETTERMAN, R. D. **Examination of pulverized waste recycled glass as filter media in slow sand filtration. Final report.** Syracuse Univ., Dept. of Civil and Environmental Engineering, NY (United States); New York State Energy Research and Development Authority, Albany, NY (United States); Monroe County Div. of Solid Waste, Rochester, NY (United States), 1997.

Gráfico 4 - Nível de contaminação das amostras de madeira



Fonte: lopes, pereira, hamaya (2009, p.47)

Porém, se esse potencial fosse utilizado, geraria muitos benefícios. Isso é apontado por Mello e Vieira (2015) que destaca que apesar de ser um material orgânico, a madeira é cem por cento reciclável, seja por tecnologias ou em aplicação na fabricação de variados produtos. Após triturada a madeira pode ter outras formas e diferentes resistências, voltando a ser tapumes, caixas de madeira ou mesmo ser utilizada na indústria da celulose dependendo de que segmento industrial encontra-se perto da fonte geradora do resíduo.

A biomassa se caracteriza como uma ótima solução para os resíduos de madeira não contaminados. Segundo Mello e Vieira (2015, p. 34) a madeira é uma biomassa nobre que pode servir como fonte de energia alternativa fazendo com que retorne ao ciclo produtivo. A ideia de aplicação dos resíduos de madeira da construção civil para obtenção de biomassa ainda não está desenvolvida no Brasil. Mas é importante que as vantagens dessa utilização sejam estudadas de forma que a construção consiga se enquadrar nos processos ambientalmente corretos, cobrados pela legislação ambiental, de forma socialmente justa e economicamente viável. Enfatizando isso, Teixeira (2005) elencou algumas destinações para a madeira considerando que fosse realizada a separação correta, essas são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Usos para Madeira

USO	RESÍDUO	DESCRIÇÃO
ADUBO	Serragem em geral e madeira sólida picada	Usada <i>in natura</i> ou após etapas de compostagem para proteção do solo e como adubo. Inclui a cama de galinha usada
CAMA DE GALINHA	Serragem em geral	Serragem macia para contato com animais. Após o uso, a serragem suja com estrume pode ser usada como adubo
CARVÃO E COMBUSTÍVEIS	Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos	Processos industriais para produção de carvão, álcool, metanol e gás combustível
ENERGIA ELÉTRICA	Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascos e galhos. Briquetes de serragem prensada	Usado como lenha em usinas termoeletricas para obtenção de energia elétrica. Há o problema da emissão de poluentes na atmosfera
ENERGIA TÉRMICA	Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos. Briquetes de serragem prensada	Queima para obtenção de calor. Usado em fornos de padarias, pizzarias, olarias e em caldeiras industriais. Há o problema da emissão de poluentes na atmosfera
EXTRAÇÃO DE ÓLEOS E RESINAS	Serragem em geral	Extração industrial de óleos e resinas para uso como combustível, resinas plásticas, colas e essências
MADEIRA RECONSTITUÍDA	Serragem em geral	Na fabricação de chapas de madeira reconstituída

Fonte: Teixeira (2005)

Entretanto, com o aumento das demandas ambientais e de ações fiscalizatórias, é bastante comum que as construtoras destinem quase todo o resíduo de madeira em obra para olarias para ser queimada e usada como combustível. Alguns dos desmoldantes encontrados no mercado apresentam substâncias tóxicas à inalação, o que deveria trazer maiores preocupações quanto à destinação destes. (LOPES, PEREIRA, HAMAYA, 2009).

Além disso, em muitas situações as madeiras e o MDF (Placa de fibra de média densidade, do Inglês *Medium Density Fiberboard*) são embaralhados e os resíduos de MDF são queimados junto com a madeira, liberando o elemento formaldeído, o qual é cancerígeno.

Elemento é decorrente da reação química do polímero ureia-formaldeído, um polímero termo fixo, usado na sua fabricação (MAFFESSIONI; MENEGUZZI, 2012, p.6). Com isso percebe-se que na maioria das obras os resíduos de madeira não recebem a devida atenção, sendo aglomerados e levados para incineração, destinação que além de não valorizar o potencial da madeira, gera poluição do ar.

4.1.3.2.4 Papel

Existem alternativas para reciclagem do papel e nem todas exigem que o material esteja livre de contaminantes. A Reciclagem do papel não necessariamente é o retorno do papel para a indústria de papel e celulose. O resíduo de papel proveniente das sacarias de argamassa e cimento não pode ser reutilizado pela indústria do papel por conta dos resíduos de cimento que demandariam alto volume de água para limpeza tornando a solução pouco proveitosa do ponto de vista ambiental. Dessa forma, a solução encontrada por Buson (2009) para esses resíduos de construção foi a transformação do papel em fibras de papel Kraft e posterior utilização na estabilização de blocos de terra compactada (BTC). Os sacos de cimento precisam ser limpos quando tiveram contato com a umidade para não ocorrer a deterioração do equipamento de reciclagem por conta dos pedriscos de cimento hidratado, mas os resíduos que sofrerão processo somente na reciclagem podem contribuir para a estabilização do bloco. A

Figura 17 mostra o material depois de passado no processador.

Figura 17 - Fibras de papel Kraft com destaque para a presença de pedriscos de cimento.



Fonte: Buson (2009. p. 46)

Essa estabilização, para ser considerada, precisa ser quantificada. Em decorrência disso, Buson (2009) conduziu ensaios laboratoriais de resistência de compressão axial, compactação, envelhecimento acelerado e absorção de água que visaram simular as intempéries. Com isso realizou análises comparativas entre o novo compósito e o solo-cimento tradicional. Essas análises mostraram que, além de contribuir para destinação mais nobre para esses rejeitos, o Kraftterra como por ele chamado, apresentou melhor desempenho em paredes quanto à resistência à compressão simples e diagonal e da mesma quanto à resistência ao fogo do que o solo-cimento.

Com isso, pode-se perceber que os materiais reciclados, além de possuir capacidade para exercer a mesma função daqueles com matéria-prima original, podem muitas vezes apresentar resultados superiores.

4.1.3.2.5 Gesso

Até pouco tempo atrás o gesso era considerado como um material que não poderia ser reciclado o que o classificava como material de classe C segundo a Resolução 307 do Conama. Entretanto, segundo o SINDUSCON-DF (2012, p. 9) todos os componentes do sistema *Drywall*, atualmente a maior utilização de gesso na construção, são 100% recicláveis. Com o crescimento da utilização do sistema, a ABRAGESSO (Associação Brasileira de Gesso) precisou levantar aplicações para os resíduos, mostrados na

Figura 18, de forma que os órgãos ambientais aceitassem a sua utilização. Segundo dados da Associação o uso do gesso aumentou em cerca de 12,2% desde meados dos anos 1990, década em que o sistema de gesso acartonado começou a ser adotado. A transformação de um material não reciclável em 100% reciclável foi de grande importância para o *Drywall* e principalmente para o meio ambiente.

Figura 18 - Resíduos de gesso acartonado



Fonte: SINDUSCON-DF (2012)

O gesso passou de material poluente para útil em diversas aplicações. Segundo a Abragesso três soluções de aplicação já foram propostas: indústria de cimento, aplicação agrícola e de transformação do gesso (ABRAGESSO, 2014). Já é possível perceber que as reutilizações do gesso proporcionam economia, pois os substituem as matérias primas que seriam utilizadas por meio de menor custo, além de contribuir para aplicação dos rejeitos de gesso.

A primeira alternativa de reinserção à cadeia produtiva é a volta à origem. Os resíduos de gesso triturado podem ser reincorporados à produção de gesso. Porém, segundo a Abragesso (2014) essa alternativa ainda não é muito utilizada, mesmo sendo interessante do ponto de vista técnico e econômico quando o local de geração de resíduos é próximo à fábrica de transformação de gesso. Um ponto a ser considerado como entrave, que será abordado também na aplicação da indústria de cimento, é que tais resíduos ainda não são armazenados corretamente, isso é prejudicial, pois pode contaminar e degradar este material, trazendo prejuízo para a produção.

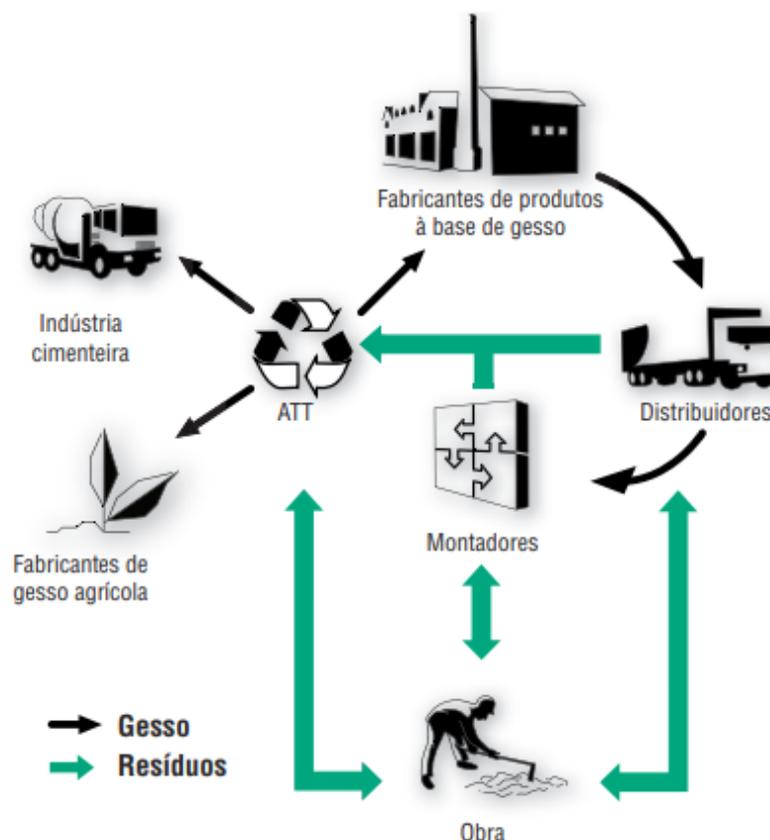
Conforme mencionado, outra alternativa para o gesso é a utilização do na indústria de cimento. Chandara et al. (2009) estudaram qual é a influência da substituição de Gipsita (natural) por resíduos de gesso. Rocha, Lins e Espírito Santo (2011) denominaram coprocessamento ao processo pelo qual um resíduo é utilizado como fonte de calor e matéria-prima. Tal coprocessamento é usado também na indústria do cimento, onde é utilizado para incorporar partículas de gipsita ao clínquer. Nesse processo o resíduo seria consumido para proporcionar características importantes de trabalhabilidade ao cimento.

O cimento produzido com adição de resíduo de gesso ao clínquer teve suas propriedades mecânicas testadas em termos de tempo de pega, resistência à flexão e resistência à compressão e foi aprovado, apresentando diferenças apenas devido ao fato de que algumas moléculas de gesso estavam hidratadas prejudicando um pouco o desempenho dos resíduos de cimento (CHANDARA et al., 2009). Isso mostra a importância do cuidado realizado desde o canteiro, mantendo os materiais em local seco e protegido das intempéries.

Em caso de o envio à indústria ser considerado complicado, a agricultura pode ser uma alternativa viável. Segundo a EMBRAPA (2015) a utilização do Gesso na agricultura tem objetivo de atuar como fertilizante, corrigindo o solo e condicionando a superfície que geralmente é feito com calcário. Os resíduos de gesso são utilizados como forma de reduzir o consumo de calcário para esse fim e também para utilizar como alternativa de reuso. O gesso tem papel fundamental, pois contribui reduzindo a acidez e diminuindo o teor de alumínio do solo, elemento que prejudica o enraizamento das plantas.

A atuação do Gesso vai além de apenas reduzir a utilização de calcário. Segundo a EMBRAPA (2015) o gesso apresenta algumas vantagens em relação ao calcário, por ser mais solúvel atua nas camadas inferiores do solo e chega a até 60 centímetros de profundidade contra apenas 20 centímetros do calcário. Como forma de testar a aplicação, um projeto liderado pelo IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração) com intuito de empregar os resíduos de gesso da construção civil na agricultura, testou a aplicação no cultivo de cana de açúcar, e tem proporcionado aumento da produtividade em até 10 toneladas de cana por hectare (IBRAM, 2009). A aplicação dos resíduos de gesso traz maior rendimento para o plantio, conseqüentemente o agricultor pode ser remunerado de maneira adequada sem precisar passar preços altos para os consumidores. A Figura 19 apresenta um fluxograma que exemplifica de aplicação de logística reversa do Gesso elaborado pelo SINDUSCON do Distrito Federal.

Figura 19 - Fluxograma de Logística Reversa dos resíduos de Gesso



Fonte: SINDUSCON – DF (2012)

4.1.3.2.6 Metais

A construção civil é o setor que mais consome produtos siderúrgicos no Brasil, dentre eles, em especial o aço estrutural. Segundo dados do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), em dados do ano de 2015, o setor consumiu cerca de 37% de todo aço produzido no país. Além disso, segundo dados também do CBCA esse material 100% reciclável podendo, esgotada a vida útil da edificação, retornar aos fornos sob forma de sucata e se tornar um novo aço, sem perda de qualidade. Dessa forma, a aplicação para os resíduos de aço da construção são o envio à indústria para fusão e transformação em novos materiais.

4.1.3.3 Classes C e D

Segundo a Resolução N° 307 do Conama os materiais de classe C são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, como lixas, massa corrida, massa de vidro. Dessa forma, nesse estudo não será possível apresentar soluções para esses resíduos. Espera-se que em breve muitos dos materiais presentes nessa classe possam receber a mesma destinação que o gesso que 2011 passou de material de classe C para classe B.

Essa mesma definição considera que os materiais de classe D são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e conforme a resolução N° 304 do Conama objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. Por conta disso, até o presente momento esses materiais não podem ser reutilizados e ficaram externos ao estudo.

4.1.4 Fluxograma resumo com as aplicações para os resíduos da construção civil

Como pode ser observado ao longo do capítulo anterior, a maioria dos materiais pode ser reenviada para a indústria, aplicada em outras atividades da construção civil ou até em atividades não pensadas anteriormente nas quais potencialmente utilizar esses resíduos e além disso, obter ótimos desempenhos. Além disso, nos capítulos 4.1 e 4.2 foi apresentada a preparação dos resíduos de construção civil no canteiro de obras e qual a destinação correta para os materiais de forma que seja possível a realização das alternativas de aplicação.

Os materiais podem ser reutilizados ou reenviados para a indústria. No o Quadro 5 mostrado é apresentada uma nova proposta de ciclo de vida para os resíduos da construção Civil. Os resíduos foram organizados por classe conforme as Resoluções N° 307 e N° 401 do Conama e dispostos em linhas, de cima para baixo: resíduos de concreto, cerâmica, polímero, vidro, madeira, papel, gesso e metais. Os agentes de cada etapa do ciclo de vida do material foram distribuídos nas colunas, da esquerda para a direita: Indústria, Distribuidores de material de construção, Construtoras, Empresas de reforma e demolidoras, Centros de triagem dos resíduos (intermediário) e Aplicação final alternativa (destinação).

Nos campos em que as classes e os agentes se cruzam indica-se o que acontece com o material naquele momento, recomendações de manuseio e decisões a serem tomadas de acordo com a situação em que se encontra o material e a proximidade que está da indústria. Para apresentar quadro mais enxuto algumas etapas menores do processo foram ocultadas, tornando mais clara cada etapa.

De acordo com o Quadro 5 a indústria é responsável pela produção e também pelo recebimento dos materiais aproveitáveis e, posteriormente, a sua separação nos centros de triagem. As construtoras ocupam o lugar de geradores de resíduos, pois adquirem o produto integral e para aplicação acabam por acarretar em pedaços de materiais que por vezes não têm mais função em obra. Os intermediários são os responsáveis pela recepção de todo material proveniente dos canteiros, separação e envio locais de aplicações alternativas. É conveniente salientar esses intermediários são apoiados pelos órgãos públicos e por empresas privadas para incitar a realização de Logística Reversa.

A exemplo da importância da realização das práticas apresentadas no fluxograma do Quadro 5 tem-se o papel de sacarias. Esse material necessita de cuidados para não ter contato com a umidade e vir a provocar a hidratação das moléculas de cimento ainda presentes na embalagem. Essa prática, como já mencionado, pode danificar o equipamento utilizado para moagem do papel.

Todos os materiais possuem intermediários que farão a triagem do material recebido. Essa triagem consiste na verificação dos materiais quanto a sua real utilização para as aplicações posteriormente mostradas de forma que não seja perdido tempo processando sem que os produtos estejam de acordo com as condições necessárias para sua reutilização.

4.2 PERCEPÇÃO DAS CONSTRUTORAS A RESPEITO DAS ALTERNATIVAS DE LOGÍSTICA REVERSA

Para tornar possíveis as alternativas para aplicação de logística reversa dos insumos da construção civil é preciso que as alternativas saiam dos laboratórios e documentos acadêmicos e cheguem até os protagonistas: as construtoras. Dessa forma, foi realizada uma pesquisa com as construtoras de Florianópolis para tomar conhecimento do destino dado atualmente aos resíduos gerados pelo setor na cidade. Conforme comentado na metodologia, a pesquisa consistiu na aplicação de um questionário, presente no APENDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO ÀS CONSTRUTORAS, enviado via e-mail para os encarregados das áreas responsáveis pela gestão de resíduos nas empresas.

4.2.1 Resultado das entrevistas

Conforme dados das entrevistas, mostrados no Quadro 3, as empresas são de pequeno porte - até 19 funcionários -, e atualmente executam entre duas e dez obras. Apenas uma das empresas que respondeu a pesquisa executa somente reformas, o restante é construtora de pequenas obras. Além disso, o questionário também tomou conhecimento a respeito da certificação das empresas e nenhuma delas possui algum tipo de certificação como, por exemplo, ISO 14001:2015. Nas entrevistas, alvenaria e revestimentos foram levantados como os serviços de maior geração de resíduos por quatro das cinco entrevistas, à exceção do Entrevistado 3 (2019), que manifestou que *“trabalham apenas com estruturas, o que gera mais resíduos são as formas de pilares, vigas e lajes”*. Com isso tal entrevistado indica as fôrmas de madeira como material de maior volume em resíduos.

Consequentemente, segundo as entrevistadas, os maiores geradores de resíduos do canteiro são os materiais de classe A. Porém, apesar de ser levantada por apenas 25% das construtoras a madeira é um resíduo importante. Pois como apresentado no item 4.3.2.3, as madeiras provenientes das fôrmas dos elementos estruturais estão contaminadas de material desmoldante e não podem ser destinadas para reutilização, dessa forma, apenas os materiais residuais de escoras e estrutura da cobertura possuem possibilidade de reutilização quando não misturadas com os resíduos contaminados. Essa realidade se difere dos resíduos de alvenaria e concreto que apesar de na melhor das hipóteses deveria ser evitado, possui melhor destinação do ponto de vista ambiental.

Por meio da pesquisa foi possível perceber que dentre as construtoras que participaram, nenhuma soube atestar sobre a destinação final dada aos seus resíduos. Conforme respondido pelo Entrevistado 2 (2019) os materiais vão “*para locais de descarte apropriados decididos pelos contratados*”, sendo esses contratados as empresas de entulho. Tal postura foi de consenso entre as entrevistadas, pois estas contratam e delegam para empresas de entulho a função de dar destinação para os resíduos, os quais são levados, segundo empresas de entulho, para aterros sanitários particulares e licenciados da cidade. Essa alternativa está dentro do Decreto Nº17.910, de 22 de agosto de 2017 que regulamenta o PMGIRS (Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos), que destaca em seu caderno 8 que a destinação para os resíduos de classe A é a constituição de aterros. Dessa forma, os geradores e transportadores estão cumprindo o decreto, mas não dando a melhor destinação para esse resíduo, pois nesses os resíduos apenas ocupam um espaço sem função específica, sendo que poderiam desempenhar função mais nobre como a aplicação de terraplanagem já apresentado nesse trabalho. Com isso, seria possível investir menos recursos naturais para utilização em terraplanagem.

Apenas duas das empresas apontaram conhecer as alternativas apresentadas no item 4.3 e dentre as que conheciam, apenas tinham uma ideia do que realmente acontecia com o resíduo. Essas construtoras disseram também não confiar nas alternativas elencadas, pois não consideram possível o sucesso das alternativas por conta de questões práticas e considerarem de difícil aplicação em larga escala. Um exemplo disso se reflete na afirmação do Entrevistado 5 (2019) “*Em laboratórios com tudo funcionando perfeitamente é mais fácil, no mundo real não funciona dessa forma*”.

Ainda assim, foi possível perceber que uma das empresas apresentou curiosidade em conhecer os processos de reciclagem, como Entrevistado 4 (2019) “*Nunca vi, mas parece bem interessante devido à resistência do material, gostaria de saber mais*”, falando a respeito da aplicação dos resíduos de papel de sacarias em BTC. Com isso, pode-se verificar o distanciamento das pesquisas realizadas dentro das universidades e a prática realizada nos canteiros de obra.

Se esse afastamento fosse vencido, as empresas privadas poderiam investir mais em tecnologias para aprimoramento dessas técnicas de forma que as pesquisas sejam aproveitadas para melhoramento da gestão de resíduos produzidos pela construção, conforme defende o Reitor da Universidade Positivo, José Pio Martins (2018) em entrevista ao jornal

Folha de Londrina: *“As instituições de conhecimento têm que se unir à indústria, caso contrário o conhecimento não chega à sociedade e não gera benefício”*.

Outro ponto bastante destacado pelas construtoras foi em relação ao custo que isso gera. Segundo o Entrevistado 1 (2019), *“As alternativas são viáveis se não causarem maior gasto do que já temos hoje com a gestão de resíduos, pois seria uma das primeiras coisas a serem cortadas”*. A partir disso, na visão prática as alternativas podem ser ditas viáveis quando contribuem para a preservação do meio ambiente e não apresentam alto desembolso para que se concretizem, pois em qualquer crise, serão as primeiras atividades a serem canceladas.

Apesar do amparo da legislação federal em relação à a gestão de resíduos, a prática em Florianópolis não mostra resultado. Como a Prefeitura não possui um controle cadastral das empresas de entulho que atuam na Grande Florianópolis, como já salientado, acaba por não ter conhecimento dos locais onde serão depositados os entulhos gerados pelas empresas que atuam na região. Além disso, por conta de não precisar apresentar legalmente os locais onde deposita os resíduos, a maior parcela delas não separa os materiais coletados e os leva para os aterros da cidade sem tratamento.

4.3 DISCUSSÃO

Em observação a dados de Oliveira (2017) de duas obras francesas e também da legislação daquele país é possível notar existem aspectos possíveis de melhoria quanto às alternativas de reciclagem aqui apresentadas. A exemplo da legislação foi possível captar segundo Oliveira (2017) que a França possui uma ampla quantidade de regulamentações, como a Diretiva 2008/98/EC que estabelece em seu artigo 26 que *“o produtor de resíduos e o detentor de resíduos deverão assegurar uma gestão adequada desses materiais garantindo um nível elevado de proteção do ambiente e da saúde humana”*, estendendo a responsabilidade para todos os participantes do processo. Essa autora também salienta que a legislação Francesa se destaca da brasileira pois, define claramente as responsabilidades e obrigações de cada agente. Esse aspecto, torna-se importante para a gestão dos RCCs, pois no ambiente da construção civil, existem diversos intervenientes presentes na obra.

Sob essa ótica, a legislação francesa pode complementar a brasileira com o adendo de atribuir responsabilidades quanto resíduos para os participantes do ciclo produtivo.

Tal contribuição evitaria situações como aquela em que as construtoras entrevistadas nesse trabalho desconhecem a destinação dada para os seus resíduos.

Enfatizando a diferença entre os países europeus e o Brasil no que tange aos tipos de resíduos gerados pela construção civil foram comparados os meios construtivos nesses países. Segundo Kappel (2015), por meio do estudo de uma obra em Florianópolis, a construção brasileira gera grande quantidade de resíduos de classe A, a exemplo tijolos e blocos cerâmicos, porém, tais resíduos não foram encontrados em elevada quantidade nas obras na França. Esse cenário pode ser explicado, pois, segundo Oliveira (2017) isso está relacionado ao tipo de tecnologia frequentemente adotada na construção civil da França. Nesse país, *utiliza-se peças pré-fabricadas em concreto para as paredes do exterior da construção e placas de gesso, também pré-fabricadas, para as paredes internas à edificação.* (OLIVEIRA, 2017). Isso se justifica, pois com o uso de pré-fabricados segundo Melo (2009) é possível permitir o fluxo contínuo da obra, melhorar a qualidade, reduzir o desperdício de tempo, mão de obra e equipamentos, além da diminuição dos resíduos.

Tal processo ainda não é amplamente utilizado nas construções brasileiras, tanto pela cultura como por maior custo desse material. Porém, segundo Serra, Pereira e Pigozzo (2005) mesmo relativamente nova no Brasil, apresentou crescimento na utilização fomentado pelas pesquisas realizadas na área.

5 CONCLUSÃO

Nesse trabalho discutiram-se as alternativas de logística reversa que podem ser atribuídas aos resíduos da construção civil no município de Florianópolis. A pesquisa atingiu seu objetivo de tomar conhecimento das alternativas (Foram identificadas 15 delas) de gestão de resíduos por logística reversa, verificar percepção das construtoras com relação aos tipos apresentados e também entender os motivos pelos quais os resíduos da construção ainda vão para aterros e não reinseridos à cadeia produtiva.

Cabe destacar que o mapeamento dessas alternativas acarretou também no detalhamento das atividades necessárias para implementá-las no lugar de destinação final. Assim, mostraram-se, etapas de gestão dos resíduos, os agentes envolvidos nessa gestão e qual o papel deles, além das alternativas identificadas de aplicação dos resíduos da construção civil. As aplicações consultadas se limitaram apenas ao Brasil devido ao sistema construtivo ser diferente dos outros países.

As respostas das entrevistas, realizadas para verificar a percepção das construtoras quanto às alternativas de logística reversa apresentadas, não contribuíram para elucidar caminhos para a adoção dessas alternativas na cidade Florianópolis. Isto porque os entrevistados desconheciam tais alternativas, ou as consideravam inviáveis para o meio local.

Segundo a percepção das construtoras que não será fácil inseri-las no mercado, pois é necessário que seja avaliada a viabilidade, por exemplo econômica, das alternativas. Ainda no viés econômico, produtos como os plásticos reciclados encontram dificuldade de retorno à indústria por conta do baixo preço da resina pura e também da contaminação que podem encontra-se esses resíduos, reduzindo sua taxa de aproveitamento em relação material virgem.

Em contra partida, algumas medidas já podem ser adotadas mediante a existência de um gerenciamento no canteiro de obras que proporcione a separação de resíduos de materiais como madeira, aço, papel e plásticos para que possam facilmente comercializadas. Os resíduos de classe A, podem ser receber maior atenção fazendo com que a reaplicação seja na própria obra ou em locais próximos facilitando o interesse de destinação correto de cada resíduo, propiciando o início de um processo de construção sustentável protagonizado pelos geradores de resíduos.

Além disso, a conscientização ambiental dos geradores sobre a importância da reutilização tem papel fundamental de mostrar que é possível introduzir um processo que trará mais benefício para o meio ambiente com os mesmos ou muito próximos dos atuais custos já pagos para cumprir o exigido pela legislação. Essa conscientização pode partir de dentro das universidades; pois estas que são responsáveis pela formação de profissionais que tomarão as decisões que possam incluir a responsabilidade ambiental pelo resíduo de construção gerado em todos os agentes envolvidos no ciclo de geração dos resíduos.

Com esse estudo foi possível elencar 15 alternativas para logística reversa em Florianópolis e também qual a percepção das construtoras. Com isso planejar os projetos de gestão de resíduos no município de forma que as construtoras sejam conscientizadas e tomem conhecimento das alternativas, podendo assim, realizar a aplicação destas.

Além de tal conscientização é necessária a alteração do marco regulamentar do País, para que todos os envolvidos no ciclo da geração dos resíduos sejam responsabilizados pela adequada destinação final dos mesmos. Outra medida será enforçar a legislação vigente, para evitar casos como o do município de Florianópolis que ainda não possui no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Entre as sugestões para trabalhos futuros destacam-se: a) estudo dos custos das alternativas e teste por um período em uma construtora em conjunto com o *payback* das alternativas b) Ampliar o escopo das alternativas incorporando aquelas provindas do exterior; c) Validar com diferentes agentes, de diferentes cidades e estados, sobre a aplicabilidade das alternativas levantadas nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004a.
- ABNT. **NBR 15112**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: áreas de transbordo e triagem de RCD. Junho, 2004b.
- ABNT. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: aterros – diretrizes para projeto, implantação e operação. Junho, 2004c.
- ABNT. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil: área de reciclagem – diretrizes para projeto, implantação e operação. Junho, 2004d.
- ABNT. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Junho, 2004e.
- ABNT. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Junho, 2004f
- ACEPE. **Associação Industrial do Poliestireno Expandido**. 2005. Disponível em: <<http://www.acepe.pt>>. Acesso em: 25 mar. 2005.
- AMORIM, L. V. et al. Reciclagem de rejeitos de cerâmica vermelha e da construção civil para obtenção de aglomerantes alternativos. **Cerâmica Industrial**, v. 5, n. 4, p. 35-46, 2000.
- ASSIS, O. G. O uso de vidro reciclado na confecção de membranas para microfiltração. **Cerâmica**, v. 52, n. 321, p. 105-113, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 12653: Materiais pozolânicos-Especificação. 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO - ABRECON. Disponível em: <http://www.abrecon.org.br/>.
- BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/logística empresarial; tradução Raul Rubenich.-. 2006.
- BALLOU, R. H. Logística Empresarial: Transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 2011.
- BALLOU, Ronald H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. Atlas, 1993.
- BAPTISTA Jr., J. V. Uma proposta para logística de reciclagem do resíduo da construção civil na cidade do Rio de Janeiro. 2011. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011
- BAPTISTA, J. V.; ROMANEL, C. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana, Directory of Open Access Journals (DOAJ) Vol**, v. 5, p. 27-37, 2013.
- BARBOSA, V. 15 países que dão lição em reciclagem de lixo. **Exame**, São Paulo, p.10-13, 9 jan. 2014. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/mundo/15-paises-que-dao-licao-em-reciclagem-de-lixo/>>. Acesso em: 26 mai 2019.
- BLENGINI, G. A. Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: a case study in Turin, Italy. **Building and Environment**, v. 44, n. 2, p. 319-330, 2009.

BLUMENSCHNEIN, R. N. Manual técnico: Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras. Brasília: SEBRAE/DF. 2007. 48 p.

BRASIL. Resolução Conama 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 - Publicada no DOU nº 117-E, de 19 de junho de 2001, Seção 1, página 80.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 431, que altera o art. 3º. da Resolução CONAMA nº. 307, de 5 de julho de 2002, estabelecendo nova classificação para o gesso. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2011.

BRITO, E. M.; et al. **Ecopontos: a anti-cultura do lixo**. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinville - Santa Catarina, 14 a 19 de Setembro 2003. Disponível em: <http://web-resol.org/textos/ECOPONTOS%20%20A%20ANTICULTURA%20DO%20LIXO.pdf>
Acesso em: 20 mai. 2019

BUSON, M. A. KRAFTTERRA: Desenvolvimento e análise preliminar do desempenho técnico de componentes de terra com a incorporação de fibras de papel kraft provenientes da reciclagem de sacos de cimento para vedação vertical. 2009.

CAMPOS, L. S. Processo de triagem dos materiais recicláveis e qualidade: alinhando a estratégia de manufatura às exigências do mercado. 2013.

CARDOSO, F. F., Importância dos estudos de preparação e da logística na organização dos sistemas de produção de edifícios: alguns aprendizados a partir da experiência francesa, in I Seminário Internacional Lean Construction – A construção sem perdas, São Paulo (1996).

CARTER, C. R.; ELLRAM, Lisa M. Reverse logistics: a review of the literature and framework for future investigation. **Journal of business logistics**, v. 19, n. 1, p. 85, 1998.

CHANDARA, C.; AZIZLI, K. A. M.; AHMAD, Z. A.; SAKAI, E. Use of waste gypsum to replace natural gypsum as set retarders in portland cement. *International Journal of Integrated Waste Management, Science and Technology*, p. 1675-1679, jan. 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. São Paulo. Apresenta informações sobre as legislações brasileiras acerca do meio ambiente. **Resolução n.º 307 de 2002**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 15 mai 2019

COUTO, M. C. L. LANGE, L. C. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, 2017.

CUNHA, N. B. (coord.). Cartilha de gerenciamento de resíduos sólidos para a construção. SindusCon-MG, 2005, 38p.

DA COSTA, W. V. G.; OLIVEIRA, E. A. Estudos e análises dos impactos da segregação de resíduos sólidos de obras em Belo Horizonte. **CONSTRUINDO**, v. 3, n. 01, 2011.

DA SILVA, L. F. F.; DA SILVA, M. A.. Resíduos sólidos na construção civil: qual o custo de sua destinação e tratamento?. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2016.

DE ASSIS, O. B. G.; VIEIRA, D. do C. Avaliação de vidro reciclado granulado como meio filtrante de herbicidas em meio aquoso. **Embrapa Instrumentação-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2009.

DE CARVALHO, G M. **Levantamento dos resíduos gerados pela construção civil na cidade do Rio de Janeiro**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DE MOURA, N. B.; VENQUIARUTO, S. D. **Influência da substituição parcial da areia de pet na durabilidade e propriedades mecânicas de concretos**. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 2, 2017.

DOS SANTOS, F. R.; POMPEU, R. B. Logística reversa de resíduos da construção civil: uma análise de viabilidade econômica. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, v. 2, n. 1, p. 16, 2016.

FERNANDES, Graziella Quint. **Resíduos de construção e demolição: uma abordagem do assunto e a situação do município de Florianópolis**. **MBA Gestão de Obras e Projetos-Florianópolis**, 2018. Universidade do Sul de Santa Catarina.

FOLHA DE LONDRINA. **Interação entre universidade e mercado é pífia**. Disponível em: <https://www.folhadelondrina.com.br/cadernos-especiais/interacao-entre-universidade-e-mercado-e-pifia-1001419.html>. Acesso em: 01 jun. 2019.

FONSECA, M. J. M.; MAINTINGUER, S. I. Aplicação da logística reversa na construção civil como mecanismo ambiental sustentável em políticas públicas/Application of reverse logistics in civil construction as a sustainable environmental mechanism in public policies. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 1, p. 140-149, 2018.

FONSÊCA, R. O.; UCHOA, F. P. A importância da logística reversa para construção civil.

GOTO, A.K.; SOUZA, M.T.S. A Contribuição da Logística Reversa na Gestão de Resíduos Sólidos: uma Análise dos Canais Reversos de Pneumáticos. In: XXXI Enanpad, Rio de Janeiro, Anais...Rio de Janeiro, 2008, CD-ROM

GUARNIERI, P.. **Logística Reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental**. Recife: Clube de Autores, 2011.

HENDRIKS, C.F. The building cycle. Ed. Aeneas. Holanda. 2000. 231 p

KOCHEM, K. et al. **Potencialidades de logística reversa do resíduo de gesso da indústria da construção civil**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LACERDA, L. Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. **Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ**, v. 6, 2002.

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. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm.

LLATAS, C. A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list. **Waste management**, v. 31, n. 6, p. 1261-1276, 2011.

LOMASSO, A. L. et al. Benefícios e desafios na implementação da reciclagem: um estudo de caso no Centro Mineiro de Referência em Resíduos (CMRR). **Revista Pensar Gestão e Administração**, v. 3, n. 2, p. 1-20, 2015.

LOPES, F. P.; PEREIRA, P. M.; HAMAYA, R. M.. **Análise da contaminação em resíduos de madeira na construção civil**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade

Tecnológica Federal do Paraná.

MAFFESSIONI, D.; MENEGUZZI, A. Diagnóstico da gestão dos resíduos de madeira e de chapas nas indústrias do Pólo Moveleiro de Bento Gonçalves. In: **Proceedings of 3rd Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente [CD-ROM]**. 2012. p. 25-27.

MARCONDES, F. C. S. (2007). **Sistemas logísticos reversos na indústria da construção civil – estudo da cadeia produtiva de chapas de gesso acartonado**. São Paulo, 2007. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 352 p.

MARCONDES, F. C. S.; CARDOSO, Francisco Ferreira. Contribuição para aplicação do conceito de logística reversa na cadeia de suprimentos da construção civil. **Simpósio Brasileiro Gestão e Economia da Construção. Porto Alegre**, 2005.

MELLO, F. S.; VIEIRA, G. G.. Aproveitamento dos resíduos sólidos de madeira da construção civil, para geração de energia alternativa. **Bioenergia em Revista: Diálogos (ISSN: 2236-9171)**, v. 5, n. 1, 2015.

MELO, T. M.. **A model of solid waste management: application in artifact and pre cast concret industry**. 2009. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

MIRANDA, L F. R; SELMO, S. M. S. Avaliação de argamassas com entulhos reciclados por procedimentos racionais de dosagem. **Anais**, 1999.

MONTEIRO, A.; BEZERRA, A. L. B.. Vantagem competitiva em logística empresarial baseada em tecnologia de informação. **VI SemeAd,-FEA/USP, São Paulo**, 2003.

NASCIMENTO, Renata Rodrigues. **Logística na construção de Edifícios: Estudo de caso em grande construtora**. 138 f. Monografia (Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2014

OLIVEIRA, R. L. **Práticas da logística reversa na gestão de resíduos da construção civil na França**. 2017. 108 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção Civil, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

PEREIRA, T. C. G. *Política Nacional de Resíduos Sólidos: nova regulamentação para um velho problema*. Direito e Justiça. v.11. n.17, 2011. Disponível em: http://srvapp2s.urisan.tche.br/seer/index.php/direito_e_justica/article/view/719. Acesso em: 11 de mai. 2019

REZENDE, H. A.; DE JESUS, R. B.; MOURA, R. C. A. A logística no contexto da Construção Civil. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT**, v. 1, n. 2, p. 135-146, 2013.

RICCIARDI, A. Logística reversa cresce, soma US\$ 20 bi e prevê crescer 10%. **Diário Comércio Indústria & Serviços**. São Paulo, p. 24-27. 15 fev 2011. Disponível em: <<https://www.dci.com.br/servicos/logistica-reversa-cresce-soma-us-20-bi-e-prevê-crescer-10-1.236391>>. Acesso em: 25 mai.2019.

ROCHA, S. D. F.; LINS, V. F. C.; SANTO, B. C. E. Aspects of waste co-processing in clinker kilns. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2011.

ROCHA, V. G.; CANCIO, E. P.; PROENÇA, R. R. GESTÃO E REUSO DE RESÍDUO CLASSE A. **Seminário Estudantil de Produção Acadêmica**, v. 13, 2014.

RODRIGUES, S. C. P.. A logística reversa na cadeia produtiva da extrusão do alumínio em minas gerais. **Projetos, dissertações e teses do Programa de Doutorado e Mestrado em Administração**, v. 7, n. 1, 2016.

São Paulo (Município). Comitê Intersecretarial para a Política Municipal de Resíduos Sólidos. *Plano de Gestão integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo*. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf>>. Acesso em: mai. 2019.

SCHAMNE, A. N.; NAGALLI, A. Reverse logistics in the construction sector: A literature review. **Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, v. 21, p. 691-702, 2016.

SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. de A.; PIGOZZO, B. N. Evolução dos pré-fabricados de Concreto. **Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-moldados (NET-PRÉ), Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos**, 2005.

SILVEIRA, C. R. B. da. **Estudo da Reciclagem do EPS (Poliestireno Expandido) numa Perspectiva de Responsabilidade Ambiental e Social**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SOBOTKA, A.; CZAJA, J. Analysis of the factors stimulating and conditioning application of reverse logistics in construction. **Procedia Engineering**, v. 122, p. 11-18, 2015.

SOIBELMAN, L. As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle. 1993.

STOCK, J. Reverse Logistics in the Supply Chain. *Transport & Logistics*, p.44, 2001.

TEIXEIRA, M. G.. Aplicação de conceitos da ecologia industrial para a produção de materiais ecológicos: o exemplo do resíduo de madeira. **Salvador: Universidade Federal da Bahia**, 2005.

TESSARI, J. et al. Utilização de Poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil. 2006.

TOWNSEND, T.; WILSON, C.; BECK, B., The Benefits of Construction and Demolition Materials Recycling in the United States. CDRA, 2014. Disponível em: <<http://www.cdrecycling.org/>>. Acesso em: 22 de mai. 2019.

WIECHETECK, M. Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos. **Projeto PNUD BRA 00/20-Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental, Curitiba**, 2009.

WILLE, M. M.; BORN, J. C. Logística reversa: conceitos, legislação e sistema de custeio aplicável. **Revista de Administração e Ciências Contábeis**, n. 8, 2012.

APENDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO ÀS CONSTRUTORAS

<p>Dados da empresa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nome da Empresa: • Nome da pessoa que está respondendo o questionário: • Tempo de experiência no setor: • Quantos funcionários tem a empresa? • <input type="checkbox"/> 19 <input type="checkbox"/> Entre 20 e 50 <input type="checkbox"/> Entre 51 e 100 <input type="checkbox"/> Entre 100 e 200 <input type="checkbox"/> Mais de 200 • Qual o tempo de atividade da empresa? • Trabalha apenas com a construção de edificações? Se a resposta anterior foi não, qual das atividades gera maior quantidade de resíduo e por quê? • Possui certificado ou selo de qualificação? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Se sim, qual?
<p>Gestão de Resíduos no Canteiro de Obra:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quais serviços na obra geram mais resíduos? Porque? • A construtora tem controle da destinação dada aos resíduos? • Se sim, para onde os resíduos são destinados?
<p>Alternativas para destinação dos resíduos da Construção Civil:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicação dos resíduos de concreto como reforço de subleitos e sub-bases para pavimentação de estradas. • A aplicação de rejeitos de Cerâmica Vermelha para obtenção de aglomerantes alternativos de cimento. • Substituição da areia natural por flocos de PET (Tereftalato de Etileno) na produção de concreto. • Reaplicação dos resíduos de EPS proveniente de usos na construção civil na indústria de produção de isopor®? • Reutilização do EPS descartado no melhoramento solo através do uso em drenagem, substrato para plantas e aeração de solos. • Reutilização de vidro triturado como meio filtrante para remoção de agrotóxicos diluídos em água em substituição à areia. • Reutilização do Vidro como substrato para sustentação de raízes e meio de retenção de água. • Uso de Vidro triturado como substituto da areia na filtração lenta de água. • Utilização dos resíduos de papel provenientes das sacarias na estabilização de blocos de terra compactada (BTC). • A utilização dos resíduos de gesso na indústria de cimento em substituição à Gipsita • Utilização de resíduos de gesso na agricultura com objetivo de atuar como fertilizante, corrigindo o solo e condicionando a superfície em substituição ao calcário. • Você considera essas alternativas viáveis? Porque? Faria em sua empresa se o custo não fosse elevado? • Sua empresa aplica alguma das soluções listadas acima? Se sim, qual (is)?
<p>Soluções aplicadas pela construtora</p> <ul style="list-style-type: none"> • A empresa aplica soluções que não foram listadas? • Qual a solução? Como essa solução é aplicada? • Por quem essa solução é aplicada?

**ANEXO I – TABELA DE COMPOSIÇÃO DA ARGAMASSA ELABORADA POR
Batista et al (2018)**

	Areia (%)	PVC Triturado (%)	Cimento (%)	Água (%)
1º Traço	2 kg (100%)	0mg (0%)	1 kg (100%)	400 ml (0,4%)
2º Traço	2 kg (100%)	0mg (0%)	1 kg (100%)	500 ml (0,5%)
3º Traço	2 kg (100%)	0mg (0%)	1 kg (100%)	600 ml (0,6%)
1º Traço	1.8kg (90%)	200mg (10%)	1 kg (100%)	400 ml (0,4%)
2º Traço	1.8kg (90%)	200mg (10%)	1 kg (100%)	500 ml (0,5%)
3º Traço	1.8kg (90%)	200mg (10%)	1 kg (100%)	600 ml (0,6%)
1º Traço	1.6kg (80%)	400mg (20%)	1kg (100%)	400 ml (0,4%)
2º Traço	1.6kg (80%)	400mg (20%)	1 kg (100%)	500 ml (0,5%)
3º Traço	1.6kg (80%)	400mg (20%)	1 kg (100%)	600 ml (0,6%)