

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

ANNELISE NAIRNE SCHAMNE

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO DOS PRECEITOS DA
LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS SÓLIDOS AO SETOR DA
CONSTRUÇÃO CIVIL EM CURITIBA, PARANÁ**

DISSERTAÇÃO

**CURITIBA
2016**

ANNELISE NAIRNE SCHAMNE

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO DOS PRECEITOS DA
LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS SÓLIDOS AO SETOR DA
CONSTRUÇÃO CIVIL EM CURITIBA, PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Área de Concentração: Meio Ambiente. Linha de pesquisa: Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. André Nagalli

CURITIBA
2016

RESUMO

SCHAMNE, Annelise N.. Avaliação do potencial de aplicação dos preceitos da logística reversa de resíduos sólidos ao setor da construção civil em Curitiba, Paraná. 2016. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Apesar da significativa representatividade do setor da construção civil na economia, o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados pelo setor ainda é um desafio na maioria dos municípios brasileiros. Os resíduos da construção civil (RCC) são gerados nas atividades relacionadas à construção, comércio e indústria de materiais da construção civil. Estes resíduos quando não recebem tratamento e destinação adequados além de causarem impactos ambientais, afetam direta ou indiretamente a saúde, segurança e o bem estar da população, interferindo nas atividades sociais e econômicas e na qualidade dos recursos ambientais. Neste contexto, a logística reversa é vista como alternativa para gestão adequada dos resíduos, quando bem planejada e executada. A logística reversa está prevista na Lei nº 12.305/2010, que trata sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS). No entanto, a implantação da logística reversa ainda é um desafio para alguns setores devido às dificuldades inerentes a este sistema e a falta de informações quanto à operacionalização e regulamentação. Tendo em vista esta dificuldade, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de aplicação dos preceitos da logística reversa ao setor da construção civil na cidade de Curitiba e propor um modelo conceitual, destacando as responsabilidades dos principais participantes da cadeia produtiva da construção civil. Na primeira etapa da pesquisa, profissionais da construção civil foram selecionados para responder, com auxílio da técnica *Delphi*, um questionário, elaborado com base na revisão da literatura, a fim de selecionar critérios relevantes para compor o sistema de logística reversa no setor da construção civil. Na primeira rodada *Delphi* os profissionais opinaram sobre a relevância dos critérios escolhidos para compor o sistema de logística reversa e na segunda rodada foi realizada a análise multicritério com auxílio do Processo de Análise Hierárquica (AHP) a fim de ponderar e hierarquizar os critérios selecionados. Os resultados foram analisados na ferramenta *BPMS AHP Excel* e exportados por meio de gráficos. Nesta etapa da pesquisa foi demonstrado que a aplicação do questionário *Delphi* em conjunto com o AHP auxilia a tomada de decisão dos agentes da cadeia produtiva da construção civil. Os resultados apontam a importância da relação colaborativa entre clientes e fornecedores na devolução materiais e as possíveis barreiras que podem dificultar a operacionalização do sistema de logística reversa no setor da construção civil como a falta de apoio do governo, conscientização da população e baixo incentivo para reutilização de RCC. Na etapa da idealização e elaboração do modelo conceitual, com o auxílio da ferramenta *Free Mind*, foi possível destacar o potencial de aplicação dos preceitos da logística reversa entre os principais agentes da cadeia produtiva da construção civil em Curitiba. O modelo proposto auxilia na compreensão do fluxo de materiais no sistema de logística reversa e as responsabilidades de cada prestador de serviço, na execução das atividades relacionadas à construção civil, incluindo o gerenciamento dos RCC, além do cumprimento da PNRS e minimização dos impactos ambientais.

Palavras-chave: Resíduos de construção e demolição. Sistema de logística reversa. Processo de análise hierárquica.

ABSTRACT

SCHAMNE, Annelise N.. Evaluation of the potential application of the precepts of solid waste reverse logistics to the civil construction sector in Curitiba, Paraná. 2016. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Despite the significant representativeness of the construction sector in the economy, the management of solid waste generated by the sector is still a challenge in most Brazilian municipalities. Construction and Demolition Waste (CDW) is generated in activities related to the construction, trade and construction materials industry. The CDW when not properly treated and destined besides causing environmental impacts can affect directly or indirectly the health, safety and welfare of the population, interfering in social and economic activities and the quality of environmental resources. In this context, reverse logistics is seen as one of the alternatives for proper waste management, when well planned and executed. Reverse logistics is provided for in Law 12.305/2010, which deals with the National Policy on Solid Waste (NPSW). However, the implementation of reverse logistics is still a challenge for some sectors due to the difficulties inherent in this system and the lack of information regarding operationalization and regulation. In view of this difficulty, this paper aims to evaluate the potential of applying the reverse logistics precepts to the civil construction sector in the city of Curitiba and to propose a conceptual model, highlighting the responsibilities of the main participants in the civil construction production chain. In the first stage of the research, professionals of construction industry were selected to answer, with the help of the Delphi technique, a questionnaire elaborated based on the literature review, in order to select relevant criteria to compose a reverse logistics system to the civil construction sector. In the first round of Delphi, the participants decided on the relevance of the criteria chosen to compose the reverse logistics system and in the second round a multicriteria analysis was carried out with the aid of Analytic Hierarchy Process (AHP) in order to weight and hierarchize the criteria selected. The results were analyzed in the BPMS AHP Excel tool and exported through graphs. In this stage of the research it was demonstrated that the application of Delphi questionnaire in conjunction with the AHP helps the decision making of the agents of the civil construction productive chain. The results point out the importance of the collaborative relationship between customers and suppliers in the return of materials and possible barriers that may hinder the operation of the reverse logistics system in the construction sector, such as a lack of government support, population awareness and a low incentive to CDW reuse. In the stage of idealization and elaboration of the conceptual model, with Free Mind tool, it was possible to highlight the potential of applying the reverse logistics precepts among the main agents of the civil construction production chain in Curitiba. The proposed model assists in understanding the flow of materials in the reverse logistics system and the responsibilities of each service provider in the execution of activities related to civil construction, including the management of CDW, besides compliance with NPSW and minimization of environmental impacts.

Keywords: Construction and demolition waste. Reverse logistics system. Analytic hierarchy process.

ANNELISE NAIRNE SCHAMNE

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO DOS PRECEITOS DA
LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS SÓLIDOS AO SETOR DA
CONSTRUÇÃO CIVIL EM CURITIBA, PARANÁ**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. Dr. André Nagalli
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. Alfredo Iarosisnki Neto
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Generoso de Angelis Neto
Departamento de Engenharia Civil, UEM – Maringá.

Curitiba
2016

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Total de RCC coletados no Brasil e Regiões (t/dia)	16
Figura 2: Hierarquia do sistema de gerenciamento de resíduos	17
Figura 3: Destinação dos RCC gerados pelo pequeno gerador	23
Figura 4: Características de geração de resíduos do grande gerador.....	24
Figura 5: Ciclo do sistema de logística reversa	28
Figura 6: Ciclo de vida das edificações	40
Figura 7: Evolução da logística reversa no setor de embalagens de óleos lubrificantes	50
Figura 8: Sistema de logística reversa para óleos, lubrificantes e suas embalagens	51
Figura 9: Evolução dos pontos de coleta de pneus inservíveis no Brasil	58
Figura 10: Evolução do volume de pneus inservíveis coletados e destinados pela Reciclanip	59
Figura 11: Sistema de logística reversa de pneus	60
Figura 12: Evolução da logística reversa no setor de embalagens de agrotóxicos.....	62
Figura 13: Planejamento de aplicação da técnica <i>Delphi</i>	86
Figura 14: Estrutura hierárquica de tomada de decisão.....	87
Figura 15: Matriz de critérios de decisão AHP	91
Figura 16: Matriz de critérios de decisão AHP - Questão 5.....	92
Figura 17: Agentes da cadeia produtiva do setor da construção civil em Curitiba	113
Figura 18: Fluxos diretos e reversos no sistema de logística reversa do setor da construção civil	114
Figura 19: Modelo de logística reversa para o setor da construção civil em Curitiba	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação dos RCC conforme Resolução CONAMA nº 307/02	18
Quadro 2: Fatores geradores de RCC nos canteiros de obras.....	19
Quadro 3: Iniciativas para auxiliar o gerenciamento dos RCC durante a obra	20
Quadro 4: Barreiras para aplicação da logística reversa na Construção Civil.....	74
Quadro 5: Escala fundamental do AHP	89
Quadro 6: Escala Saaty (1987) – Segunda rodada <i>Delphi</i>	90
Quadro 7: Exemplo de aplicação do AHP na 2ª Rodada <i>Delphi</i>	91
Quadro 8: Índice Randômico.....	92
Quadro 9: Critérios excluídos da próxima rodada de questionários.....	97
Quadro 10: Resultado da AHP da Questão 1	99
Quadro 11: Resultado da AHP da Questão 2	100
Quadro 12: Resultado da AHP da Questão 3	101
Quadro 13: Resultado da AHP da Questão 4	102
Quadro 14: Resultado da AHP da Questão 5	103
Quadro 15: Resultado da AHP da Questão 6	104
Quadro 16: Resultado da AHP da Questão 7	105
Quadro 17: Resultado da AHP da Questão 8	106
Quadro 18: Resultado da AHP da Questão 9	107
Quadro 19: Resultado da AHP da Questão 10	108
Quadro 20: Resultado da AHP da Questão 11	109
Quadro 21: Resultado da AHP da Questão 12	110
Quadro 22: Resultado da AHP da Questão 13	112

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Análise do Ciclo de Vida
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i> - Processo de Análise Hierárquica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ATT	Área de Transbordo e Triagem
CGLR	Comitê Gestor de Logística Reversa
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CSCMP	<i>Council of Supply Chain Management Professional</i>
CTF	Cadastro Técnico Federal
DVD	Digital Versatile Disc
EEE	Eletroeletrônicos
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPR	<i>Extended Product Responsibility</i>
ETRMA	<i>European Tyre Rubber Manufactures Association</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MCDA	<i>Multi Criteria Decision Analysis</i>
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduos
NBR	Norma Brasileira
NWMS	<i>National Waste Management Strategy</i>
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil
PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RCC	Resíduos de Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
REEE	Resíduos Eletroeletrônicos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SMU	Secretaria Municipal de Urbanismo
SPSS	<i>Statistical Package for Social Science</i>
UE	União Europeia
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VHS	<i>Video Home System</i>
WEEE	<i>Waste Electrical and Electronic Equipment</i>
WSTATR	<i>Waste Statistic Regulation</i>

LISTA DE ACRÔNIMOS

ABILUMI	Associação Brasileira de Importadores de Produtos de Iluminação
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABRAFATI	Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas
ABRAMAT	Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANIP	Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CREA-PR	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná
FIEP	Federação das Indústrias do Estado do Paraná
IDHEA	Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica
INPEV	Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINDIRREFINO	Sindicato Nacional da Indústria do Rerrefino de Óleos Minerais
SINDUSCON-PR	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Paraná
STEP	<i>Solving the E-Waste Problem</i>
THOR	<i>Multicriteria Decision Aiding Hybrid Algorithm</i>
WRAP	<i>Waste and Resource Action Programme</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVO GERAL	12
1.1.1 Objetivos específicos	12
1.2 JUSTIFICATIVA	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	15
2.1.1 Gestão dos resíduos da construção civil em Curitiba.....	21
2.2 LOGÍSTICA REVERSA	26
2.2.1 Logística reversa no setor da construção civil	32
2.2.2 Logística reversa no setor de eletroeletrônicos (EEE), pilhas e baterias	44
2.2.3 Logística reversa no setor de óleos lubrificantes	49
2.2.4 Logística reversa no setor de lâmpadas.....	54
2.2.5 Logística reversa no setor de pneus	56
2.2.6 Logística reversa no setor de agrotóxicos	61
2.3 BARREIRAS NA APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA	63
2.3.1 Barreiras na aplicação da logística reversa no setor da construção civil	67
2.4 PRECEITOS DA LOGÍSTICA REVERSA NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL	74
2.5 ANÁLISE DE TOMADA DE DECISÃO POR MULTICRITÉRIO	80
3 METODOLOGIA.....	83
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	83
3.2 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DELPHI	84
3.3 APLICAÇÃO DO PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP).....	87
3.4 MODELAGEM CONCEITUAL DO SISTEMA DE LOGÍSTICA REVERSA	93
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	94
4.1 QUESTIONÁRIO DELPHI 1ª RODADA.....	94
4.2 QUESTIONÁRIO DELPHI 2ª RODADA	98
4.3 MODELO DE LOGÍSTICA REVERSA PARA O SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	113
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	117
REFERÊNCIAS	119
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DELPHI 1ª RODADA.....	137
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DELPHI 2ª RODADA	145

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), estima-se que o valor adicionado pela indústria da construção civil, em 2014, foi de 470,3 bilhões de reais, representando 8,5% do Produto Interno Produto (PIB) brasileiro. Deste percentual, o segmento da construção, responsável pela autogestão, autoconstrução e construtoras que executam obras ou etapas de obras de engenharia, concentra a maior parcela da renda da cadeia produtiva da construção (65,2%), seguida pela indústria de materiais (12,2%) e do comércio de materiais (9,5%). As outras atividades que compõem a cadeia correspondem aos serviços prestados à construção civil por outros fornecedores (6,6%), prestação de serviços no próprio setor (4,8%) e máquinas e equipamentos (1,7%). Os três segmentos com maior percentual de participação na cadeia produtiva da construção civil determinam o ritmo de atividade dos demais elos da cadeia da construção e, conseqüentemente, influenciam no desenvolvimento do país além de impactar as atividades dos demais setores economia (ABRAMAT, 2007; CBIC, 2015).

Apesar da significativa representatividade do setor da construção civil na economia brasileira, o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados pelo setor ainda é um desafio nos grandes centros urbanos. Segundo Boscov (2008), aproximadamente 67% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados no Brasil é composto por Resíduos da Construção Civil (RCC). Esta situação decorre da baixa eficiência do processo de gestão dos RCC o que acaba por propiciar tratamento e disposição inadequados dos resíduos. Os RCC também são chamados de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), sendo esta denominação mais usual nas referências internacionais (BOSCOV, 2008; NAGALLI *et al.*, 2013).

Boa parte dos resíduos do setor da construção civil vem de perdas de materiais de construção nos canteiros de obras. Outras fontes geradoras são as demolições e as reformas que promovem eliminação de diversos componentes desde a fase de execução até após a vida útil da edificação. Os resíduos desta natureza além de causarem impactos ambientais, também afetam direta ou indiretamente a saúde, segurança e o bem estar da população, interferindo nas atividades sociais e econômicas, na biota e na qualidade dos recursos ambientais (NAGALLI, 2014; ADJEI, 2016).

Desde o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável e da necessidade de garantir a preservação dos recursos naturais para as futuras gerações, iniciativas no mundo

todo começaram a ser estabelecidas, com o objetivo de disciplinar o gerenciamento dos resíduos, principalmente dos RCC. A importância do tratamento e destinação correta destes tipos de resíduos é refletida na otimização da cadeia produtiva e diminuição dos impactos no ambiente (LU, YUAN, 2011).

Neste contexto, a logística reversa de resíduos sólidos é vista como uma das alternativas para o gerenciamento adequado dos resíduos, quando bem planejada e executada, e surge com o objetivo de agregar valor ao resíduo gerado ou então de dispô-lo de forma correta.

Desde que a logística reversa foi determinada obrigatória, por meio da Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), é observada dificuldade por parte do setor produtivo em implantar sistemas de logística reversa de qualidade. Concomitantemente não há regulamentação adequada do processo e fiscalização suficiente por parte dos órgãos ambientais, o que acarreta em prejuízos à competitividade das empresas (BRASIL, 2010b; SOMBRIO *et al.*, 2013; SCHAMNE, NAGALLI, 2016).

No setor da construção civil, as atividades de logística reversa configuram-se como iniciativas isoladas e não possuem grau de organização necessário para serem reproduzidas e ampliadas. Por esta razão, é recomendável que o setor da construção civil esteja preparado para o atendimento da legislação e modelagem dos sistemas de logística reversa, considerando uma abordagem sistêmica do fluxo reverso, identificando-se os obstáculos e dificuldades a serem transpostos para a consecução e aplicação às obras civis (BEIRIZ, 2010; SOBOTKA, CZAJA, 2015).

Os modelos são estruturas interpretativas capazes de identificar as relações de critérios em níveis diferentes, mostrando a interdependência individual ou em grupo (GOVINDAN *et al.*, 2009). Nos modelos de logística reversa, especificamente, os critérios e objetivos devem estar bem definidos para que o modelo auxilie na tomada de decisão na hora do descarte dos materiais. É necessário que o modelo considere as etapas do processo produtivo e as possíveis alternativas para o fluxo reverso, incluindo desmontagem, reciclagem, reutilização, remanufatura e destinação final. A integração da cadeia de fornecimento com a cadeia reversa permite um planejamento mais eficiente do modelo de logística reversa, de forma a encontrar soluções mais sustentáveis, úteis e rentáveis para os participantes da cadeia produtiva do setor da construção civil (GOMES *et al.*, 2008; TSENG, CHEN, 2016).

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo conceitual para aplicação da logística reversa para resíduos sólidos no setor da construção civil, na cidade de Curitiba.

1.1.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Obter informações sobre as práticas de logística reversa de resíduos da construção civil utilizadas nos segmentos da construção, indústria e comércio de materiais da construção civil;
- Avaliar o potencial de aplicação dos preceitos da logística reversa de resíduos da construção civil nos segmentos da construção, indústria e comércio de materiais da construção civil;
- Selecionar critérios relevantes para o sistema de logística reversa de resíduos da construção civil, com base na opinião de especialistas, por meio da aplicação do Questionário *Delphi*;
- Priorizar os critérios selecionados para compor o sistema de logística reversa de resíduos da construção civil a partir da aplicação da metodologia de análise por multicritérios, Processo de Análise Hierárquica (AHP);
- Estruturar um modelo conceitual de logística reversa para gestão dos resíduos da construção civil com base no fluxo de materiais na cadeia produtiva da construção e responsabilidades de cada prestador de serviço, na execução das atividades relacionadas à construção civil.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo a PNRS, a responsabilidade compartilhada é o conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos para minimizar o volume de resíduos gerados (BRASIL, 2010b).

No setor da construção civil, a função dos sistemas de logística reversa é estabelecer canais de reaproveitamento dos produtos e de RCC, integrando os agentes envolvidos em torno da questão da responsabilidade compartilhada por todo o ciclo de vida do produto. A implantação da logística reversa contribui para melhor gerenciamento dos RCC, colaborando com o desenvolvimento sustentável e com a minimização dos impactos ambientais. A gestão adequada contribui para redução da necessidade de grandes áreas para destinação final dos resíduos além de conciliar o desenvolvimento econômico, social e ambiental, garantindo a preservação dos recursos para gerações futuras, premissa do desenvolvimento sustentável (BEIRIZ, 2010).

Com o avanço das legislações ambientais e dos estudos sobre gerenciamento de resíduos sólidos, espera-se que o Brasil evolua na aplicação de atividades relacionadas à logística reversa, propiciando crescimento do fluxo reverso nas cadeias produtivas e, em consequência, o desenvolvimento de oportunidades empresariais e profissionais (LEITE, 2009). Segundo Beiriz (2010), o fato de já existirem cadeias produtivas com sistemas de logística reversa consolidada e em operação bem como legislação ambiental vigente, a tendência é que as demais cadeias produtivas, incluindo a construção civil, sejam afetadas pela preferência dos clientes por novos requisitos logísticos como a logística reversa.

No entanto, apesar da importância e aplicabilidade da logística reversa, observa-se dificuldade por parte dos geradores de resíduos do setor da construção civil em destinar corretamente estes resíduos ou reutilizá-los em seus próprios processos produtivos, aplicando o conceito da logística reversa. Este fato, aliado com o avanço da legislação referente aos resíduos sólidos, deve ser fator preponderante para que sejam desenvolvidas ferramentas que auxiliem as empresas a melhorarem os processos de gerenciamento dos resíduos na construção civil e que, ao mesmo tempo, cumpram com a legislação (LEITE, 2009; BEIRIZ, 2010; NUNES *et al.*, 2009).

A utilização de modelos de logística reversa, como o modelo proposto nesta pesquisa, apoia a tomada de decisão dos gestores quanto à destinação dos resíduos gerados ao longo da

cadeia produtiva da construção civil além de identificar as oportunidades de negócio disponíveis nos canais reversos. Com a implantação de sistemas de logística reversa, há promoção da competitividade entre empresas e da responsabilidade compartilhada pelo gerenciamento dos resíduos, contribuindo na redução dos impactos negativos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos (LEITE, 2009; NUNES *et al.*, 2009).

Para os pequenos e grandes geradores de RCC na cidade de Curitiba, o modelo conceitual pode auxiliar no entendimento da logística reversa e no cumprimento da PNRS. Para o setor público e privado, o modelo coopera no planejamento do sistema de logística reversa na cidade, identificando as responsabilidades dos envolvidos na cadeia produtiva do setor da construção civil e oportunidades de atuação em benefício do fluxo reverso dos materiais. Já para a área acadêmica, tanto o modelo quanto o método de análise de critérios contribui no desenvolvimento de pesquisas, produtos, metodologias e processos que otimizem o gerenciamento dos RCC e a implantação e operacionalização da logística reversa no setor da construção civil em Curitiba.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), os resíduos sólidos são definidos como:

Todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases, líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos e em corpos d'água. Os resíduos sólidos resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e serviços de varrição (BRASIL, 2010b, p.3).

A PNRS foi concebida tendo por fundamento sua operacionalidade a partir da articulação com outros instrumentos de políticas públicas como a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), regulada pela Lei nº 9.795/99; Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), regulada pela Lei nº 6.938/81 e a Lei de Crimes Ambientais, regulada anteriormente pela Lei 9.605/98. Na PNRS também estão dispostos os princípios, objetivos e instrumentos bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos, incluindo os perigosos. A PNRS apenas não se aplica aos rejeitos radioativos, que são regulados por legislação específica (BRASIL, 1981; BRASIL, 1998; BRASIL, 1999; BRASIL, 2010b; SANTOS, SANTOS, 2014).

Segundo dados do último Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, divulgado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), o total dos RSU gerados no país em 2015 foi de aproximadamente 79,9 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 1,7% em relação ao ano anterior. Já o índice de cobertura de coleta atingiu 90,8% do total de resíduos gerados no Brasil em 2015 (ABRELPE, 2015).

As alterações na composição dos RSU são decorrentes da mudança de hábitos de consumo da população, do aumento de produtos industrializados e popularização de novos tipos de produtos. As novas conquistas no campo científico e tecnológico, que por um lado favoreceram a população com praticidade e menor custo, por outro lado aumentaram gradativamente o consumo dos mesmos, gerando produtos de difícil degradação e de maior toxicidade. Apesar de o Brasil possuir potencial para ganhos econômicos e ambientais com a reciclagem, estima-se que o país perde R\$ 8 bilhões por ano quando deixa de reciclar materiais recicláveis que são encaminhados para aterros e lixões nas cidades brasileiras (IPEA, 2010; BATISTA *et al.*, 2013).

Segundo ABRELPE (2015), os municípios brasileiros geraram cerca de 45 milhões de toneladas de RCC em 2015, o que configura um aumento de 1,2% em relação a 2014. Deste total de RCC gerado em 2015, 123.721 toneladas de RCC foram coletadas por dia e correspondem às obras sobre responsabilidade dos municípios e o lançado em logradouros públicos (Figura 1).

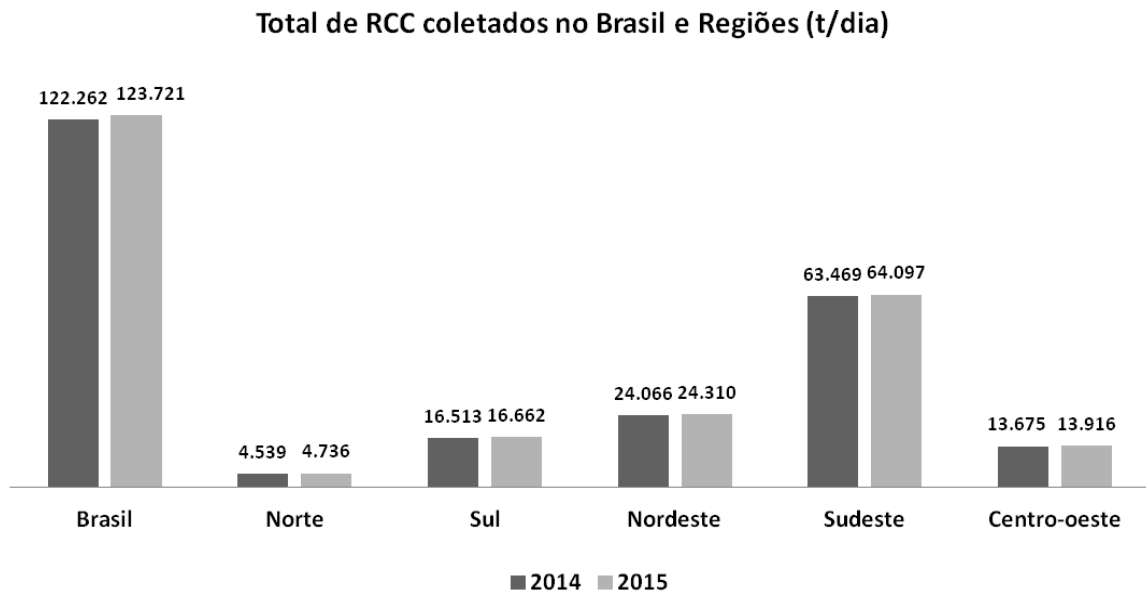


Figura 1: Total de RCC coletados no Brasil e Regiões (t/dia)
Fonte: ABRELPE (2015)

A partir da Figura 1, verifica-se que houve aumento na coleta de RCC em todas as regiões do Brasil. Especificamente na região Sul, em que 1.191 municípios foram avaliados, somando, aproximadamente, 30 milhões de habitantes, o total de RCC coletado em 2015 foi de 16.662 toneladas por dia, equivalente a 0,6 quilogramas de RCC coletado por habitante por dia (ABRELPE, 2015).

As diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil estão estabelecidas na Resolução CONAMA nº 307, de 05 de Julho de 2002, posteriormente alterada pelas Resoluções CONAMA nº 348/04; CONAMA nº 431/11; CONAMA nº 448/12 e CONAMA nº 469/15. Segundo Art 2º da Resolução CONAMA nº 307/02, os resíduos da construção civil são aqueles:

Provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CONAMA, 2002, p.95).

Na Resolução CONAMA nº 307/02 ainda é prescrito que os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos seguida pela redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, como ilustrado na Figura 2 (CONAMA, 2002; CONAMA, 2004; CONAMA 2011; CONAMA, 2012a; CONAMA, 2015).



Figura 2: Hierarquia do sistema de gerenciamento de resíduos
 Fonte: Adaptado de Nagalli (2014)

Devido à diversidade de resíduos gerados na construção civil, na Resolução CONAMA nº 307/02 também está prescrita a classificação e as recomendações para destinação adequada dos RCC, conforme apresentado no Quadro 1.

Classificação dos RCC		
Classe	Conceito	Destinação

A	Construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;	Reutilização ou reciclagem na forma de agregados; Aterro de resíduos Classe A.
	Construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;	
	Processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.	
B	Resíduos recicláveis para outras destinações:	Reutilização, reciclagem; Armazenamento em áreas temporárias para uso futuro.
	Plásticos, papel, papelão;	
	Metais, vidros, madeiras;	
	Gesso; Embalagens vazias de tintas imobiliárias.	
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação.	Armazenamento, transporte, destinação em conformidade com as normas técnicas específicas.
D	Resíduos perigosos;	Armazenamento, transporte, destinação em conformidade com as normas técnicas específicas.
	Tintas, solventes, óleos;	
	Materiais contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.	

Quadro 1: Classificação dos RCC conforme Resolução CONAMA nº 307/02

Fonte: CONAMA (2002); CONAMA (2004); CONAMA (2011); CONAMA (2012a); CONAMA (2015).

No Brasil, boa parte dos processos construtivos é essencialmente manual e a execução se dá praticamente no canteiro de obras, onde é gerada a maioria dos RCC que, além de terem potencial de degradar o ambiente, também ocasionam problemas logísticos e prejuízos financeiros (NAGALLI, 2014). Por esta razão, Pucci (2006) recomenda que, à medida que as etapas da obra sejam cumpridas, é importante dispor de um local adequado para classificação dos RCC e separação dos materiais pertencentes à própria classe, contribuindo para que o gerenciamento dos RCC no canteiro de obras seja mais dinâmico.

Grande parte dos resíduos da indústria da construção civil vem de perdas de materiais de construção nos canteiros de obras, durante a execução dos projetos, demolições ou reformas, e posteriormente durante a utilização ou após o término da vida útil da edificação (NAGALLI, 2014).

Nikmehr *et al.* (2015) identificaram que as principais causas de geração de resíduos de construção civil na capital do Irã, Teerã, que possui, aproximadamente 10 milhões de habitantes e gera por ano em torno de 23 milhões de toneladas de RCC, estão associadas à falta de conhecimento, consciência e percepções equivocadas sobre o conceito de resíduos e o valor dos materiais de construção. Os autores acreditam que o poder público pode contribuir diretamente na conscientização e fiscalização da indústria da construção civil, por meio da inclusão de programas de treinamento de sustentabilidade em cursos obrigatórios para determinadas atividades dos profissionais, e para os demais agentes da cadeia produtiva, contribuindo no gerenciamento dos RCC.

Para Ling e Nguyen (2013), apesar dos diferentes métodos construtivos utilizados ao redor do mundo, estudos relacionados à geração de RCC mostram que alguns fatores geradores não mudam de um local para outro, principalmente entre países emergentes. No Quadro 2, estão relacionados os principais fatores de geração de RCC encontrados na literatura.

Fatores geradores de RCC nos canteiros de obras	
Fator de geração de RCC	Autores
Falta de habilidade e experiência dos trabalhadores da construção civil	Ling e Nguyen (2013), Saez <i>et al.</i> (2013)
Desperdício de materiais resultante de erros de compra ou devido à falta de planejamento da utilização dos materiais durante a obra	Osman <i>et al.</i> (2016), Ajayi <i>et al.</i> (2016), Fadiya <i>et al.</i> (2014)
Transporte e armazenamento inadequados dos materiais de construção	Najafpoor <i>et al.</i> (2014), Kourmpanis <i>et al.</i> (2008), Fadiya <i>et al.</i> (2014)
Demolições frequentes resultante de retrabalhos e alterações de projeto	Sobotka e Czaja (2015), Ajayi <i>et al.</i> (2016), Fadiya <i>et al.</i> (2014), Ameh e Itodo (2013)
Prevalência de métodos tradicionais de construção e demolição	Lu <i>et al.</i> (2011), Saez <i>et al.</i> (2013), Zhang e Xiao (2015), Kourmpanis <i>et al.</i> (2008)
Embalagem inadequada de materiais e componentes de construção	Najafpoor <i>et al.</i> (2014), Saez <i>et al.</i> (2013), Fadiya <i>et al.</i> (2014)
Falta de cultura para reaproveitamento de RCC ou utilização de materiais reciclados	Ajayi <i>et al.</i> (2016), Zhang e Xiao (2015)
Baixa qualidade dos materiais e componentes utilizados	Najafpoor <i>et al.</i> (2014), Fadiya <i>et al.</i> (2014), Ameh e Itodo (2013)

Quadro 2: Fatores geradores de RCC nos canteiros de obras

Com base nos fatores de geração de RCC apresentados no Quadro 2, é possível relacionar algumas iniciativas que podem ser adotadas durante a obra com o objetivo de auxiliar no gerenciamento dos RCC (Quadro 3).

Iniciativas para auxiliar o gerenciamento dos RCC durante a obra	
Iniciativas para gerenciamento dos RCC	Autores
Dimensionar possíveis alterações de projeto	Yuan (2013), Ajayi <i>et al.</i> (2015)
Promover ações preventivas para redução da geração de RCC durante a obra	Beldek <i>et al.</i> (2016), Saez <i>et al.</i> (2013), Ajayi <i>et al.</i> (2015), Zhang e Xiao (2015)
Investir em tecnologias/metodologias para gestão dos RCC	Wahi <i>et al.</i> (2016), Lu e Yuan (2012), Dahlbo <i>et al.</i> (2015), Ajayi <i>et al.</i> (2016), Ajayi <i>et al.</i> (2015)
Criar regras para gestão dos RCC no canteiro	Sobotka e Czaja (2015), Ajayi <i>et al.</i> (2015)
Adoção de tecnologias de construção com baixa geração de RCC	Najafpoor <i>et al.</i> (2014)
Dimensionar impactos para minimização da geração de RCC	Tam e Tam (2006), Saidu e Shakantu (2016), Begum <i>et al.</i> (2006)
Incentivar a reutilização e reciclagem de materiais para manter a cultura de gestão dos RCC na organização	Tam (2008), Lu <i>et al.</i> (2011), Ajayi <i>et al.</i> (2015), Ajayi <i>et al.</i> (2016), Begum <i>et al.</i> (2006), Oyedele <i>et al.</i> (2014)
Estabelecer pontos de coleta de RCC próximos aos locais de reaproveitamento	Penteado <i>et al.</i> (2015)
Capacitar os trabalhadores para gerenciamento dos RCC	Lu <i>et al.</i> (2011), Saez <i>et al.</i> (2013)

Quadro 3: Iniciativas para auxiliar o gerenciamento dos RCC durante a obra

Ameh e Itodo (2013) identificaram que a falta de otimização na utilização dos materiais e gestão ineficiente dos RCC gerados no canteiro de obras pode elevar os gastos com a obra. Segundo os autores, a gestão dos RCC pode representar de 21 a 30% do custo total da obra. No Reino Unido, este valor pode representar, aproximadamente, 15% do custo total da obra, em Hong Kong até 11% e na Holanda, este valor pode chegar a 30% (LU *et al.*, 2011; AMEH, ITODO, 2013).

Nesta perspectiva, o incentivo à otimização da utilização dos recursos e o gerenciamento adequado dos RCC contribui para redução do custo da obra e melhora a imagem da empresa perante a preservação do meio ambiente. Segundo Begun *et al.* (2006), o valor economizado pode ser investido na promoção da política ambiental na empresa e na

conscientização e treinamento dos empregados, a fim de promover práticas mais sustentáveis no canteiro de obras e prevenir impactos negativos ao ambiente (BEGUN *et al.*, 2006).

Para Yuan (2013), os investimentos realizados durante o projeto auxiliam na promoção da gestão dos RCC entre os trabalhadores e contribui para melhores resultados no gerenciamento final da obra, seja no aspecto ambiental, social ou econômico.

Um dos desafios da construção civil é a informalidade característica das atividades, o que dificulta a previsão e o gerenciamento dos RCC, principalmente, em relação ao controle das deposições ilegais e das destinações incorretas. No âmbito social, o baixo grau de capacitação da mão de obra e do nível técnico-gerencial nas empresas construtoras é outra característica que pode contribuir para significativa geração de RCC (BEIRIZ, 2010).

Portanto, ações motivadoras que valorizem o serviço realizado pelos trabalhadores e que contribuam para a formação profissional, como a aquisição de equipamentos, desenvolvimento e implementação de planos de gestão de resíduos, treinamentos, contratação de serviços de coleta e classificação dos resíduos na própria são válidos e, conseqüentemente reduzirão a quantidade de resíduos gerados (YUAN, 2013).

2.1.1 Gestão dos resíduos da construção civil em Curitiba

Na década de 1990, Curitiba recebeu da Organização das Nações Unidas (ONU), o título de capital ecológica. Entre os programas de gestão de resíduos sólidos implantados, o “Lixo que não é lixo” foi o programa de coleta seletiva que mais se destacou na época e ainda está vigente na capital. O programa tem como base a coleta de resíduos recicláveis e a promoção de campanhas educativas para a seleção dos resíduos domésticos. Atualmente a cidade conta com serviços de coleta pública de resíduos domiciliares, coleta de recicláveis além de serviços para coleta de resíduos tóxicos, vegetais, produtos inservíveis de madeira e entulhos (MIRANDA *et al.*, 2014).

Uma das ferramentas utilizadas no gerenciamento dos resíduos é o programa ou plano de gerenciamento de resíduos sólidos que abrange conteúdos relacionados ao planejamento, delimitação e delegação de responsabilidades, práticas, procedimentos, recomendações

operacionais e recursos necessários para a gestão dos resíduos sólidos em um empreendimento ou atividade (NAGALLI, 2014).

Na construção civil, um dos instrumentos para implementação da gestão dos RCC é o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, que deve ser elaborado pelos Municípios e pelo Distrito Federal, em consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (CONAMA, 2002).

Em Curitiba, o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil é regulamentado pelo Decreto nº 1.068/04 e tem por objetivo disciplinar o manuseio e disposição dos resíduos produzidos nos canteiros de obras com a participação de toda cadeia produtiva, incluindo transportadores e áreas de destinação final. Este plano integrado é composto pelo Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, direcionado aos pequenos geradores e pelo Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, direcionado aos grandes geradores de resíduos (CURITIBA, 2004).

O Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil é elaborado e implementado pelo Município e nele estão estabelecidas diretrizes técnicas e procedimentos para exercício das responsabilidades dos pequenos geradores. Neste programa, são considerados pequenos geradores aqueles que produzem até 0,5 m³ de resíduos, em período não inferior a dois meses, que devem ser separados em Classe A e C e dispostos no passeio, em frente ao local da obra. A coleta e o destino destes materiais são de responsabilidade da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA). Caso a opção seja pela contratação de empresa de transporte de resíduos, deve-se providenciar o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) (CURITIBA, 2004).

Os geradores que geram quantidade máxima de 2,5 m³ de RCC, em intervalo não inferior a 2 meses, também devem separar os resíduos em Classe A e C e encaminhá-los aos locais de recebimento ou transbordo designados pelo município (Figura 3).

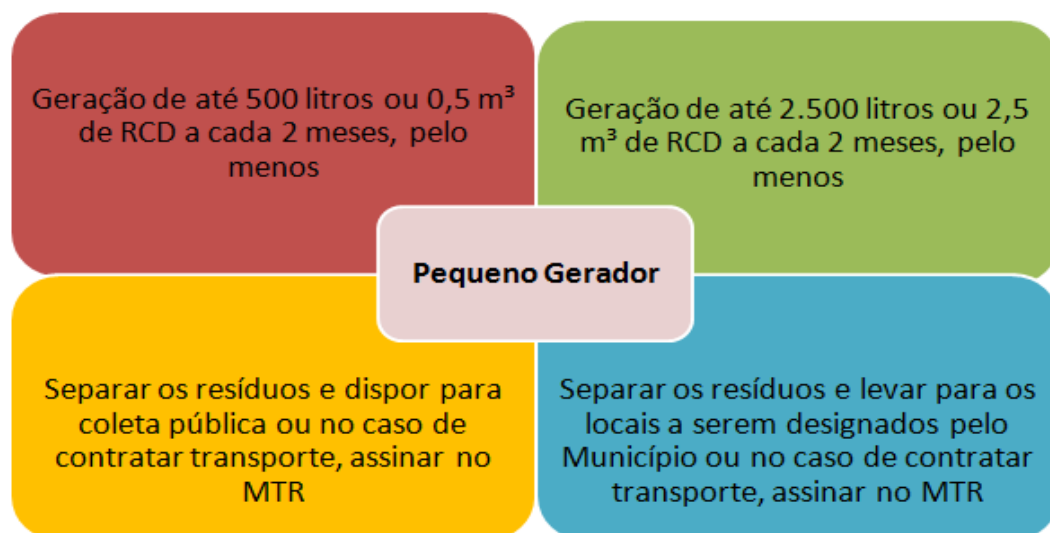


Figura 3: Destinação dos RCC gerados pelo pequeno gerador
Fonte: Curitiba (2004)

O município de Curitiba também é responsável pela coleta dos resíduos da Classe B na quantidade de 0,6 m³ por semana. Já os resíduos da Classe D, considerados perigosos, são encaminhados à coleta especial de resíduos tóxicos do próprio município (CURITIBA, 2004).

Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil são de responsabilidade dos próprios geradores e tem como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequada dos resíduos (Figura 4).

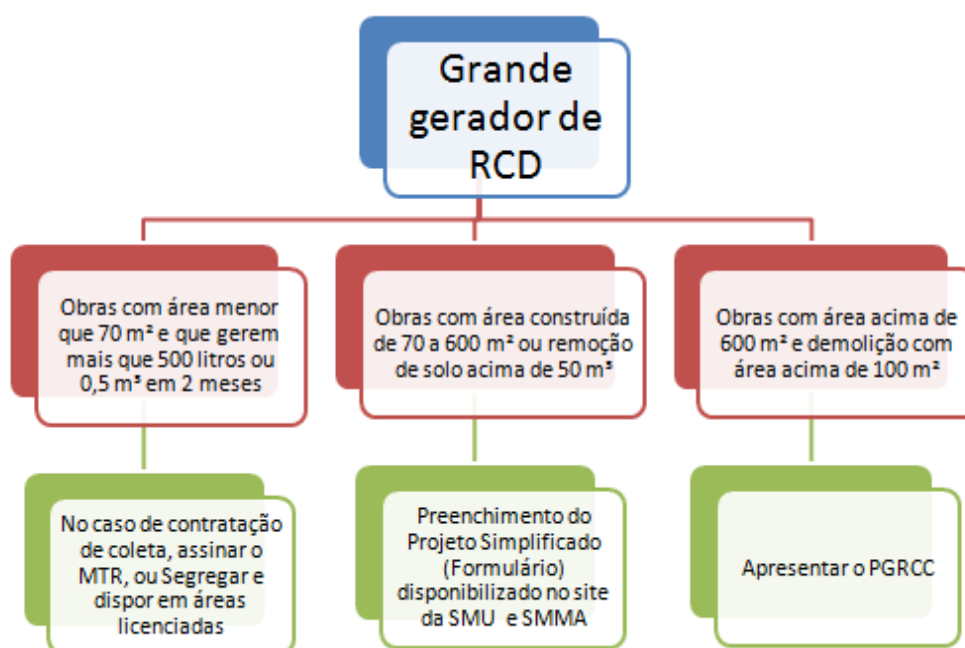


Figura 4: Características de geração de resíduos do grande gerador
Fonte: Curitiba (2004)

Conforme ilustrado na Figura 4, em obras menores que 70 m², com geração acima de 0,5 m³ de RCC, o gerador precisa assinar MTR emitido pelo transportador ou no caso de transporte próprio, os resíduos deverão ser previamente separados e encaminhados para áreas devidamente licenciadas.

Os geradores cujas obras possuam área construída superior a 70 m² e inferior a 600 m² ou remoção de solo acima de 50 m³ preenchem um formulário específico na Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU) ou na Secretaria Municipal Meio Ambiente (SMMA), na ocasião da obtenção do alvará de construção, reforma, ampliação e demolição ou do licenciamento ambiental. Por fim, nas obras que excedam 600 m² de área construída ou demolição acima de 100 m², deve-se apresentar o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) para ser aprovado. Ficam isentos da apresentação deste projeto os geradores cujas obras sejam inferiores a 600 m² de área construída ou inferiores a 100 m² no caso de demolição (CURITIBA, 2004).

Os incentivos para utilização de RCC na cidade de Curitiba iniciaram com Decreto n° 852/07, em que foi estabelecida obrigatoriedade na utilização de agregados reciclados oriundos de resíduos sólidos da construção civil classe A, em obras e serviços de

pavimentação das vias públicas contratadas pelo município. Posteriormente, por meio da Portaria nº 008/12 da Secretaria Municipal de Meio Ambiente foram estabelecidos critérios de implantação de áreas de transbordo e triagem (ATT) no município (CURITIBA, 2007; CURITIBA, 2012).

Segundo Miranda *et al.* (2014), a gestão dos RCC em Curitiba se caracteriza pela gestão corretiva e pouco inovadora. Embora o poder público tenha investido na implantação do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, por exemplo, não houve investimento em projetos de equipamentos urbanos para recebimento de materiais provenientes dos pequenos geradores, que correspondem à parcela significativa dos RCC gerados no município.

O atual modelo de gestão de resíduos de Curitiba é ineficiente na medida em que não contempla a gestão preventiva com relação aos pequenos geradores e ainda apresenta diversos pontos de despejo irregular de RCC, principalmente nos bairros mais afastados e periféricos ao centro da cidade, o que dificulta a fiscalização e o gerenciamento dos RCC (MIRANDA *et al.*, 2014).

Mann (2015) elaborou uma lista de verificação com base nas normas vigentes e modelos de certificações ambientais com objetivo de investigar a conformidade técnica e legal dos sistemas de gerenciamento de resíduos de construção civil em Curitiba. A lista de verificação foi aplicada a 24 obras e os resultados indicam que, mesmo a gestão de resíduos sendo obrigatória e imprescindível para obtenção do certificado de conclusão de obra, a maioria dos sistemas de gestão adotados é falha. Além da falta de conscientização e dificuldade no gerenciamento dos RCC, resultante do baixo índice de treinamentos (17% das obras visitadas não realizam qualquer treinamento sobre gerenciamento dos resíduos), as normas vigentes relacionadas à gestão dos resíduos são pouco conhecidas. No que diz respeito à reutilização e reciclagem de materiais no canteiro de obras nota-se que ainda são insuficientes, uma vez que pouco se reutiliza ou se recicla (MANN, 2015).

Assim como a maioria dos municípios brasileiros o gerenciamento dos RCC em Curitiba ainda é um desafio, porém a logística reversa vem sendo estudada como ferramenta no gerenciamento dos resíduos sólidos. Portanto, nos próximos capítulos será explorado conceito, aplicações, barreiras e preceitos da logística reversa em diversos setores da economia, inclusive no setor da construção civil, com objetivo de melhorar o gerenciamento dos RCC.

2.2 LOGÍSTICA REVERSA

Segundo *Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP)*, a logística faz parte do gerenciamento da cadeia de abastecimento com o objetivo de planejar, programar e controlar de maneira eficiente e eficaz o fluxo e o armazenamento de produtos, serviços e informações entre o ponto de origem e o ponto de consumo. A logística é vista como ferramenta capaz de aumentar a eficiência organizacional por meio da redução dos custos operacionais, viabilizando os processos em toda cadeia de abastecimento. A logística reversa, por sua vez, é um segmento especializado da logística voltado para retorno dos materiais ao ciclo produtivo após venda e consumo. É o caminho inverso da logística (CSCMP, 2013).

Para Rogers e Tibben-Lembke (1999) e Pucci (2006), a logística reversa é definida como processo de planejamento, implementação e controle eficiente e eficaz do fluxo de matéria-prima, geração do produto e embalagens, estoque até produtos acabados, ou informações relacionadas desde o ponto de consumo até o ponto de origem com propósito de recuperar valor ou dispô-lo de maneira correta.

Para Leite (2009), a logística reversa é parte do processo da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla de forma eficiente e eficaz o fluxo direto e reverso e o estoque de bens, serviços e informações entre o ponto de origem e o ponto de consumo com o propósito de atender aos requisitos dos clientes. Na logística reversa é valorizado o retorno dos produtos da destinação final para o ciclo de negócios, ou para disposição final adequada.

Já no Art 3º da PNRS, a logística reversa é 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 varrição (BRASIL, 2010b, p.3).

Segundo Art. 33 da PNRS ficam obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa os participantes da cadeia produtiva dos agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes e embalagens, lâmpadas fluorescentes, produtos eletroeletrônicos e seus componentes, dentre outros (BRASIL, 2010b).

No Decreto nº 7.404/10, no qual é regulamentada a PNRS, estão definidos os ministérios e secretarias do governo envolvidas na aplicação da PNRS que deverão compor o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador (BRASIL, 2010a).

Segundo Leite (2011), o Comitê Interministerial (Art. 3º) responderá pela implementação da logística reversa e o Comitê Orientador (Art. 33) terá papel consultor na definição de metodologias, critérios e avaliação dos sistemas de logística reversa apresentados. Ambos os comitês terão a possibilidade de convidar representantes da sociedade empresarial e de entidades afins para discutir questões e criar corpos técnicos específicos. Desta forma, as empresas além de cumprirem a lei devem manter registros de todas as práticas ambientais realizadas, de forma a prestarem contas de suas ações ao poder público e à sociedade.

No referido Decreto nº 7.404/10 é explicitada a preocupação em definir com precisão os diversos sistemas de implantação e operacionalização da logística reversa que poderão ser adotados no país nos próximos anos pelas cadeias produtivas dos setores empresariais. Distinguem-se, portanto, no Art. 15, os seguintes instrumentos: os “Acordos Setoriais”, “Regulamentos Expedidos pelo Poder Público” e “Termos de Compromisso” (BRASIL, 2010a; LEITE, 2011).

O “Acordo Setorial” é um ato contratual entre a cadeia produtiva (fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes dos produtos e embalagens) que visa à implementação da logística reversa, sendo a iniciativa da própria cadeia produtiva ou do Poder Público. Os acordos setoriais são considerados arranjos mais amplos que englobam uma gama maior de atores e setores da economia. O sistema “Regulamento Expedido por Decreto do Poder Público” é uma iniciativa do governo e os “Termos de Compromisso” são acordos específicos que podem ser considerados casos de exceções de acordos setoriais (LEITE, 2011; SANTOS, SANTOS, 2014).

A inclusão da logística reversa na PNRS demonstra a importância dada à operacionalização e equacionamento logístico deste retorno, revelando sua complexidade e tornando-a integrante dos diversos planos de resíduos a serem editados pela federação, estados, municípios e pelas empresas envolvidas na geração destes resíduos (LEITE, 2009).

Segundo Abdulrahman *et al.* (2014) e Pokharel e Mutha (2009), a logística reversa vem se destacando devido ao aumento dos custos dos materiais, a escassez dos recursos naturais e

a percepção das consequências das alterações climáticas, que levam a uma maior consciência global sobre a preservação dos recursos. As empresas que almejam alcançar a sustentabilidade nos seus negócios passam a investir em práticas de logística reversa como a reciclagem, reutilização e adotam estratégias de gestão dos resíduos a fim de ganhar vantagem competitiva e atender crescentes demandas locais nacionais e internacionais de proteção ambiental.

O processo de logística reversa revela-se como oportunidade de desenvolver a sistematização dos fluxos de resíduos, bens e produtos descartados, seja pelo fim da vida útil, seja por obsolescência tecnológica, e reaproveitamento dentro ou fora da cadeia produtiva de origem. O ciclo do sistema de logística reversa, conforme apresentado na Figura 5, viabiliza técnica e economicamente a promoção da sustentabilidade na cadeia produtiva, minimizando os impactos ambientais e reduzindo a exploração dos recursos naturais (GUARNIERI *et al.*, 2013).

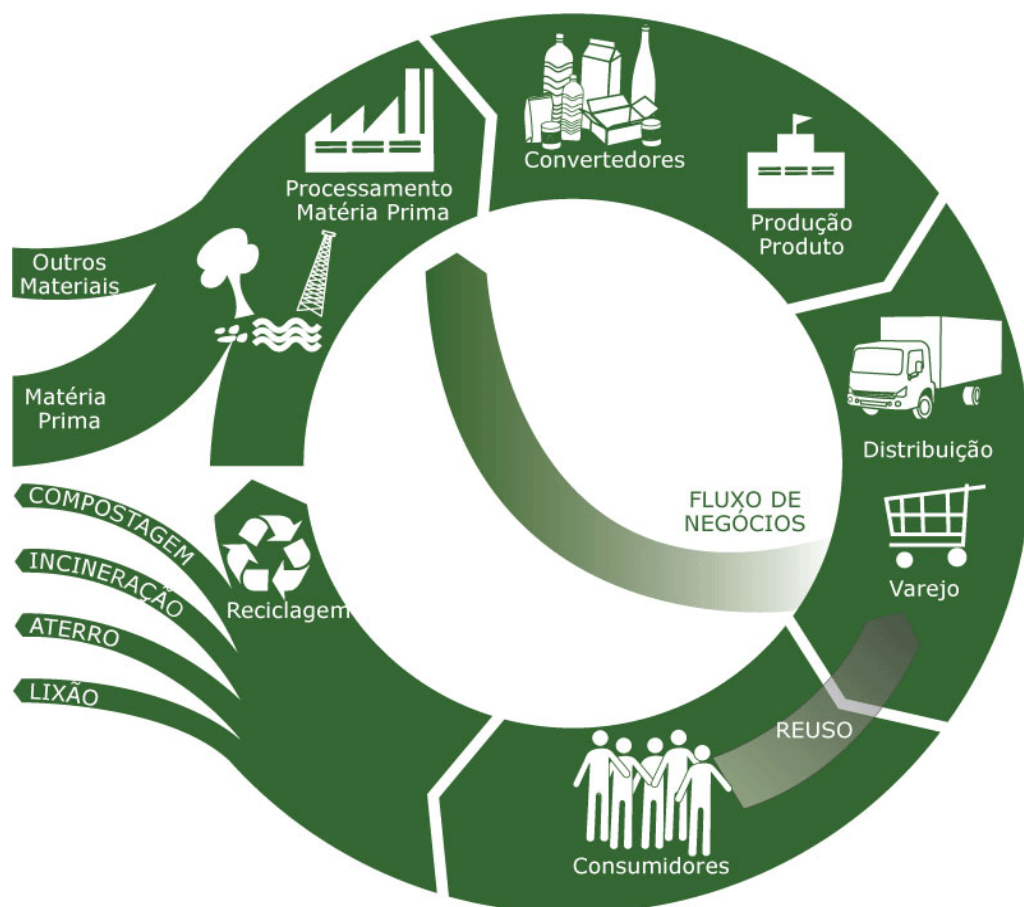


Figura 5: Ciclo do sistema de logística reversa
Fonte: Embalagem sustentável (2010)

Segundo Leite (2009), para reduzir os custos no processo produtivo é necessário entender que a vida útil do produto começa a ser contabilizada desde a extração da matéria-prima e fabricação do material até o descarte pelo consumidor. Entretanto, a vida útil pode ser prolongada quando existe possibilidade de aumentar o tempo de utilização do produto ou material, seja por meio da reinserção no processo produtivo ou na cadeia de consumo.

Os meios pelos quais os materiais retornam ao ciclo produtivo ou de negócio, readquirindo valor econômico e ambiental são chamados de canais de distribuição reversos ou canais reversos, e estão inseridos na cadeia logística da qual fazem parte fabricantes, atacadistas, distribuidores, varejistas e consumidores. Os canais reversos auxiliam na disponibilização de produtos com rapidez, facilidade no fluxo de informações e materiais, fortalecimento do potencial de vendas e na cooperação entre os participantes da cadeia de suprimentos, reduzindo os custos de forma integrada (GUINDANI, 2014).

Para Leite (2009) e Guindani (2014), a maioria dos retornos dos materiais no sistema de logística reversa ocorre após o consumo ou após a venda do produto, sendo que:

- Logística Reversa Pós-Consumo

Segundo Cavallazzi e Valente (2010), a logística reversa de pós-consumo equaciona e operacionaliza o fluxo físico e as informações correspondentes de bens de consumo descartados pela sociedade, podendo retornar ao ciclo produtivo por meio de canais de distribuição reversos específicos. O objetivo de negócio desta área da logística é agregar valor a um bem, produto ou material que, mesmo sem interesse de uso pelo proprietário original, ainda possua condições de utilização.

O retorno dos materiais pós-consumo exige dos fabricantes e participantes da cadeia produtiva o comprometimento contínuo com a responsabilidade estendida dos produtos, conhecida como *Extended Product Responsibility* (EPR). Na EPR as empresas fabricantes de produtos que agredem o ambiente são responsáveis por seu descarte (LEITE, 2009).

Segundo Guindani (2014), na logística pós-consumo os bens, produtos ou materiais podem ser classificados, conforme a vida útil, em três categorias:

- a) Duráveis: produtos com vida útil, variando de alguns anos a algumas décadas, como por exemplo, automóveis, eletrodomésticos, eletroeletrônicos, máquinas e equipamentos industriais, edifícios de diversas naturezas, aeronaves, construções civis, barcos, entre outros.

- b) Semiduráveis: produtos com vida média, variando de alguns meses e raramente superior a dois anos, como baterias de automóveis, óleos lubrificantes, baterias de celulares, computadores, *notebooks*, *tablets*, entre outros.
- c) Descartáveis: produtos de curta duração, variando de algumas semanas a seis meses, como por exemplo, embalagens, materiais para escritório, suprimentos para informática, artigos cirúrgicos, pilhas e baterias de equipamentos eletrônicos, fraldas, jornais e revistas, entre outros.

A maioria dos bens duráveis e semiduráveis utilizam o canal reverso de desmontagem e reciclagem industrial, sendo desmontados na etapa de desmanche e seus componentes reaproveitados ou remanufaturados, retornando ao mercado secundário ou à própria indústria, sendo uma parte destinada à reciclagem. No caso de descartáveis, os produtos retornam por meio do canal reverso de reciclagem industrial, onde são reaproveitados e se transformam em matéria-prima secundária, voltando ao ciclo produtivo, ou seguem para disposição final em aterros sanitários, lixões ou incineração e recuperação energética (CAVALLAZZI, VALENTE, 2010).

A revalorização dos materiais pós-consumo operacionalizada pela logística reversa contribui para solução do problema da destinação de resíduos, garantindo o retorno ao ciclo produtivo e de negócios, otimizando a utilização dos recursos e a promoção do desenvolvimento sustentável e da competitividade nas empresas (LEITE, 2009).

- Logística Reversa de Pós-Venda

Os bens, produtos ou materiais de pós-venda são aqueles que tiveram pouco ou nenhum uso e que o retorno se dá por meio da própria cadeia de distribuição. O objetivo do negócio nesta área é agregar valor a um produto que é devolvido por razões comerciais, erro no processamento dos pedidos, garantia pelo fabricante, defeitos ou falhas de funcionamento, avarias no transporte, alcance da data de validade, estoques excessivos, devolução de consignação, baixa qualidade ou defeitos. Estes últimos muito comuns na comercialização de produtos pela *internet*, onde a taxa de devolução de produtos, seja por algum defeito ou por insatisfação do cliente, caracteriza o retorno do produto à cadeia de logística reversa de pós-venda (LEITE, 2009; CAVALLAZZI, VALENTE, 2010).

Uma característica da logística reversa de pós-venda é equacionar as diversas possibilidades de coleta destes produtos que, dependendo do canal de distribuição original,

poderão retornar dos consumidores finais para o varejista ou para o fornecedor; do varejista para o fabricante ou para o distribuidor atacadista; ou da empresa cliente para a empresa fornecedora, nos casos de canais de distribuição empresariais. Por mais que estes produtos retornem à empresa fabricante de origem, o ideal é que eles possam ser destinados a mercados secundários de reformas, reciclagem de produtos e dos materiais constituintes, ou mesmo à disposição final adequada (LEITE, 2009; GUINDANI, 2014).

Segundo Leite (2009) e Cavallazzi e Valente (2010), o retorno dos bens, produtos ou materiais pós-venda pode ocorrer em três situações:

- a) Retornos comerciais por questões não contratuais: ocorrem, geralmente, por erro do fornecedor nas vendas diretas, vendas por meio de catálogos de produtos, comércio eletrônico e erros na expedição na empresa.
- b) Retornos comerciais por questões contratuais: ocorrem quando há acordo prévio entre as empresas, especificamente relacionado aos prazos, quantidades negociadas, condições de armazenagem e estocagem, excesso de estoque no canal de distribuição, mercadorias em consignação, dentre outros.
- c) Retornos por garantia/qualidade: ocorrem devido à falhas de funcionamento, defeitos gerais de fabricação e/ou montagem e avarias em embalagens ou mesmo aqueles que retornam devido ao término de validade do produto.

Segundo Guarnieri (2013), entre as vantagens econômicas e financeiras da logística reversa pós-consumo e pós-venda 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.

No entanto, grande parte dos empreendedores dá maior importância à produtividade e ao lucro e negligenciam o gerenciamento dos recursos naturais utilizados como matéria-prima nos processos industriais, como também o gerenciamento dos resíduos produzidos por eles. Por esta razão, é preciso sensibilizar a população a repensar as atuais atitudes e incentivar práticas de reciclagem e reutilização para amenizar a problemática dos resíduos sólidos. As empresas também devem aperfeiçoar seus processos, com oportunidades de reaproveitamento e reutilização de insumos ou dos materiais descartados, a fim de reduzir os impactos ambientais, diminuindo os custos operacionais. Por mais que o objetivo de obter lucro

prevaleça nas empresas, percebe-se que atitudes sustentáveis, quando bem elaboradas, podem ser um diferencial competitivo (LEITE, 2002).

Desta forma, espera-se que com a legislação vigente, os responsáveis pela geração e gestão dos resíduos sólidos percebam a importância e a urgência na implantação da logística reversa em seus processos e promovam a responsabilidade compartilhada entre todos envolvidos na cadeia produtiva (GUARNIERI *et al.*, 2013).

No Brasil, os setores que estão mais avançados com relação aos sistemas de logística reversa são os setores de pneumáticos, óleos lubrificantes e suas embalagens, e o setor de agrotóxicos. Estes setores possuem acordos setoriais e termos de compromissos firmados e recebem apoio de entidades que facilitam a operação da logística reversa no país.

Nos próximos capítulos será apresentado o panorama da logística reversa no setor da construção civil e em outros setores da economia a fim de identificar quais ações vêm sendo realizadas e possíveis barreiras que podem dificultar o planejamento, implantação e operacionalização dos sistemas de logística reversa. A análise do panorama e das barreiras para aplicação da logística reversa irá auxiliar na seleção de critérios para compor o questionário sobre sistema de logística reversa na construção civil e na elaboração do modelo conceitual para gestão dos RCC em Curitiba.

2.2.1 Logística reversa no setor da construção civil

Quando se fala em logística reversa no setor da construção civil constata-se que não basta ter foco apenas nas construtoras. Os impactos do setor começam antes mesmo da produção de qualquer material e se estendem durante e após a vida útil do empreendimento.

Segundo o Guia CBIC de Boas Práticas em Sustentabilidade na Indústria da Construção, CBIC (2012), a cadeia produtiva da construção é composta por:

- Construtoras, incorporadoras e prestadoras de serviços auxiliares da construção, que realizam obras e edificações;
- Segmentos da indústria que produzem materiais de construção;
- Segmentos do comércio varejista e atacadista;

- Atividades de prestação de serviços, tais como serviços técnico-profissionais, financeiros e seguros.

Portanto, antes de planejar o sistema de logística reversa para o setor da construção civil é necessário analisar todos os participantes da cadeia produtiva. No modelo de logística reversa, proposto por Sobotka e Czaja (2015), por exemplo, foram destacadas quais iniciativas poderiam contribuir para o desenvolvimento da logística reversa no setor da construção e quais participantes da cadeia produtiva tem mais perfil para investir na iniciativa sugerida. Para os projetistas, por exemplo, os investimentos recomendados foram: seleção métodos de demolição otimizados; utilização de materiais que possam ser reaproveitados e projetos que facilitem a desmontagem. Já o mestre de obras deve investir em metodologias que contribuam para estimativa qualitativa e quantitativa da geração de RCC.

A pesquisa indica os possíveis investimentos necessários para execução de cada tarefa e o que deve ser contabilizado, de maneira a auxiliar o investidor participante na escolha da ação que seja mais benéfica do ponto de vista social, econômico e ambiental (SOBOTKA, CZAJA, 2015).

Beiriz (2010) propôs um modelo conceitual aplicado à logística reversa no setor da construção civil, considerando o ciclo de vida útil de materiais e insumos além de indicadores financeiros para estimar os custos de implantação de usinas de reciclagem e áreas de transbordo e triagem. O modelo contribui para enfrentar os desafios ambientais associados ao crescimento exponencial da quantidade de resíduos gerados pela indústria da construção, atualmente gerida com métodos precários de descarte e gestão.

Yuan (2014), por sua vez, mostra algumas soluções que vêm sendo adotadas para melhorar o gerenciamento dos resíduos de construção e demolição na cidade de Chongqing, na China. A pesquisa foi realizada com base em investigação *in loco* em seis empresas de construção civil da cidade para verificar o que vem sendo feito e quando aplicável, introduzir os conceitos de logística reversa e dos canais de distribuição reversa. De acordo com o autor, as indústrias investigadas apresentam as seguintes características:

- Dentro dos canais de distribuição direta, os fluxos de matéria-prima envolvem grandes quantidades de areia, brita, cimento, peças de cerâmica, aço e outros materiais;

- A maioria das áreas de extração da matéria-prima estão distantes dos canteiros de obras, e como resultado, os custos de transporte de material influenciam significativamente os custos finais de construção;
- Nos canais de distribuição reversos, os maiores fluxos de materiais secundários são os resíduos de gesso, concreto, tijolo e cerâmica.

Segundo Fu e Teng (2014), a China produziu cerca de 8 bilhões de toneladas de RSU em 2013, sendo 35% deste total resíduos da construção civil, equivalente a 5,5 quilos de RCC gerado por habitante por dia. Já na cidade de Chongqing, que tem aproximadamente 18 milhões de habitantes, dos 6 milhões de toneladas de RCC gerados por ano, a maioria é recolhida pelas autoridades públicas e descartada em lixões ou aterros sanitários (WU *et al.*, 2016).

Para minimizar a quantidade de RCC destinada para aterros e lixões Yuan (2014) recomenda que os centros de reciclagem em Chongqing estejam localizados próximos dos canteiros de obras e do mercado consumidor dos materiais processados, para que os custos com transporte sejam reduzidos. Por outro lado, a maioria das áreas centrais são geralmente próximas de regiões densamente povoadas, o que pode dificultar a construção de instalações de reciclagem (YUAN, 2014).

Segundo o estudo, as empresas de maior porte, com maior número de projetos, e que operam seu próprio centro de reciclagem, estão mais sujeitas à fiscalização devido à grande quantidade de resíduos gerados, porém a eficácia do processo de logística reversa é melhor. Já nas empresas menores, o índice de reciclagem é menor pois a reciclagem dos resíduos é terceirizada. Esta opção é pouco atrativa para os pequenos geradores, pois a maioria dos centros de reciclagem de resíduos são afastados, exigindo gastos com transporte que não compensam, pelo pequeno volume gerado (YUAN, 2014).

É importante frisar que o sucesso dos centros de reciclagem dependem de alguns fatores como viabilidade destes centros para as autoridades públicas, o que depende da continuidade e de volume de produção perto de capacidade planejada de operação. Deve-se atentar também, que a implantação e operação dos centros de reciclagem de RCC que recebem investimento da iniciativa privada podem não ser viáveis, devido à redução do retorno sobre os investimentos. Como o uso de matéria-prima reciclada ainda não é generalizado em Chongqing, os investimentos em centros de reciclagem em larga escala

devem ser controlados e os gestores municipais devem investir mais em centros de reciclagem públicos (FU, TENG, 2014).

A fim de tornar os canais de distribuição reversos viáveis e otimizar a reutilização e reciclagem dos fluxos e atividades, deve-se definir os objetivos da rede inversa, ajustar o nível de integração ao tipo de rede que se deseja, caracterizar os tipos de RCC e definir o mercado final para o produto processado, localizar os centros de consolidação, desmontagem e manufatura e utilizar sistemas de medição e de informação para operações de canais reversos (KAYNAK *et al.*, 2014).

O planejamento da rede reversa dos RCC pode ser motivado por aspectos econômicos, ecológicos e/ou legais. Os aspectos econômicos incluem a possível redução no custo total da obra quando há planejamento na utilização dos recursos, inserção de matéria-prima secundária e gerenciamento adequado dos resíduos, otimizando gastos com coleta, transporte e destinação dos RCC. Os aspectos ecológicos são compostos principalmente pela redução dos impactos ambientais da extração, transporte e processamento de recursos naturais além da extensão da vida útil dos aterros sanitários. Para os aspectos legais, o mais importante é o cumprimento da legislação e aprimoramento do sistema regulatório (FU, TENG, 2014; OYEDELE *et al.*, 2014; SOBOTKA, CZAJA, 2015).

No entanto, os autores ainda afirmam que uma das dificuldades para atingir os benefícios da logística reversa aplicada à reciclagem dos RCC é garantir a homogeneidade da composição e pureza dos materiais, o que não acontece na maioria das vezes. Como consequência, a reciclagem dos RCC é geralmente limitada a áreas como obras de pavimentação, obras de drenagem e de estabilização de taludes ou margens de rios (FU, TENG, 2014; OYEDELE *et al.*, 2014).

No estudo de Ding e Xiao (2014) o fluxo de materiais foi utilizado para estimar a quantidade e composição dos RCC na cidade de Xangai, na China, a fim de avaliar o potencial de reciclagem dos resíduos nesta região. O método para caracterizar os RSU é utilizado desde a década de 1960 nos Estados Unidos e se baseia no cálculo da quantidade de materiais necessários execução da atividade, construção de um edifício, por exemplo, e prevê o montante de RCC na saída. Para isto, no método é considerado o tipo de estrutura utilizada e quais materiais podem vir a gerar RCC durante a construção.

Segundo Ding e Xiao (2014), aproximadamente 13,7 milhões de toneladas de RCC foram gerados em Xangai em 2012, uma média de 2 quilos de RCC gerados por habitante por

dia, sendo que mais de 80% deste total são resíduos de concreto, tijolos e blocos. Do total, apenas 10% é reciclado e o restante disposto em aterros. No estudo é revelado que, com as novas políticas de urbanização e mudanças nos métodos construtivos, a maioria das fontes de geração de resíduos na cidade é resultante das atividades de demolição. Entre os obstáculos identificados para a reciclagem de RCC está a falta de conhecimento e confiança dos empreiteiros e gerentes de construção sobre os produtos reciclados, altos custos de transporte e baixa taxa de remoção dos resíduos na cidade (DING, XIAO, 2014).

Frequentemente as áreas utilizadas para descarte ilegal estão localizadas próximo de áreas sob a responsabilidade das autoridades públicas. Uma estratégia, então, seria utilizar estas áreas ilegais como depósitos intermediários de RCC, até que o material seja transportado para áreas maiores, onde possa ser estabelecido um centro de reciclagem ou um aterro de inertes (DING, XIAO, 2014; FU, TENG, 2014).

Segundo Hradil (2014), na Europa as atividades de construção e demolição representam por 40 a 50% do total de RSU gerados. A quantidade de RCC é estimada em 460 milhões de toneladas por ano, ou seja, 3 quilos por habitante por dia, excluindo os resíduos de escavações. Conseqüentemente, a demanda de energia para suprir as necessidades do setor é alta, sendo que a maior parte dela é consumida nos três primeiros estágios do processo de produção: geração de recursos, extração de recursos e fabricação de produtos.

Em 2008, o Parlamento Europeu publicou a versão revisada da diretiva sobre os resíduos, que estabelece medidas para evitar os efeitos negativos da geração de resíduos e regras gerais para sua gestão. Na diretiva também é estabelecido que no mínimo 70% dos RCC (em peso) devem ser preparados para reutilização, reciclagem ou valorização até 2020 (HRADIL, 2014).

A situação dos RCC na União Europeia (UE) retratada por Cabaço (2009) e Schneider e Philippi Jr. (2004), mostra que há diferenças na gestão dos resíduos nos países em que a reciclagem de RCC é uma prática comum e em outros onde estas práticas estão no início ou são praticamente inexistentes. Na Holanda, Bélgica e Dinamarca, por exemplo, a taxa de reciclagem de RCC chega a 90% para resíduos de concreto, cerâmicas, telhas e tijolos e a 100% para resíduos de asfalto. Os fatores que contribuem para promoção da reciclagem nestes países são escassez de matéria-prima, dificuldade em encontrar terrenos para aterros, medidas legais e econômicas, como cobranças elevadas para disposição em aterros.

Na Holanda, desde meados da década de 1980 são realizados testes e pesquisas para proceder à aprovação e controle da utilização do concreto e alvenaria reciclados como agregados. A partir de 1999, novos padrões para a quantidade máxima de substâncias perigosas contidas em materiais de construção foram determinados, com objetivo de minimizar os impactos ambientais causados pela lixiviação, seja na utilização do material ou na reciclagem. As pesquisas no ramo da construção civil contribuíram para alterações na legislação holandesa ao longo dos anos, em benefício da gestão adequada dos RCC. Atualmente, o agregado de concreto, que é o constituinte principal dos RCC, deve representar mais de 95% do total do material e o agregado de alvenaria deve representar mais de 65% do total do material utilizado (SCHNEIDER, PHILIPPI JR, 2004; CABAÇO, 2009).

A taxação da matéria-prima oriunda das atividades de mineração também é uma forma de estimular o uso de materiais provenientes dos RCC. Na Dinamarca a taxa sobre recursos naturais é imposta às pedreiras; na Inglaterra são taxadas areia, cascalho e pedras e na Suécia as taxas são impostas desde a exploração dos bens minerais por escavação. Ainda na Suécia, o plano de gestão de resíduos deve acompanhar a documentação para demolição da edificação, o qual deve ser aprovado pelas autoridades e estar descrita a destinação de cada um dos materiais resultantes (SCHNEIDER, PHILIPPI JR, 2004).

Segundo dados divulgados pela *Waste Statistic Regulation* (WSTATR), a Bélgica gerou no ano de 2012, aproximadamente, 7 milhões de toneladas de RCC, o equivalente 1,7 quilos por habitante por dia, sendo que 90% dos RCC gerados foram reciclados (EUROPEAN COMMISSION, 2016). Cabaço (2009) ainda destaca que na Bélgica foi desenvolvida uma certificação voluntária para agregados reciclados, baseada em especificações técnicas estabelecidas pelas autoridades, o que contribui para o aumento de RCC reciclados.

Na Dinamarca, a quantidade de RCC gerada por ano é estimada em 8 milhões, cerca de 4 quilos de RCC por habitante por dia. Devido à falta de inertes naturais e cobrança de preços exorbitantes para deposição dos RCC nos poucos aterros em operação na Dinamarca, a indústria da reciclagem teve que se desenvolver, aumentando o percentual de reciclagem e alcançando índices próximos a 90% (CABAÇO, 2009; EUROPEAN COMMISSION, 2016).

Na Finlândia, a quantidade estimada de RCC é de 16 milhões de toneladas por ano, cerca de 8 quilos por habitante por dia. Na Áustria, o total de RCC em 2013 chegou a 8,5 milhões de toneladas, aproximadamente, 3 quilos por habitante por dia. A maioria dos RCC gerados nestes países é composta por frações de concreto, cerâmica e telhas, sendo que,

aproximadamente, 77% são recuperados e 26% reaproveitados (HRADIL, 2014; EUROPEAN COMMISSION, 2016).

Irlanda e a Itália, que produzem, aproximadamente, 2 quilos de RCC por habitante por dia, possuem baixa taxa de reciclagem de RCC, com 6 e 9%, respectivamente. No entanto, com avanço da legislação e a necessidade de diminuir a produção de resíduos e de aumentar a utilização de agregados reciclados, a tendência é que a taxa de reciclagem alcance maiores valores ao longo dos anos (CABAÇO, 2009; EUROPEAN COMMISSION, 2016).

Na Espanha, em que a quantidade de RCC gerada por ano é estimada em 27 milhões de toneladas, aproximadamente, 1,5 quilo por habitante por dia, a porcentagem de resíduos reutilizados e reciclados no país já chega a 43% (GANGOLELLS *et al.*, 2014; EUROPEAN COMMISSION, 2016).

No Reino Unido, a quantidade de RCC gerada por ano é estimada em 110 milhões de toneladas, resultante de construções, demolições e excavações, o que representa, aproximadamente, 60% do total de resíduos gerados no Reino Unido, cerca de 5 quilos de RCC por habitante por dia (PAINE, DHIR, 2010; ADJEI, 2016; EUROPEAN COMMISSION, 2016).

O crescimento da reciclagem dos RCC nos países europeus foi possível devido ao avanço da legislação e de políticas de gestão de resíduos. As iniciativas para adequação do gerenciamento dos RCC incluem a triagem obrigatória dos RCC e entrega em unidades de reciclagem, demolição controlada, taxaço da matéria-prima oriunda das atividades de mineração como forma de estimular o uso de materiais provenientes dos RCC, como também a oferta de subsídios financeiros para as unidades de tratamento (OYEDELE *et al.*, 2014; ADJEI, 2016).

Oyedele *et al.* (2014) verificaram que o desafio de incentivar a aplicação de materiais recicláveis nas atividades da construção civil nem sempre é fácil e que muitos fatores influenciam nesta tomada de decisão. Por mais que haja incentivos à reciclagem de RCC em alguns países, observa-se pouca preferência por parte dos projetistas e empreiteiros em aplicar estes materiais reciclados na própria obra (PAINE, DHIR, 2010; ADJEI, 2016).

Segundo Ismam e Ismail (2014), uma das soluções adotadas pelo governo do Reino Unido para melhorar as práticas na gestão de resíduos foi a criação, em 2000, do “*Waste and Resources Action Programme*”, conhecido como WRAP. Neste modelo foram elencadas oito áreas-chave que representam processos ou *stakeholders* importantes para compor um sistema

de gerenciamento de resíduos. Em cada uma das áreas-chave foram identificadas estratégias ou iniciativas que poderiam ser adotadas para otimizar a utilização dos recursos e melhorar a eficiência da gestão dos resíduos, independente do local de aplicação.

Ismam e Ismail (2014) adaptaram o WRAP para o gerenciamento dos RCC e identificaram quatro medidas que o governo poderia adotar para incentivar e orientar os *stakeholders* no gerenciamento dos resíduos: regulação, política, tecnologia e diretriz. Segundo os autores, as medidas estabelecidas contribuem para gestão estratégica dos RCC e atuam como mecanismos de fortalecimento do desempenho do governo no planejamento da gestão dos resíduos.

Com relação às embalagens na Europa, a base para reciclagem de resíduos de embalagem está na diretiva 94/62/EC do Parlamento Europeu e no Conselho Europeu para Embalagens e Resíduos de Embalagem, que regulamenta o uso de embalagens principalmente no setor agrícola e industrial (PERICOT *et al.*, 2014).

No entanto, Paneque *et al.* (2008) afirmam que a segregação e recuperação de embalagens para o setor da construção civil é um processo um pouco mais complicado pelo fato de estarem misturados com outras categorias de RCC. Apesar disso, Llatas (2011) estima as seguintes categorias e porcentagens de resíduos de embalagens que são encontradas nas construções: 70% de embalagens em madeira, 11% de embalagens de plástico, 5% de papelão, 5% de metálicas e 1% misturadas.

Pericot *et al.* (2014) realizaram um estudo na região do Mediterrâneo, em aproximadamente 1.173 habitações em construção, ocupando uma área de 193.150 m², com o objetivo de avaliar o padrão da geração de resíduos de embalagem predominante nos canteiros de obras e os principais materiais responsáveis pela geração destas embalagens.

Os resultados indicam que os resíduos de madeira predominam nas etapas iniciais da construção, os resíduos de plástico são constantes durante toda obra, e os resíduos de papelão predominam no fim da construção, devido à utilização, em grande quantidade, de interruptores e tomadas que vem em embalagens de papelão.

Inicialmente, os autores notaram que as medidas de incentivo implementadas pela empresa de construção para melhoramento da triagem dos resíduos no próprio local, como treinamento em gestão de RCC, não foram satisfatórias e com baixos índices de segregação. No entanto, após a pesquisa, os autores acreditam que compreender o padrão de produção de resíduos é benéfico para adaptar as estratégias de gestão e para entender a natureza específica

dos resíduos de embalagem em cada estágio da obra, diminuindo desperdícios no canteiro e contribuindo para reciclagem (PERICOT *et al.*, 2014).

Baptista Junior (2011) explorou técnicas e metodologias construtivas sustentáveis para oportunizar tratamento e reaproveitamento dos RCC nas fases de idealização, projeto e execução de uma obra na cidade do Rio de Janeiro. Na pesquisa, o autor sugere a utilização da ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) na fase de idealização do empreendimento para obter uma visão ampla dos possíveis impactos ambientais que podem surgir durante a execução, utilização do empreendimento até o descarte final. Os impactos ambientais compreendem a identificação e quantificação da energia consumida, materiais utilizados e resíduos produzidos desde a criação até o descarte final, após esgotarem todas as transformações de seu uso, conforme etapas apresentadas na Figura 6.

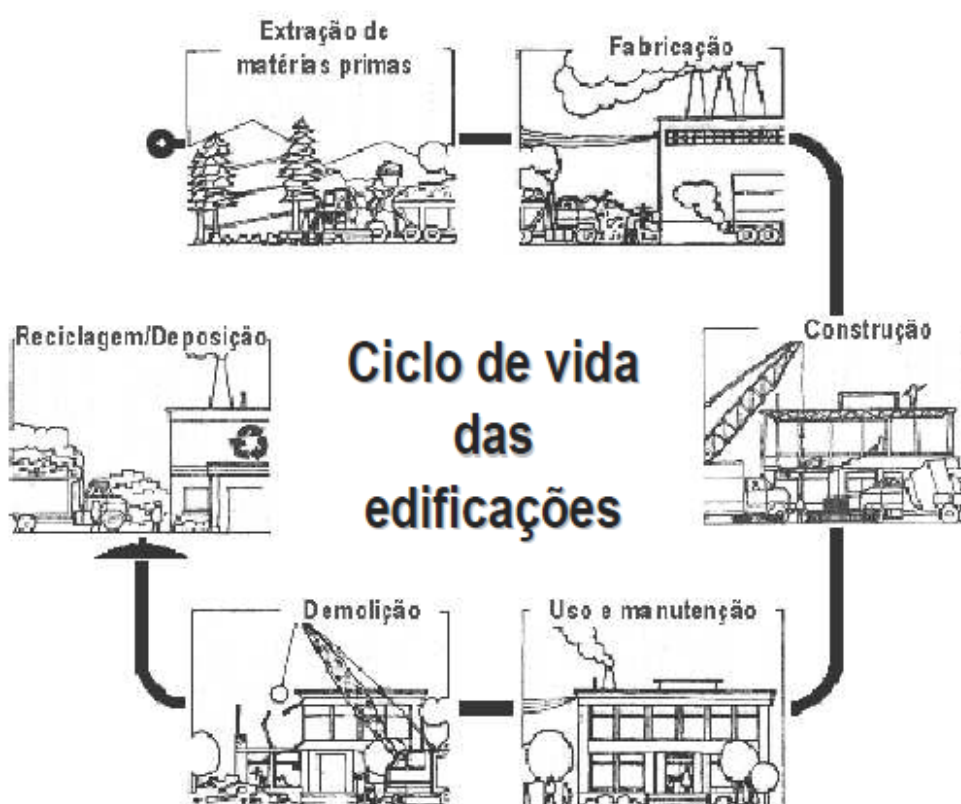


Figura 6: Ciclo de vida das edificações
Fonte: Tavares (2006)

Para realizar análise do impacto ambiental de uma edificação nova ou de uma reforma devem-se avaliar as etapas da Figura 6. A ACV inicia-se com extração da matéria-prima,

seguida da fabricação dos materiais construtivos, transporte até o canteiro de obras e execução da construção propriamente dita, prolongando-se com o uso e manutenção da edificação e encerrando-se com a demolição e reciclagem dos materiais (BAPTISTA JR, 2011).

Baptista Jr (2011) identificou que as principais fontes de desperdício de resíduos são: a falta de definições ou detalhamentos satisfatórios do projeto e de mecanismos de controle durante a execução da obra; baixa qualidade dos materiais adotados e da qualificação da mão de obra; manejo, transporte ou armazenamento inadequado dos materiais; técnicas de construção ou demolição ineficientes; não observação dos tipos de materiais que existem na região da obra e finalmente a falta de processos de reutilização e reciclagem no canteiro como a implantação de sistemas de logística reversa.

Segundo Sobotka e Czaja (2015), 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 RCC, pois no decorrer da obra podem ser executadas reparações, alterações de projeto, reconstrução e demolição passíveis de recuperação de materiais.

Vieira (2006) afirma que a implantação de sistemas de logística reversa em canteiros de obras não só colabora para a gestão dos resíduos, mas também para saúde e segurança do trabalhador. Um canteiro de obras bem planejado, que segue um plano de gerenciamento de resíduos, contribui para redução no desperdício de materiais, minimizando a geração de resíduos e propiciando reaproveitamento na própria obra. Além disso, um canteiro limpo e organizado aumenta a produtividade e diminui o risco de acidentes.

Para o Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica (IDHEA), o conceito de construção sustentável é fundamental no desenvolvimento e incentivo da cadeia produtiva. Um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, de forma a atender as necessidades de edificação e uso do homem moderno, preservando o ambiente e os recursos naturais, garante qualidade de vida para as gerações atuais e futuras (IDHEA, 2016). Neste contexto, o IDHEA definiu nove passos principais para construção sustentável:

- Planejamento sustentável da obra;
- Aproveitamento passivo dos recursos naturais;
- Eficiência energética;
- Gestão e economia da água;

- Gestão dos resíduos na edificação;
- Qualidade do ar e do ambiente interior;
- Conforto termoacústico;
- Uso racional de materiais;
- Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis.

Estes fatores auxiliam na promoção de construções mais sustentáveis e ao mesmo tempo contribuem para a logística reversa na cadeia de produção do setor da construção civil.

A utilização dos materiais produzidos nas usinas de reciclagem de RCC, por exemplo, deve ser incentivada, principalmente, pelas administrações municipal, estadual e federal, que representam a maior parte dos consumidores deste tipo de material para obras de habitação pública, infraestrutura e manutenção de vias urbanas (NUNES *et al.*, 2009).

As políticas de incentivo podem ser aplicadas diretamente nas obras públicas, ou indiretamente por meio de cláusulas contratuais nas obras realizadas por terceiros. No entanto, a maior dificuldade para cativar os consumidores na utilização de material reciclado no Brasil é a oferta de matéria-prima que mantenha acessível o preço do material de construção quando comparado a outros países. Portanto, para atrair e manter clientes, os preços dos materiais reciclados devem ser mais baixos que dos materiais virgens e convencionais.

Para Nunes *et al.* (2009), o sistema de logística reversa na construção civil será satisfatório quando existir integração entre todos os *stakeholders* da cadeia produtiva, considerando ainda:

- A situação atual dos RCC na região, observando se há ações para redução e reciclagem de RCC, como também organizações que realizem a reciclagem dos resíduos;
- Nível de tecnologia utilizada nos centros de reciclagem e nos processos produtivos;
- Operações de transporte dos resíduos, número de organizações envolvidas, veículos utilizados;
- Componentes da cadeia produtiva atual, quais podem ser incorporados na rede reversa, mercados potenciais para retorno dos produtos, possíveis parcerias entre gestores públicos e empresas privadas.

Segundo Nunes *et al.* (2007), para que a operacionalização do sistema de logística reversa no setor da construção civil seja viável no Brasil são necessários mais centros de reciclagem de RCC distribuídos por todo país. A partir da análise das unidades de reciclagem em operação e das características da gestão dos RCC no Brasil, os autores elaboraram um modelo conceitual para realização de estudos de viabilidade de futuros centros de reciclagem de RCC.

O modelo foi aplicado para verificar a viabilidade da construção de centros de reciclagem privados, porém os resultados apontam que, financeiramente, o investimento não compensa, considerando apenas as receitas provenientes da venda dos produtos transformados. No entanto, sob as mesmas condições de mercado, os centros de reciclagem poderiam ser viáveis economicamente para o poder público, dependendo das condições de cada município. A viabilidade, no entanto, depende da continuidade e do volume de produção de RCC (NUNES *et al.*, 2007).

Os autores concluíram que a análise das aplicações e discussões sobre as experiências dos centros de reciclagem de RCC já existentes no Brasil podem apoiar fortemente a elaboração do modelo conceitual de viabilidade de novos centros de reciclagem. Desta forma, as autoridades e iniciativas público-privadas também recebem apoio na tomada de decisão para investimento em novos projetos (NUNES *et al.*, 2007).

Segundo Beiriz (2010), as empresas dispostas a estabelecer sistemas de logística reversa devem investir na capacitação dos trabalhadores, para que estes sejam capazes de absorver processos mais complexos e sistêmicos, como os que são necessários para maior eficiência dos sistemas logísticos reversos. No entanto, na análise realizada pelo autor a possibilidade de retorno dos RCC por meio do canal de distribuição direta, ou seja, a entrega do resíduo do gerador ou instalador para o distribuidor e deste para o fabricante é uma alternativa descartada. Os distribuidores não possuem, em geral, infraestrutura física suficiente para receber e armazenar resíduos. Além disso, salvo algumas exceções, estes agentes possuem baixa capacitação gerencial e não estão dispostos a assumir as atividades de coleta e armazenamento dos RCC, a menos que seja sobre forte imposição dos fabricantes e com muitas restrições.

As experiências em diversos países e outras cadeias produtivas da economia revelam que as melhores soluções na logística reversa são encontradas quando governo, sociedade e empresas trabalham em conjunto na conscientização dos diversos segmentos, e que a

regulamentação governamental revela-se útil principalmente na definição de padrões e normas (LEITE, 2009).

2.2.2 Logística reversa no setor de eletroeletrônicos (EEE), pilhas e baterias

Segundo dados divulgados pela ONU em 2014, a indústria eletrônica é uma das maiores e que mais crescem no mundo, e são responsáveis anualmente pela geração de, aproximadamente, 41 milhões de toneladas de lixo eletrônico de bens como computadores e celulares *smartphones*. De acordo com o Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente (PNUMA) entre 60 e 90% destes resíduos são comercializados ilegalmente ou jogados no lixo. Este problema é ainda pior em países em desenvolvimento, onde muitas vezes não há recursos suficientes para descarte apropriado, causando danos ao meio ambiente e à saúde. Estima-se que o custo do lixo eletrônico não registrado e informalmente manuseado, incluindo o que é comercializado ilegalmente e despejado, encontra-se entre 12,5 a 18,8 bilhões de dólares por ano (RUCEVSKA *et al.*, 2015).

No continente latino-americano, o Brasil perde a liderança na quantidade de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) apenas para os Estados Unidos, produzindo em 2014 a quantia de 1,4 milhão de toneladas (RUCEVSKA *et al.*, 2015).

No Brasil, o crescimento do mercado interno nos últimos anos fez aquecer as vendas de produtos eletroeletrônicos cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos. Estes produtos podem ser classificados em quatro categorias:

- a) Linha Branca: refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar.
- b) Linha Marrom: monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras.
- c) Linha Azul: batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras.
- d) Linha Verde: computadores *desktop* e *laptops*, acessórios de informática, *tablets* e telefones celulares.

Os REEE são compostos por materiais diversos como plásticos, vidros, componentes eletrônicos e metais pesados. Estes materiais frequentemente estão dispostos em camadas e subcomponentes afixados por solda ou cola. Alguns equipamentos ainda recebem jatos de substâncias químicas específicas para finalidades diversas como proteção contra corrosão ou retardamento de chamas. A concentração de cada material pode ser microscópica ou de grande escala e exigir procedimentos diferenciados de separação, o que pode elevar os custos de processamento e reciclagem dos componentes (ABDI, 2013).

A Linha verde tem se destacado de forma pontual nas ações e recebimento de produtos junto ao público e na logística reversa, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país. Alguns fabricantes já utilizam postos de serviço, assistência técnica e até a rede de comércio como pontos de recebimento. No entanto, apesar dos avanços do setor de eletroeletrônicos, em razão da sofisticação e do elevado custo dos processos de coleta e restituição dos resíduos sólidos aos geradores, na prática, a logística reversa enfrenta dificuldades para se tornar um instrumento de desenvolvimento econômico e social (JARDIM *et al.*, 2012; RAHMAN, SUBRAMANIAN, 2012).

Sem um sistema estruturado para o gerenciamento dos REEE, grande parte dos materiais vai parar no mercado informal, onde são operados por agentes alheios à questão ambiental e à segurança do trabalhador. Muitas vezes, os trabalhadores que processam os REEE não recebem um treinamento adequado, nem equipamentos de segurança. Os locais quase sempre operam sem o devido licenciamento, ignorando as medidas necessárias para reduzir riscos de contaminação ambiental. Frequentemente, o material inservível é lançado junto ao lixo comum, ou incinerado sem nenhum controle de emissões atmosféricas. Há situações ainda, em que o material triturado é exportado de maneira ilegal para outros países (ABDI, 2013).

Na china, por exemplo, a falta de monitoramento contribui para a informalidade na recuperação dos materiais, dificultando que os produtos, ao fim da vida útil, alcancem centros de reciclagem oficiais. Por esta razão, a ampliação da fiscalização sobre o comércio e as importações de produtos que não estejam de acordo com a legislação ambiental é um modo de melhorar a competitividade das empresas locais e incentivar os fabricantes a embarcar nas práticas de logística reversa (JINDAL; SANGWAN, 2011; ABDI, 2013).

Para minimizar os impactos negativos ao meio ambiente devido ao descarte inadequado, na Resolução CONAMA n° 401, de 4 de novembro de 2008, foram estabelecidos

limites máximos de Chumbo, Cádmiio e Mercúrio das pilhas e baterias comercializadas em território nacional e critérios e padrões para gerenciamento ambientalmente adequado (CONAMA, 2008).

Com o objetivo de apoiar o setor e contribuir para o cumprimento da legislação, a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) deu início em 2010 ao programa de recebimento de pilhas usadas pelas empresas participantes do seu grupo de pilhas portáteis. Este programa, que está em fase de consolidação e expansão, inclui dois estágios importantes: o recebimento das pilhas usadas devolvidas pelo consumidor ao comércio e seu encaminhamento, por meio de transportadora certificada, a uma empresa, devidamente licenciada que faz reciclagem desses resíduos (JARDIM *et al.*, 2012).

Segundo Jardim *et al.* (2012), o custo do transporte e destinação das pilhas recebidas é rateado entre as empresas fabricantes e importadoras participantes do programa. Entretanto, é imprescindível destacar que o sucesso desta operação é diretamente proporcional à adesão e conscientização do consumidor, tendo em vista o conceito de responsabilidade compartilhada entre todos os envolvidos na cadeia produtiva.

No programa da ABINEE há uma empresa que atua como gestora da parte logística em todos os estados do Brasil e é responsável pela coleta, triagem das pilhas por marcas, armazenagem temporária e destinação final junto à recicladora, localizada na cidade de Suzano, em São Paulo. Atualmente, o programa conta com a participação de 16 empresas, mas no Cadastro Técnico Federal (CTF) é possível identificar mais de 100 empresas importadoras. Uma das metas do programa é aumentar o número de participantes e tornar isonômica a exigência e fiscalização da regulamentação, exigindo a logística reversa de todas as empresas que queiram comercializar pilhas e baterias no Brasil (JARDIM *et al.*, 2012; MENDES *et al.*, 2015).

Segundo Mendes *et al.* (2015) um dos principais entraves identificados para a expansão do programa é inação do governo frente à importação ilegal de pilhas e baterias no país, além da falta de fiscalização mais efetiva dos demais importadores que atuam de forma legal mas não cumprem as exigências da Resolução CONAMA nº 401/2008. Como consequência, as empresas que atuam legalmente no país acabam duplamente penalizadas, ao concorrer com outros fabricantes de forma desleal e também ao arcar com custos da logística reversa das pilhas e baterias de importadores que não cumprem a legislação.

Na Europa, segundo dados divulgados pela *European Commission*, o desperdício de equipamentos elétricos e eletrônicos, tais como computadores, televisores, geladeiras e telefones celulares chegou a 9 milhões de toneladas de REEE em 2005 e até 2020 esta quantidade pode chegar a 12 milhões de toneladas. Para resolver estes problemas, foram adotadas duas disposições legislativas: a diretiva *2012/19/EU on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)* e a directiva *RoHS 2002/95/EC* que trata da restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos (EUROPEAN COMMISSION, 2016).

Recentemente a ONU lançou o programa “*Solving the E-Waste Problem*” (STEP) para viabilizar a reciclagem do lixo eletrônico, com a criação de padrões mundiais de processos de reciclagem de sucata eletrônica e harmonização das legislações nacionais. A STEP tem por objetivo analisar a legislação nacional e acompanhar o quadro político internacional, com o objetivo de controlar de forma mais eficaz o comércio, retorno dos produtos eletrônicos usados e a reciclagem. O programa identifica modelos de negócios existentes e desenvolve novos negócios para apoiar o uso sustentável das tecnologias da informação e comunicação, propondo alternativas às práticas existentes que são mais adequadas para a situação no mundo industrializado (BERGAMO, STEFANELLO, 2014).

No estudo realizado por Kilic *et al.* (2015) na Turquia, um modelo de logística reversa é proposto para os REEE, onde diversos cenários são analisados, baseando-se nos locais de disposição, pontos de armazenamento e instalações de reciclagem, de modo a minimizar o custo total do sistema. Dados de 2010 apontam que a geração anual de REEE na Turquia foi de 539 mil toneladas (7,5 quilos por habitante por ano) e que a estimativa para o ano de 2020 é que sejam gerados 894 mil toneladas de REEE, uma taxa média de crescimento de 5% ao ano. No entanto, como o país não possui um sistema eficiente de coleta seletiva e instalações de tratamento adequadas, e no processo de reciclagem dos REEE ainda predomina o setor informal, é prevista dificuldade na implantação de sistemas de gerenciamento de REE na Turquia.

Assim como em outros países da Europa, na Romênia o progresso tecnológico e a rápida expansão da produção e consumo de eletroeletrônicos vem contribuindo para a diversidade e complexidade dos resíduos gerados. Como resultado, o gerenciamento dos REEE tornou-se uma questão importante tanto para o governo como para as indústrias de reciclagem. Enquanto as autoridades estão preocupadas com possíveis impactos ambientais, a

indústria está interessada na recuperação dos vários materiais contidos nestes resíduos. Apesar da quantidade de REEE gerada na Romênia, cerca de 2 quilos por habitante por ano, ser inferior à média de 4 quilos estipulada pela diretiva europeia, um dos desafios do país é recolher os REEE e destiná-los corretamente para reciclagem, pois 95% dos RSU gerados na Romênia vão para aterros e apenas 4,5% para reciclagem (CIOCOIU *et al.*, 2015).

Segundo Watkins *et al.* (2012), o alto índice de resíduos destinados em aterro se deve ao baixo valor pago para destinação (10 a 15 Euros/t) quando comparada aos outros países (100 Euros/t), o que explica as baixas taxas de recolhimento e reciclagem dos resíduos e a necessidade de reformulação da diretiva Europeia, a fim de melhorar a legislação para os REEE. Por outro lado, Ciocoiu *et al.* (2015) acreditam que houve avanços na questão ambiental depois das mudanças na diretiva da UE em 2012, como o lançamento, em 2014, de novas estratégias na gestão dos resíduos, conhecidas como *National Waste Management Strategy* (NWMS), que tem validade até 2020. No campo dos REEE os seguintes objetivos estratégicos foram definidos:

- Incentivar a concepção e produção de eletroeletrônicos, que facilitam a sua reparação, aperfeiçoamento, reutilização, desmontagem e reciclagem;
- Incentivar a pesquisa para a substituição de materiais perigosos por materiais de baixo impacto sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente;
- Encorajar os consumidores a devolver os REEE;
- Criar instalações necessárias para o desmantelamento, reciclagem, tratamento e eliminação dos REEE;
- Atingir a taxa de recolha estipulada.

Segundo estudo de Ciocoiu e Burcea (2010), um dos canais reversos de REEE na Romênia é o sistema *take-back*, onde os produtores de equipamentos eletrônicos, varejistas ou fornecedores oferecem um desconto na compra de novos equipamentos do mesmo tipo. Há também os centros de coleta voluntária e os “Grupos Verdes”, um grupo de empresas de reciclagem, que possuem dispositivos inteligentes para recolha de REEE nos hipermercados e contemplam os clientes com *vouchers* de desconto conforme o tipo e o peso do equipamento devolvido.

Nos estudos analisados, observa-se que a aplicação da logística reversa no gerenciamento dos REEE resguarda o meio ambiente da ação dos produtos tóxicos e da

necessidade de extração da matéria-prima além de viabilizar a recuperação do valor monetário com a reciclagem dos equipamentos inutilizados e a geração de empregos.

2.2.3 Logística reversa no setor de óleos lubrificantes

As oficinas mecânicas de veículos automotivos são exemplos de empreendimentos geradores de um volume considerável de resíduos de óleos e lubrificantes usados ou contaminados e de suas respectivas embalagens, que podem causar alterações significativas no meio ambiente, quando gerenciados de modo inadequado. Além dos óleos do setor automotivo, outras fontes de resíduos lubrificantes são embalagens contaminadas, filtros usados, roupas, estopas, serragem e equipamentos de proteção individual (EPI), que podem ter recebido contato com o material contaminante, durante a execução de atividade laboral. Os óleos e lubrificantes são compostos por diversos metais pesados, que podem vir a contaminar os lençóis freáticos e rios, ou ainda lagos e mares, impedindo a oxigenação dos seres vivos e a passagem dos raios solares. Por esta razão, qualquer que seja a fonte de poluição por óleo lubrificante, é necessário que seja cuidadosa a sua disposição para evitar a contaminação (MUNIZ, 2015).

Segundo a norma da ABNT NBR 10.004: 2004, os óleos lubrificantes usados são classificados como resíduos perigosos em razão das características de alta toxicidade e por apresentarem significativo risco à saúde pública e à qualidade ambiental (ABNT, 2004).

A Resolução CONAMA nº 362, de 23 de junho de 2005, posteriormente alterada pela Resolução CONAMA nº 450, de 6 de março de 2012, dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado (CONAMA, 2005; CONAMA, 2012b), esclarecendo que:

O uso prolongado de um óleo acabado resulta na sua deterioração parcial, que se reflete na formação de compostos tais como ácidos orgânicos, compostos aromáticos poli nucleares potencialmente carcinogênicos, resinas e lacas (CONAMA, 2005, p. 128).

Deste modo, a Resolução CONAMA nº 362/05 tem por objetivo orientar e garantir que todo óleo lubrificante, usado ou contaminado, seja recolhido, coletado e receba a

destinação correta, de modo a impactar minimamente o meio ambiente, possibilitando a máxima recuperação dos constituintes e de suas embalagens. Para isto, o Art. 3º define que todo o óleo lubrificante usado ou contaminado coletado deverá ser destinado à reciclagem por meio do processo de rerrefino. O rerrefino consiste na remoção de contaminantes, produtos de degradação e aditivos dos óleos lubrificantes usados ou contaminados, com as mesmas características de óleos básicos, que atende especificações técnicas da Agência Nacional do Petróleo (ANP), conforme legislação específica (CONAMA, 2005; SINDIRREFINO, 2016).

A entrada em vigor da Resolução CONAMA nº 362/05 além de melhorar o gerenciamento dos óleos e lubrificantes usados inovou ao criar um sistema de logística reversa para suas embalagens. O Acordo Setorial para implantação do Sistema de Logística Reversa de Embalagens Plásticas Usadas de Óleo Lubrificante foi assinado no dia 19 de dezembro de 2012, e tem como objetivo garantir a destinação final ambientalmente adequada das embalagens plásticas usadas de óleos lubrificantes de um litro ou menos. Trata-se do primeiro sistema de logística reversa instituído nos termos da PNRS e o responsável pela gestão do sistema é o programa “Jogue Limpo” (JARDIM *et al.*, 2012).

Com o apoio de informações fornecidas pelo programa “Jogue Limpo”, a ABRELPE (2015) apresentou no Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil de 2015, a evolução das atividades de logística reversa do setor de óleos e lubrificantes desde 2010, conforme apresentado na Figura 7.

Evolução da Logística Reversa no Setor de Embalagens de Óleos Lubrificantes

(Milhões de Unidades)

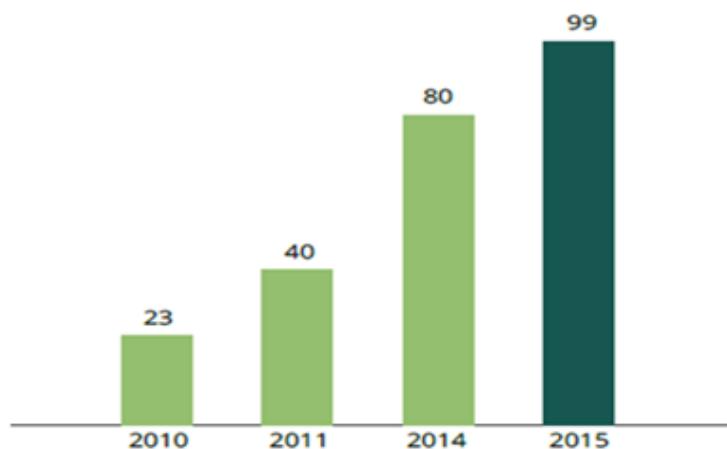


Figura 7: Evolução da logística reversa no setor de embalagens de óleos lubrificantes
Fonte: Adaptado ABRELPE (2015)

Apesar da falta de dados referente ao ano de 2012 e 2013, que não foram disponibilizados pelo programa, ao analisar a Figura 7 é possível verificar que ao longo dos anos, as iniciativas de apoio à logística reversa no setor vêm contribuindo para o aumento de embalagens coletadas.

No sistema de gerenciamento de óleos e lubrificantes usados, cabe ao produtor, importador e ao revendedor do óleo acabado bem como o gerador de óleo lubrificante usado, a responsabilidade pelo recolhimento/recebimento e destinação final correta. Na Figura 8, é possível verificar o sistema de logística reversa para o setor de óleos e lubrificantes, conforme orientação do Sindicato Nacional da Indústria do Rerrefino de Óleos Minerais (SINDIRREFINO).

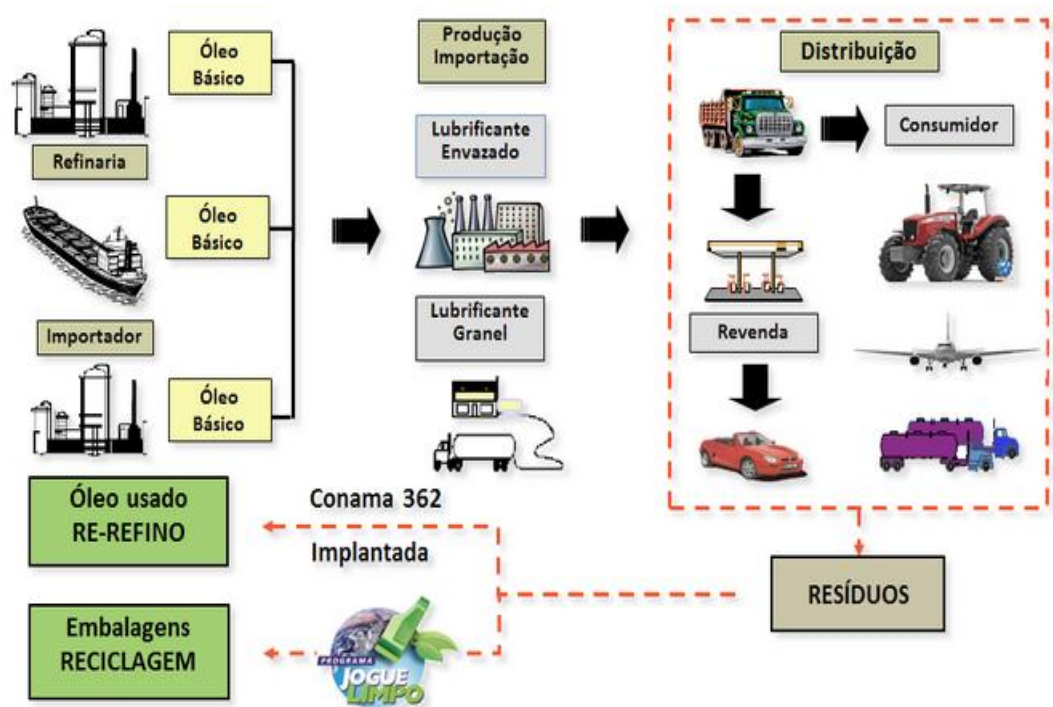


Figura 8: Sistema de logística reversa para óleos, lubrificantes e suas embalagens
 Fonte: SINDIRREFINO, 2016.

Conforme o estudo de Muniz (2015), os principais atores no ciclo de gerenciamento de óleos e lubrificantes usados ou contaminados são:

- a) Produtores e Importadores: pessoas jurídicas que introduzem o óleo lubrificante acabado no mercado e possuem a obrigação legal de custear sua coleta e de

informar aos consumidores (geradores) as obrigações que estes têm e os riscos ambientais decorrentes do eventual descarte ilegal do resíduo.

- b) Revendedores: pessoas jurídicas que comercializam óleo lubrificante acabado no atacado e no varejo que, dentre outras obrigações, devem receber dos geradores o óleo lubrificante usado.
- c) Geradores: pessoas físicas ou jurídicas que, em função do uso de lubrificantes, geram o óleo lubrificante usado e que têm obrigação de entregar este resíduo perigoso ao ponto de recolhimento.
- d) Coletores: pessoas jurídicas devidamente licenciadas pelo órgão ambiental competente e autorizadas pela ANP para realizar a atividade de coleta.
- e) Rerrefinadores: pessoas jurídicas devidamente autorizadas pela ANP e licenciada por órgão ambiental competente para a atividade de rerrefino, que têm por obrigação remover os contaminantes do resíduo perigoso e produzir óleo lubrificante básico.

No estudo de caso realizado por Martins *et al.* (2015a) na cidade do Rio de Janeiro, foram visitados 56 postos de combustíveis que comercializam lubrificantes automotivos, a fim de verificar se as práticas de logística reversa adotadas são satisfatórias no gerenciamento dos resíduos de óleos e lubrificantes. Somado à inadequação da estrutura de todos os modelos de coletores de óleo, a pesquisa revelou que, aproximadamente 96% dos postos armazenam os frascos de lubrificantes pós-venda. Já 93% participam de programa de coleta de embalagens para envio à reciclagem, porém apenas 48% possuem documento comprobatório de destinação ao programa de logística reversa. Além disso, nos locais analisados foram encontradas evidências de escoamento de óleo diretamente no solo e em galerias pluviais não interligadas com redes de coleta além do armazenamento e posterior transporte dos frascos em aberto, juntamente com outros materiais, o que facilita o risco de contaminação ambiental por óleo ao longo do percurso (MARTINS *et al.*, 2015a).

Assim como em outros setores, a localização das fontes e destinos dos produtos pós-consumo de óleos lubrificantes e embalagens estão dispersos por todo o país, o que dificulta a logística a longas distâncias e o cumprimento da legislação ambiental, cuja meta principal é a reciclagem por meio do rerrefino (CANCHUMANI, 2013).

Segundo Pinho e Felizardo (2014), apesar da tentativa dos prestadores de serviço de troca de óleo de cumprir com a legislação e adotar práticas de logística reversa com os

resíduos de óleo lubrificante, existem alguns pontos que precisam ser trabalhados a fim de melhorar a adequação à legislação vigente. O estudo sugere a adoção das seguintes medidas:

- Elaboração de manual de procedimentos;
- Divulgação de informações para os envolvidos;
- Tratamento adequado das embalagens lubrificantes;
- Dispor de canaletas em caso de vazamento de óleo;
- Destinação adequada para outros resíduos gerados na troca de óleo;
- Utilizar EPI's na atividade;
- Melhorias no processo de troca de óleo lubrificante;
- Implementar uma cultura organizacional orientada para a gestão de resíduos, com divulgação da PNRS, classificação dos resíduos, entre outros;
- Ter participação efetiva em relação à responsabilidade compartilhada;
- Investir em instalações específicas para lavagem de uniformes e roupa contaminada, e dispor de chuveiro para uso em caso de acidentes.

Entre os estudos analisados é possível observar que um dos maiores desafios da logística reversa no setor de óleos e lubrificantes é a reciclagem de embalagens pós-consumo, visto que boa parte é descartada contaminada com resíduos de óleo. Segundo Martins *et al.* (2015b), para reciclar embalagens de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) contaminadas, por exemplo, a maioria das empresas realiza a lavagem e secagem prévia no processo. Isto faz com que o consumo de água e energia seja maior, gerando efluentes significativos que necessitam posteriormente de tratamento.

Com esta premissa, os autores resolveram avaliar a influência do óleo lubrificante sobre as propriedades mecânicas do PEAD, a fim de verificar a viabilidade de reciclagem direta, sem a necessidade de lavar a embalagem. As amostras foram processadas em frascos de PEAD com sete teores de óleo, variando de 1,6 a 29,4% em peso. Os resultados indicam a possibilidade de reprocessar o polímero com resíduo, em quantidade não superior a 3,2%. Acima disto, o óleo lubrificante afeta o processamento da matriz de plástico na máquina de extrusão e injeção e o material reciclado apresenta um odor de óleo queimado além de óleo livre na superfície. Também foi observado que pequenas quantidades de óleo residual retêm as propriedades plásticas, quando comparadas com o polímero reciclado lavado, e apresentam benefícios associados com a ação plastificante do óleo. No entanto, a presença de

mais do que 7,7% de óleo lubrificante altera as propriedades do PEAD reciclado, reduzindo de forma significativa o módulo de elasticidade e o grau de cristalinidade da matriz do plástico (MARTINS *et al.*, 2015b).

A viabilidade da reciclagem de embalagens contaminadas com óleo lubrificante depende essencialmente das ações tomadas na fonte da geração de resíduos. Portanto, para viabilizar o processo de reciclagem das embalagens, sem a etapa de lavagem, a primeira medida a ser tomada é a reestruturação do sistema de logística reversa e a implantação de equipamentos de drenagem gravitacional mais apropriados para descontaminação das embalagens lubrificantes além da fragmentação no ponto gerador para facilitar o armazenamento e transporte do material (MARTINS *et al.*, 2015a; MARTINS *et al.*, 2015b, PINHO, FELIZARDO, 2014).

2.2.4 Logística reversa no setor de lâmpadas

No Brasil, estima-se que a geração anual de resíduos de lâmpadas fluorescentes seja de 206 milhões de unidades e que o consumo aumente significativamente, principalmente, devido à política de banimento das lâmpadas incandescentes. Com isto, surge também uma preocupação ambiental relacionada à destinação pós-consumo desses produtos (BACILA *et al.*, 2014).

Segundo Bastos (2011), a regulamentação da Lei de Eficiência Energética, Portaria Interministerial nº 1.007, induz ao banimento gradativo das lâmpadas incandescentes e a substituição pelas fluorescentes compactas, as quais são mais eficientes do ponto de vista energético. Entretanto, as lâmpadas fluorescentes são compostas por uma variedade de metais pesados e perigosos, que se manipulados ou descartados de maneira incorreta podem contaminar o ar, do solo e da água (SHAO *et al.*, 2012; YANG, *et al.*, 2012).

Um dos principais componentes químicos das lâmpadas fluorescentes é o mercúrio e está relacionado à longa vida útil e à eficiência energética da lâmpada. A quantidade deste metal pesado é medida geralmente em miligramas e tem variação por tipo de lâmpada e fabricante (POLANCO, 2007; VARGAS *et al.*, 2014). No entanto, segundo Pawlowski (2011), o mercúrio representa uma ameaça para o meio ambiente global, pois é um poluente

tóxico, persistente e bioacumulativo, que se dispersa continuamente na superfície terrestre. Por ser persistente, não pode ser eliminado e permanece no meio ambiente.

Para Bacila *et al.* (2014) a quantidade de lâmpadas fluorescentes geradas pela substituição após aprovação da legislação de eficiência energética demanda um sistema de logística reversa bem como uma política para promover a orientação da população quanto aos riscos gerados pela exposição ao mercúrio. O estudo abordou o cenário atual em relação ao gerenciamento dos resíduos e à logística reversa, apresentando os possíveis destinos dos materiais obtidos pela reciclagem de lâmpadas fluorescentes usadas, tanto no Brasil como na Alemanha.

A pesquisa mostra que apesar das lâmpadas fluorescentes serem amplamente consumidas no Brasil, o descarte correto delas não é amplamente divulgado e os índices de reciclagem são baixos. Para que esta reciclagem aconteça em grande escala e para o cumprimento da PNRS, deve-se utilizar do sistema de logística reversa, visando recapturar o valor dos materiais e oferecer um destino ecologicamente correto. Hoje, as alternativas para destinação de lâmpadas e seu tratamento no Brasil são: tratamento por sopro, moagem simples, moagem com tratamento químico ou térmico e solidificação/encapsulamento. Segundo Bacila *et al.* (2014), as maiores barreiras na aplicação de sistemas de logística reversa para o setor de lâmpadas fluorescentes estão relacionados aos custos operacionais. Os custos de transporte podem ser reduzidos por meio da consolidação da carga, por exemplo. Há também possibilidade de remunerar alguns itens pós-consumo, estruturando os canais de distribuição reversos. No entanto, outros canais somente são desbloqueados com o apoio do governo, com regulamentações, educação ambiental, incentivos fiscais, acordos com indústrias importadoras etc. Se faz necessário que os resíduos das lâmpadas gerados como produto da logística reversa custem menos que o material novo, para que sua reutilização como matéria-prima seja interessante para a indústria.

Quem é o responsável pela elaboração e condução das próximas etapas do acordo setorial de lâmpadas é a Associação Brasileira de Importadores de Produtos de Iluminação (ABILUMI). O acordo que integra lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista foi assinado dia 27 de novembro de 2014 e publicado no Diário Oficial da União no dia 12 de março de 2015. Uma das propostas é que sejam estabelecidos pontos de coleta de lâmpadas por todo o país, para que o consumidor final possa realizar o descarte final de maneira adequada. Mas antes disto está em fase de estruturação a criação da entidade gestora

que irá administrar a logística reversa, assim como já existe para o setor de pneumáticos e de óleos lubrificantes (FISCHER, 2015).

2.2.5 Logística reversa no setor de pneus

De acordo com a Associação de Fabricantes Europeia de Pneus e Borracha, *European Tyre Rubber Manufactures Association* (ETRMA), desde 1999 mais de 24 milhões de toneladas de pneus que alcançaram o fim da sua vida útil, foram recuperados para geração de energia e fabricação de materiais. Em 2010, apenas 4% dos pneus utilizados acabaram em aterros, sendo que os 96% recuperados receberam os seguintes tratamentos: 38% para geração de energia; 40% para fabricação de outros materiais; 8% foram reconstruídos, e 10% reutilizados ou enviados para exportação (ETRMA, 2015).

No entanto, segundo Torretta *et al.* (2015), a recente crise econômica tem atingido severamente o mercado de materiais reciclados e de pneus usados. Os países da UE, que em 2014, produziram aproximadamente 4,8 milhões de toneladas de pneus, cerca de 20% da produção mundial, vêm testemunhando um declínio gradual na demanda interna por subprodutos da borracha (ETRMA, 2015). Os cortes na despesa pública e a falta de incentivos para recolhimento dos pneus elevaram os custos dos empresários que mantinham negócios relacionados à reciclagem de pneumáticos. Consequentemente, muitas empresas que utilizavam a borracha reciclada como matéria-prima no processo produtivo acabaram fechando, comprometendo o fluxo reverso dos pneus na cadeia produtiva.

No Brasil, o entendimento da aplicação da logística reversa no gerenciamento de pneus inservíveis teve início com a Resolução CONAMA n° 258, de 2 de dezembro de 1999, em que foi instituída a responsabilidade do produtor e do importador de pneumáticos pelo ciclo total do produto, desde a coleta até destinação após uso. Posteriormente, esta Resolução foi revogada pela CONAMA n° 416, de 30 de setembro de 2009, e passa a dispor sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada (CONAMA, 1999; CONAMA, 2009).

Especificamente no Art. 3° da Resolução CONAMA n° 416/09 é destacado que, para cada pneu novo comercializado para o mercado de reposição, as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um pneu inservível. Os procedimentos e

métodos para verificação do cumprimento desta Resolução são estabelecidos pela Instrução Normativa nº 1 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), de 18 de março de 2010 (CONAMA, 2009; IBAMA, 2010).

Com o objetivo de auxiliar no cumprimento da legislação foi criado em 1999 o Programa Nacional de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis em todo o território nacional. Porém, foi em 2007 que o setor de pneumáticos se consolidou com a criação da Reciclanip, entidade sem fins lucrativos, voltada exclusivamente para a coleta e a destinação de pneus inservíveis. A entidade funciona em sede própria, na cidade de São Paulo, e todas as suas atividades são suportadas pelas empresas que produzem pneus no Brasil. Atualmente, a Reciclanip é umas das mais bem-sucedidas iniciativas de pós-consumo na indústria brasileira, pois representa um programa consolidado de coleta e destinação de resíduos sólidos com resultados e logística eficientes (JARDIM *et al.*, 2012; FREITAS, NÓBREGA, 2014).

Segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), em 2015 foram produzidos 68,6 milhões de pneus, nas 20 indústrias espalhadas pelo país. Sabe-se que os pneus após o uso, quando não tratados de forma adequada tem potencial de provocar danos de ordem ambiental, social e de saúde pública. O pneu é considerado inservível quando não existe mais possibilidade de uso ou reforma para reutilização, e acaba sendo destinado a outras aplicações como combustível no processo de coprocessamento, matéria-prima do asfalto, piso etc (ANIP, 2015; SOUSA e RODRIGUES, 2015).

A evolução dos pontos de coleta de pneus inservíveis (Figura 8) mostra que em 2014 a Reciclanip alcançou 834 pontos de coleta distribuídos pelo país (JARDIM *et al.*, 2012; ANIP, 2015).

**Evolução dos Pontos de Coleta de Pneus Inservíveis no Brasil
(em unidades)**

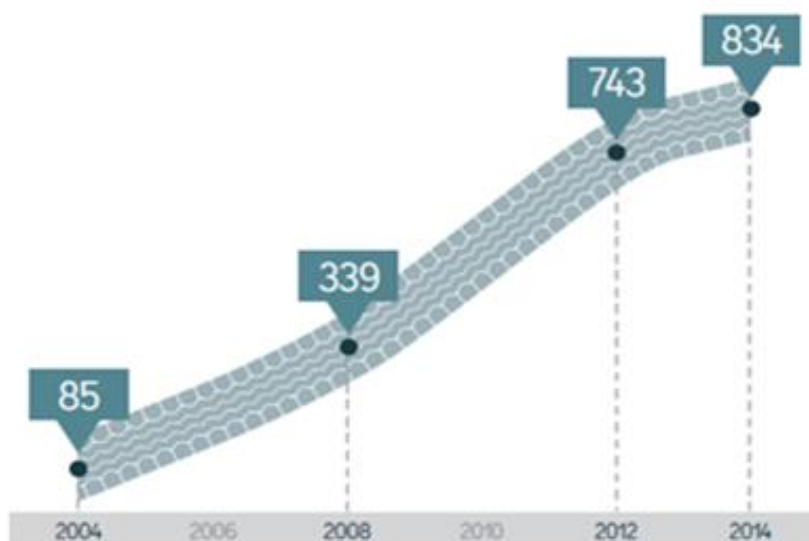


Figura 9: Evolução dos pontos de coleta de pneus inservíveis no Brasil
Fonte: ANIP (2015)

Em outros países, as empresas são pagas pelos consumidores finais no ato da compra do pneu novo em taxa destacada na nota fiscal para cobrir as despesas operacionais e garantir a destinação de pneus inservíveis. Aqui no Brasil, os fabricantes de pneus novos, representados pela ANIP, arcam com todos os custos de coleta e destinação dos pneus inservíveis, como transporte, trituração e destinação (SOUSA e RODRIGUES, 2015).

Desde o início do Programa em 1999 até 2014, a entidade contabilizou para destinação ambientalmente adequada mais de 3 milhões de toneladas de pneus inservíveis, o equivalente a 600 milhões de pneus de automóveis. Em 2014, a Reciclanip foi responsável pela coleta e destinação de 445 mil toneladas de pneus inservíveis (Figura 10), o que corresponde a 89 milhões de pneus de passeio. Para chegar a estes resultados, as indústrias de pneus investiram US\$ 270 milhões desde o início do Programa até 2014 (ANIP, 2015).

**Evolução do volume de pneus inservíveis coletados e destinados pela Reciclanip
(em mil toneladas)**

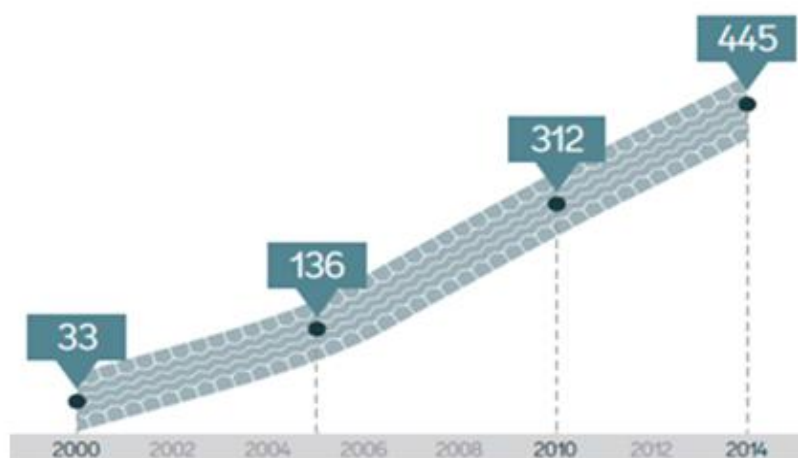


Figura 10: Evolução do volume de pneus inservíveis coletados e destinados pela Reciclanip
Fonte: ANIP, 2015

Atualmente, a forma mais comum de destinação dos pneus inservíveis é como combustível alternativo para a indústria de cimento onde a queima é controlada e realizada de acordo com as legislações ambientais, processo conhecido como coprocessamento. Segundo dados da ANIP, em 2014, 69,7% do total de pneus inservíveis gerados foram destinados para coprocessamento. Em segundo lugar no *ranking* está a fabricação de granulado e pó de borracha para utilização em artefatos de borracha, ou asfalto borracha, respondendo por 17,8% da destinação. Na sequência com 6% está a laminação, que utiliza o pneu inservível como matéria-prima para fabricar solado de sapato, dutos fluviais etc. O aço corresponde a 6,5% e é também reaproveitado (ANIP, 2015).

Diariamente, circulam pelo Brasil cerca de 60 caminhões transportando pneus inservíveis dos pontos de coleta para seus destinos finais de reutilização. O papel da Reciclanip é operacionalizar a logística reversa no setor de pneumáticos (Figura 11), ou seja, planejar e operar todo processo de controle de fluxo de retorno dos bens produzidos a um novo ciclo de negócios e produção (JARDIM *et al.*, 2012; ANIP, 2015).

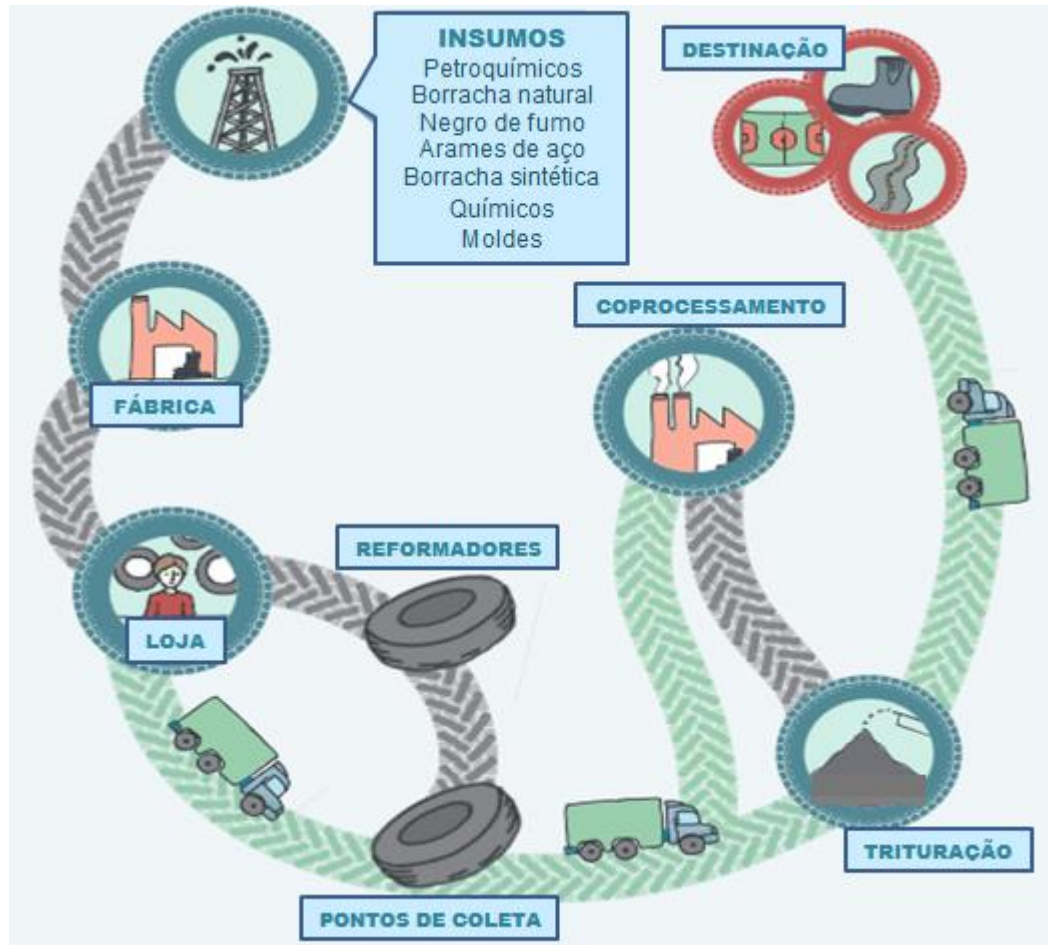


Figura 11: Sistema de logística reversa de pneus
Fonte: ANIP, 2015

Verifica-se que a cadeia da logística reversa de pneus inservíveis começa no ponto de coleta, passando pelas empresas de transporte, trituração, laminadores, cimenteiras. Nesse caminho, a Reciclanip conta com a colaboração de parceiros para os postos de coleta, na maioria dos casos com prefeituras, que cedem terrenos dentro de normas específicas para armazenamento do produto, conforme laudo de vistoria do órgão competente. Este local é usado para recolher e armazenar pneus vindos de origens diversas, como borracharias, revendedoras e dos próprios cidadãos (JARDIM *et al.*, 2012).

Apesar do sucesso do sistema de logística reversa no setor de pneumáticos, hoje operacionalizado pela Reciclanip, espera-se que em longo prazo os pneus inservíveis se tornem um resíduo de valor positivo, pois o que acontece hoje é o oposto, a Reciclanip paga para que as cimenteiras utilizem tal resíduo. Com a diversificação das destinações possíveis, esta situação deve mudar com a alteração na equação de oferta e demanda. Portanto,

transformar o pneu em resíduo de valor positivo é fundamental para gerar retorno para toda a cadeia de coleta e destinação, tornando a atividade sustentável financeiramente (JARDIM *et al.*, 2012; SOUSA, RODRIGUES, 2015).

2.2.6 Logística reversa no setor de agrotóxicos

Os agrotóxicos são produtos químicos, sintéticos ou naturais usados para controlar o desenvolvimento de micro-organismos, pragas e pestes no cultivo de alimentos, mas que trazem riscos à população e ao meio ambiente, quando suas embalagens são reutilizadas para uso doméstico ou eliminadas de maneira inadequada (CASTAÑEDA *et al.*, 2013).

No Brasil, a partir de 1989, com a publicação da Lei Federal nº 7.902, foi iniciada a discussão sobre o gerenciamento de resíduos gerados pelo setor de agrotóxicos. A legislação dispunha que as embalagens de agrotóxicos deveriam ser projetadas para facilitar sua reutilização e reciclagem e que os comerciantes deveriam receber as embalagens usadas e encaminhar para os fabricantes, que se responsabilizam pela destinação apropriada. Em 2000, é que a destinação correta de embalagens vazias de agrotóxicos se tornou obrigatória, quando entrou em vigor a Lei nº 9.974, regulamentada pelo Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002, que determina a responsabilidade compartilhada entre agricultores, indústrias, distribuidores, revendedores, cooperativas e poder público quanto ao destino pós-consumo dessas embalagens (BRASIL, 2000; BRASIL, 2002). Logo após a instauração da legislação, foi fundado no ano de 2001, o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV), entidade sem fins lucrativos, que representa a indústria fabricante de defensivos agrícolas na responsabilidade de destinar as embalagens vazias de seus produtos. O Instituto integra os diversos elos da cadeia, coordena as atividades para a destinação do material e promove ações de conscientização e educação (JARDIM *et al.*, 2012).

Segundo relatório da ABRELPE (2015), INPEV possui mais de 100 empresas associadas e nove entidades representativas da indústria, dos canais de distribuição e dos agricultores. O programa gerenciado pelo Instituto para realizar a logística reversa de embalagens vazias de defensivos agrícolas no Brasil é denominado Sistema Campo Limpo. O sistema abrange todas as regiões do país e tem como base o conceito de responsabilidade

compartilhada entre agricultores, indústria, canais de distribuição e poder público, conforme determinações legais, o que tem garantido seu sucesso.

Desde quando o sistema entrou em funcionamento, a maior parte das embalagens passou a ter a destinação correta, uma soma que já ultrapassou 200 mil toneladas. Atualmente, 94% das embalagens plásticas primárias, que entram em contato direto com o produto, e cerca de 80% do total de embalagens vazias de defensivos agrícolas que são comercializadas, têm destino adequado. Conforme apresentado na Figura 12, em 2015 foram destinadas de forma ambientalmente correta 45.537 toneladas de embalagens vazias de defensivos agrícolas em todo o país. Comparado a 2014, a logística do material alcançou um crescimento de quase 7% (ABRELPE, 2015).

**Evolução da logística reversa no setor de embalagens de agrotóxicos
(em toneladas)**

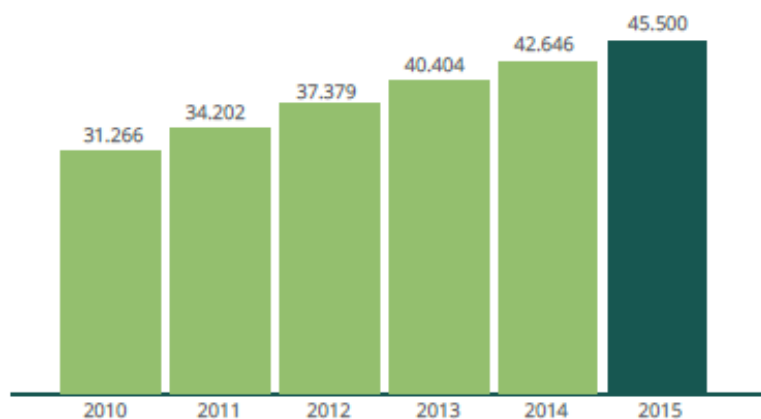


Figura 12: Evolução da logística reversa no setor de embalagens de agrotóxicos
Fonte: Adaptado ABRELPE (2015)

A destinação de embalagens vazias e de sobras de agrotóxicos e afins deverá atender às recomendações técnicas apresentadas na bula ou folheto complementar, adquirido junto à compra do produto. Após o uso, antes da devolução, cabe ao agricultor realizar a lavagem das embalagens no campo, armazenando-as temporariamente para entrega posterior na unidade de recebimento indicada. Na norma técnica ABNT NBR 13.968: 1997 estão definidas a chamada "tríplice lavagem" e a lavagem a pressão, onde os resíduos contidos nas embalagens podem ser removidos e reutilizados na lavoura. Posteriormente, as embalagens vazias e suas

respectivas tampas deverão ser devolvidas nos estabelecimentos comerciais em que foram adquiridas, no prazo de até um ano, contado da data de sua compra. A reciclagem das embalagens dos agrotóxicos dará origem a outros produtos como tubulações, sacos plásticos para descarte, embalagens para óleo lubrificante, entre outros produtos que não proporcionem riscos à saúde e segurança das pessoas (ABNT, 1997; GUINDANI, 2014).

Conforme panorama da logística reversa apresentado, é possível compreender a participação dos agentes da cadeia produtiva no retorno dos materiais para o ciclo produtivo e o papel fundamental das entidades na operacionalização da logística reversa.

Apesar das particularidades inerentes a cada setor da economia, com relação ao planejamento e operacionalização da logística reversa observa-se que há uma preocupação em comum por operacionalizar os canais reversos desde a etapa de extração da matéria-prima até a destinação final, otimizando os recursos e a participação dos *stakeholders* no processo.

Na construção civil, devido à diversidade de materiais e à complexa cadeia produtiva é possível que algumas barreiras dificultem o planejamento e principalmente a operacionalização do sistema de logística reversa na gestão dos RCC.

2.3 BARREIRAS NA APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA

Apesar da importância que o fluxo reverso representa, alguns autores revelam fatores críticos que envolvem a aplicação da logística reversa. Agrawal *et al.* (2015) fornecem uma atualização sobre a conceituação e pesquisas relacionadas às questões de logística reversa em uma revisão sistemática e estruturada da literatura, incluindo adoção e aplicação, previsão de devolução dos produtos, terceirização, redes de logística reversa a partir da perspectiva do mercado secundário e das decisões de disposição. Os autores reconhecem que apesar das diversas ferramentas disponíveis para aplicação da logística reversa, ainda existem lacunas para serem exploradas, incrementando o entendimento da logística reversa.

Segundo estes autores, as barreiras para adoção da logística reversa variam de um setor para outro, de empresa para empresa e podem mudar ao longo do tempo. Por isso, é importante explorar a logística reversa em diversos setores e identificar as barreiras e os responsáveis envolvidos em cada parte do processo, a fim de facilitar a tomada de decisão e melhorar a aplicação da logística reversa. Além disso, a avaliação do risco de implantação da

logística reversa é mencionada em alguns estudos, porém de forma superficial, o que abre margem para futuras oportunidades de pesquisas (AGRAWAL *et al.* 2015).

Abdullah e Yaakub (2015) verificaram que os níveis de investimento, aplicação de recursos e comprometimento dos fabricantes na Malásia em adotar a logística reversa variam conforme a pressão financeira e competitiva, imposição regulatória e pressão da cidadania corporativa.

Neste estudo, Abdullah e Yaakub (2015) observaram que, quando as empresas são confrontadas com a pressão regulatória do governo, há maior pressão por adotar a logística reversa nas operações. Assim, existe uma relação positiva entre a pressão regulatória e o nível de adoção de logística reversa. Portanto, com a introdução de um novo regulamento ou com a melhoria da legislação existente relacionada à gestão dos resíduos, por exemplo, é possível melhorar o nível de aplicação e adoção da logística reversa.

A pressão financeira e competitiva não demonstrou impacto significativo sobre a adoção da logística reversa. Ou seja, é possível que os fabricantes da Malásia não sintam pressão para aumentar o nível de adoção da logística reversa porque os concorrentes também não estão preocupados com isso. Por fim a pressão de cidadania corporativa, embora popular atualmente, não pressiona significativamente os fabricantes a melhorar suas atividades de logística reversa (ABDULLAH; YAAKUB, 2015).

Os resultados deste estudo mostram que, mesmo cientes dos benefícios da adoção da logística reversa, a maioria das empresas na Malásia não estão prontas nem dispostas a alocar recursos para implantação da logística reversa. A consciência sobre a importância do desenvolvimento sustentável, da proteção ambiental e da responsabilidade social ainda é baixa. Portanto, há necessidade de educar os fabricantes da Malásia sobre a importância da cidadania corporativa como forma de melhorar a gestão de relacionamento com o cliente. Por outro lado, foi observado que uma regulação mais rígida e forte pressão dos clientes e das partes interessadas podem ser propulsores na conscientização ambiental e no processo de implementação de melhores práticas e atividades de logística reversa nas empresas.

Agrawal *et al.* (2015) revelam que é difícil encontrar estudos comparativos da aplicação da logística reversa com dados demográficos de determinado local ou estudos que consideram características de consumo, de comportamento, costumes e cultura, regras e regulamentos, o que pode alterar o cenário de um local para outro, podendo afetar substancialmente a previsão de retorno dos produtos.

No estudo também é analisada a terceirização da logística reversa, que tem sido bastante comentada no mundo corporativo, onde as empresas estão cada vez mais focadas em direção às competências essenciais e preferem terceirizar outras atividades. Os autores observaram que a logística reversa é uma área potencial para terceirização a partir de perspectivas estratégicas e operacionais dos setores da economia, potencializando a relação colaborativa entre clientes e fornecedores e diversificando as oportunidades de prestação de serviços e disponibilização de materiais. No entanto, a maioria das abordagens iniciais está relacionada às atividades de coleta e transporte, e que maiores pesquisas e informações são necessárias para expandir e tornar viável a terceirização em outras etapas da logística reversa.

Segundo González-Torre *et al.* (2010), as barreiras relacionadas à implantação das práticas de logística reversa podem ser agrupadas em barreiras externas e barreiras internas. As barreiras externas estão relacionadas às características da indústria ou do setor que influenciam internamente a operacionalização da logística reversa, e as barreiras internas correspondem às barreiras intrínsecas, tipicamente organizacionais de controle e operação.

Neste estudo, inicialmente foi realizada uma análise da literatura disponível sobre o assunto e identificadas as principais barreiras que dificultam a prática da logística reversa. Posteriormente, os autores relacionaram as barreiras identificadas com a indústria de automóveis na Espanha, a fim de verificar quais são aquelas que mais influenciam o desenvolvimento da logística reversa neste setor (GONZÁLEZ-TORRE *et al.*, 2010).

Especificamente para a indústria de automóveis espanhola, as principais barreiras internas e externas elencadas por González-Torre *et al.* (2010) que dificultam a prática da logística reversa de forma ambientalmente orientada são:

- a) Barreiras Externas: relutância por parte do governo, dos consumidores e dos atores sociais na aceitação da aplicação da logística reversa; influência na qualidade dos produtos.
- b) Barreiras Internas: falta de conhecimento e conscientização das empresas e da população no que diz respeito à aplicação das práticas de logística reversa em seus processos; falta de comprometimento da alta direção; falta de informações e de tecnologias e por último o custo na alocação de recursos para implementação e adaptação dos sistemas produtivos.

Por fim, González-Torre *et al.* (2010) revelam que a logística reversa será bem sucedida quando o governo e a população trabalham juntos, incentivando o desenvolvimento

de novas tecnologias e conhecimento necessário para implantação da logística reversa nos processos produtivos na indústria de automóveis. Além disso, é preciso que as informações sobre o assunto sejam divulgadas de forma transparente e que haja incentivo à criação de políticas e legislações para auxiliar no entendimento da cadeia reversa. Assim, é possível atingir os gestores nas indústrias e evidenciar a importância e as vantagens econômicas, ambientais e sociais da aplicação da logística reversa. Os autores ainda afirmam que o apoio dos gestores é essencial, uma vez que são eles que decidem, na maioria das vezes, a adotar ou não as práticas da logística reversa, e que garantem a permanência por meio da alocação de recursos ao longo do tempo (GONZÁLEZ-TORRE *et al.*, 2010).

Bouzon *et al.* (2015) também afirmaram que a questão política, como a falta de regulamentos e legislações específicas, são fatores impeditivos significativos encontrados na aplicação da logística reversa no Brasil. Neste estudo, os autores fazem uma análise das barreiras encontradas na aplicação da logística reversa nas indústrias brasileiras de produtos metal-mecânica fabricantes de maquinários industriais.

Inicialmente, os autores realizaram uma pesquisa bibliográfica em artigos internacionais e as principais barreiras encontradas foram divididas em categorias para facilitar a análise. Em um segundo momento, uma análise empírica foi realizada, utilizando a ferramenta de tomada de decisão por multicritério: Modelagem Estrutural Interpretativa, para avaliar a relação entre as categorias definidas anteriormente, no contexto da logística reversa no Brasil. Alguns profissionais brasileiros que atuam na indústria de maquinários foram consultados a fim de contribuir para a análise destas barreiras. Uma matriz de interação estrutural também foi desenvolvida pelos autores para as variáveis (categorias), indicando as relações entre as variáveis e a influência de uma categoria na outra dentro do sistema (BOUZON *et al.*, 2015).

Bouzon *et al.* (2015) concluíram que a logística reversa é de responsabilidade conjunta entre produtores e consumidores para minimizar a geração de resíduos por meio de reutilização, remanufatura, reciclagem e descarte adequado de itens indesejados, a fim de melhorar a absorção e a capacidade de regeneração do planeta, contribuindo para a sustentabilidade. Além disso, os autores afirmam que o primeiro passo para implementação da logística reversa em qualquer setor é identificar as barreiras e conhecer como elas interagem entre si.

Abdulrahman *et al.* (2014) propuseram um modelo teórico de implementação da logística reversa na China, identificando previamente e empiricamente as barreiras externas e internas mais significativas para aplicação da logística reversa, relacionadas aos aspectos de gestão, finanças (barreiras econômicas), política (barreiras sociais) e infraestrutura nas principais indústrias chinesas.

Nesta análise foram consideradas empresas multinacionais e locais que operam na fabricação automotiva, elétrica e eletrônica, plásticos, aço/construção, têxteis e de papel localizadas na região costeira da China. As cidades de Xangai, Liampó, Cantão, Foshan e Shenzhen foram selecionadas para o estudo por apresentarem maior concentração de indústrias e melhor infraestrutura logística, o que pode contribuir para futuras práticas de logística reversa (ABDULRAHMAN *et al.*, 2014).

Do total de 650 questionários enviados 239 retornaram preenchidos corretamente e foram incluídos na análise final do estudo. No aspecto da gestão, a falta de especialistas em logística reversa e o baixo comprometimento da alta gerência das empresas em buscar conhecimento sobre logística reversa foram elencados como importantes barreiras de gestão nas indústrias chinesas. Nas finanças foi identificado que a maioria das empresas na China não possui capital inicial e fundo suficiente para investimento em sistemas de monitoramento de rendimento do retorno dos materiais. Em termos de políticas e regulamentos, alguns aspectos críticos são a falta de apoio do governo na execução das leis, políticas de incentivo econômico, estabelecimento de normas técnicas e lacunas nos regulamentos existentes. No que diz respeito às barreiras de infraestrutura, não há sistemas tecnológicos bem desenvolvidos para monitoramento do retorno dos materiais (ABDULRAHMAN *et al.*, 2014).

2.3.1 Barreiras na aplicação da logística reversa no setor da construção civil

Assim como em outros setores da economia, as barreiras para aplicação da logística reversa na construção civil podem ser encontradas nas fases de planejamento, implantação e operacionalização dos sistemas de logística reversa e ter a participação de todos os agentes da cadeia produtiva.

Conforme pesquisa realizada por Abdulrahman *et al.* (2014) na China, apresentada no capítulo anterior, especificamente na construção civil, os resultados apontam que a principal barreira no aspecto da gestão é falta de comprometimento das empresas em buscar conhecimento sobre logística reversa. Entre as barreiras econômicas, a que mais influencia na indústria da construção civil é a falta de capital inicial para implantação de logística reversa nas empresas. Já quanto às barreiras sociais, o estudo revela que a indústria da construção civil chinesa ainda sofre com a falta de sensibilização da população quanto à importância da preservação do meio ambiente e na área de infraestrutura, a dificuldade relatada se refere à falta sistemas (*hardware* e *software*) para monitorar o retorno dos materiais (ABDULRAHMAN *et al.*, 2014).

Sombrio (2013) realizou uma pesquisa exploratória e descritiva com abordagem qualitativa em cinco empresas do setor de tintas e solventes na região de Criciúma, estado de Santa Catarina, com o objetivo de identificar os principais gargalos enfrentados na aplicação da logística reversa.

Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI), o Brasil é um dos seis maiores mercados mundiais para tintas. Fabricam-se no país tintas destinadas a todas as aplicações, com tecnologia de ponta e grau de competência técnica comparável à dos mais avançados centros mundiais de produção. Atualmente há centenas de fabricantes, de grande, médio e pequeno porte, espalhados por todo o país (ABRAFATI, 2017). Na cidade de Criciúma estão localizadas 32 empresas de tintas e solventes que atuam na produção de esmaltes, solventes, resinas, setor imobiliário e automotivo (SOMBRIIO, 2013).

A partir das informações obtidas na aplicação do questionário, Sombrio (2013) identificou que todas as empresas pesquisadas possuem alguma prática de logística reversa. Quatro das cinco empresas entrevistadas se adequaram à PNRS e implantaram a ISO 14.001 (ABNT, 2015) na empresa. Três empresas afirmaram ter sistema de reaproveitamento de água e apenas uma delas apresenta programa de conscientização ambiental. Por outro lado, nenhuma delas possui qualquer relatório referente à quantidade de resíduos e tipo de descarte realizado nos últimos anos (SOMBRIIO, 2013).

Sombrio (2013) concluiu que nestas empresas, a logística reversa só é realizada devido à necessidade de adequação legal e não considera o potencial de aplicação em benefício das questões ambientais. Segundo o autor, as principais dificuldades apontadas pelas empresas de tintas e solventes na aplicação da logística reversa são:

- Encontrar empresas que forneçam serviços de reciclagem e de reaproveitamento ou descarte de produtos, sem que haja necessidade de voltar às empresas produtoras, minimizando assim os custos com transporte de mercadorias;
- Encontrar empresas que forneçam serviço de qualidade, ecologicamente correto, confiável e de fácil acesso à fiscalização sobre serviços fornecidos, sem que haja deslocamento de pessoal;
- Encontrar empresas que se responsabilizem pelos possíveis impactos ambientais que venham a ocorrer durante transporte, armazenamento ou destinação dos resíduos, como por exemplo, acidentes com contaminação de solo e águas, emissões atmosféricas dos caminhões, dentre outros;
- Falta de informação e apoio do setor público.

O estudo de Sombrio (2013) aponta dificuldade das empresas em encontrar serviços de transporte qualificado, devido à ausência de operadores logísticos especializados na região para realização de transporte e movimentação dos resíduos. Outro fator preponderante é a inexistência de uma cooperativa de catadores na cadeia reversa, que possua estrutura adequada para gerenciar maiores volumes de resíduos e que sejam pagos pela prestação de serviços, não apenas pela venda dos resíduos.

Hradil (2014), Kaynak *et al.* (2014), Hosseini *et al.* (2014), Ravi e Shankar (2005) abordam quais as principais barreiras sociais, econômicas, ambientais e de infraestrutura, que dificultam a aplicação da logística reversa e o reaproveitamento dos materiais na construção civil:

- Barreiras econômicas
 - a) Custo: o custo total de reutilização é frequentemente maior do que construir de forma tradicional com materiais novos ou recicláveis. Introduzir no mercado estes materiais que podem ser reaproveitados também é custoso, já que é preciso realizar testes que certifiquem a eficiência na utilização destes subprodutos. No geral, o custo do projeto também é maior por causa dos ajustes adicionais durante a construção a partir de elementos antigos e do planejamento da desconstrução para iniciar os novos edifícios.

- b) Mercado: o mercado para produtos usados ainda é pequeno. Há poucos locais de valorização destes materiais e a falta de informações sobre os componentes impedem a reutilização em grande escala.
 - c) Coordenação: os clientes podem reconsiderar a utilização de elementos antigos nas suas construções, porém a dificuldade de coordenar a coleta dos elementos a partir da demolição de prédios ou de lugares onde são armazenados é mais custosa do que a forma tradicional. Além disso, é difícil encontrar empresas especializadas em desconstrução, ou construtoras que queiram projetar a partir de materiais usados.
 - d) Seguros: o preço da apólice de seguro para elementos de construção recuperados pode ser maior, mesmo que os códigos de projeto para os novos edifícios sejam seguidos pela segurança do prédio.
- Barreiras sociais:
 - a) Legislação: por causa da legislação ainda ser recente, escassa ou ausente em alguns países, não há incentivo para reutilização de materiais e quando há, são muitas as exigências sobre documentação e certificação dos elementos de construção.
 - b) Normas: não existem normas adequadas para projeto e certificação de produtos oriundos da construção civil. Na maioria dos padrões de projeto existentes não é reconhecida a diferença entre componentes novos e reutilizados.
 - c) Conscientização: o conceito de reutilização ainda não é bem visto pela população e por muitas indústrias. É necessário divulgar melhor quais as opções, vantagens dos materiais utilizados e os benefícios que a reutilização traz para a cadeia produtiva.
 - d) Percepção: geralmente as pessoas têm opinião negativa em relação a materiais de segunda mão. Com exceção da madeira e de alguns tijolos e telhas desgastadas, acredita-se que um novo componente é muito mais valioso do que o utilizado.
 - e) Saúde e Segurança: elementos de construção recuperados podem conter substâncias perigosas e devem ser testados antes de serem aplicados para outra utilidade. A desconstrução além de requerer mais trabalho, exige mais segurança na operação, pois o transporte e o levantamento de elementos antigos nos

canteiros de obras podem ser mais arriscados do que a manipulação de novos elementos.

- Barreiras ambientais
 - a) Impactos: reutilizar nem sempre é melhor que reciclar ou outro tratamento de resíduos. Por isto, é necessário estudar cada tipo de material, avaliar o ciclo de vida e quais os possíveis impactos ambientais podem surgir nas etapas da aplicação da logística reversa.
 - b) Transporte: o transporte e manuseio de componentes pode ter considerável impacto ambiental. Os componentes recuperados são por vezes transportados por grandes distâncias em caminhões pouco eficientes em termos ambientais. Além disso, por vezes há transporte desnecessário de componentes o que acarreta em mais poluição atmosférica, ou até mesmo disposição inadequada dos resíduos por falta de planejamento.
- Barreiras de infraestrutura/tecnológicas
 - a) Materiais: materiais estruturais geralmente são combinados de tal maneira que é difícil separá-los no final da vida útil do edifício. Além disso, a durabilidade dos materiais reutilizados também é questionável, dependendo da aplicação.
 - b) Aplicações: não há conhecimento da aplicação de muitos materiais e faltam também alternativas para determinados elementos já conhecidos.

Oyedele *et al.* (2014) realizaram uma pesquisa no Reino Unido com objetivo de avaliar os fatores que dificultam a utilização de materiais reciclados da construção civil e quais estratégias podem ser adotadas para melhorar e ampliar o uso nos canterios de obras. Para isto, uma entrevista não estruturada precedida de um questionário quantitativo foi aplicada a projetistas e empreiteiros. A partir da revisão bibliográfica feita durante o estudo e dos resultados obtidos pela aplicação dos questionários aos profissionais da construção civil, os autores identificaram 19 fatores que inibem o uso de materiais reciclados, e 17 fatores que podem incentivar a especificação e utilização de produtos reciclados.

Os questionários serviram como teste-piloto, de modo a adequar as perguntas, garantindo o entendimento dos requisitos do instrumento da pesquisa, por parte dos entrevistados. A análise também foi realizada para determinar as diferenças na opinião de

especialistas em empresas de projeto e empreiteiras bem como relativas à hierarquia dos fatores identificados. Além disso, a análise incluiu estatística descritiva (testes de média) e *Mann-Whitney U*, usando o *software Statistical Package for Social Science (SPSS)* (OYEDELE *et al.*, 2014).

Os resultados encontrados por Oyedele *et al.* (2014) mostram que os projetistas raramente especificam materiais reciclados para projetos de construção. As razões para isto estão associadas a informações inadequadas sobre os produtos reciclados, percepção negativa sobre os produtos por parte dos clientes e custo elevado em comparação com materiais virgens. Além das questões de custo, todos os impedimentos identificados para utilização dos produtos são devido à informações insuficientes sobre disponibilidade, durabilidade, qualidade e eficácia dos produtos para projetos de construção.

No estudo são sugeridas algumas estratégias que podem ser adotadas para promover utilização de produtos recicláveis, que incluem atribuição de pontos para uso de produtos reciclados nas ferramentas de avaliação de projetos sustentáveis, medidas legislativas por parte do governo, engajamento entre projetistas, empreiteiros e fornecedores de materiais na fase anterior ao projeto, melhoria na formação dos profissionais sobre os produtos bem como utilização de benefício fiscal para influenciar o custo dos produtos (OYEDELE *et al.*, 2014).

Estudo semelhante foi realizado por Gangolells *et al.* (2014) na Espanha, com objetivo de analisar as práticas de gestão de RCC utilizadas nos canteiros de obras, durante as fases de concepção, planejamento e construção propriamente dita. No estudo, os autores observaram algumas limitações no atual modelo de gestão de resíduos, e apontaram medidas e instrumentos que podem ajudar a alcançar uma gestão mais sustentável dos RCC nas obras.

Neste trabalho, a análise das práticas de gestão de RCC foi realizada com base nos dados obtidos por uma pesquisa respondida por profissionais de 74 construtoras espanholas, localizadas na região da Catalunha. Os resultados obtidos indicam, primeiramente, que os principais fatores que motivam as empresas de construção a implementar ações efetivas de prevenção e gestão de resíduos são: melhorar as condições de saúde e segurança no trabalho, seguir a legislação atual e evitar multas, aumentar o compromisso da empresa com a sustentabilidade, melhorar a imagem pública, aumentar a competitividade da empresa e, finalmente, reduzir os custos (GANGOLELLS *et al.*, 2014).

Segundo Gangolells *et al.* (2014), os entrevistados da pesquisa destacaram diversos instrumentos e medidas que podem tornar a gestão dos RCC mais sustentável. A maioria das

oportunidades identificadas pelas construtoras está dentro do âmbito do governo e relacionadas a um sistema combinado de bônus e penalidades além da conscientização ambiental e de programas de treinamento para todos envolvidos. Dentre as práticas que já vem sendo aplicadas no setor estão incluídas limpeza e ordem do canteiro de obras, armazenamento correto de matérias-primas, e priorização por gestores de resíduos autorizados mais próximo do local de trabalho.

Já as práticas menos generalizadas foram o uso de um britador móvel no local, criação de desenhos individualizados para cada canteiro, bem como divulgação dos conteúdos do plano de gerenciamento dos resíduos para os trabalhadores. A maioria das barreiras destacadas pelas construtoras está relacionada ao custo econômico e a conformidade com o quadro jurídico vigente no país. Os entrevistados alegam que os procedimentos de gestão devem ser mais bem divulgados, mais baratos e dinâmicos, e que deve haver apoio técnico para pequenas empresas, pois muitos aspectos importantes relacionados com a gestão de RCC ainda são pouco conhecidos (GANGOLELLS *et al.*, 2014).

No geral, as principais barreiras encontradas na literatura, para aplicação da logística reversa no setor da construção civil são barreiras econômicas, sociais, ambientais e de infraestrutura/tecnológicas, conforme resumidas no Quadro 4.

Barreiras para aplicação da logística reversa no Setor da Construção Civil	
Barreiras	Referências
Falta de empresas especializadas	Abdulrahman <i>et al.</i> (2014), Bouzon (2015), Hradil (2014)
Falta de normatização	Abdulrahman <i>et al.</i> (2014), Bouzon (2015), Bouzon <i>et al.</i> (2015), Mittal e Sangwan (2013), Kourmpanis <i>et al.</i> (2008), Chileshe <i>et al.</i> (2015)
Falta de apoio do governo	Abdulrahman <i>et al.</i> (2014), Bouzon <i>et al.</i> (2015), Hosseini <i>et al.</i> (2014), Kourmpanis <i>et al.</i> (2008), Hosseini <i>et al.</i> (2015), Chileshe <i>et al.</i> (2015)
Custo elevado de implantação	Schultmann e Sunke (2007), Chileshe <i>et al.</i> (2015), Abdulrahman <i>et al.</i> (2014), Ajayi <i>et al.</i> (2015), Bouzon (2015), Gangolells <i>et al.</i> (2014), Hradil (2014)
Possíveis impactos ambientais	Hradil (2014), Schultmann e Sunke (2007), Hosseini <i>et al.</i> (2014)
Falta de conscientização	Abdulrahman <i>et al.</i> (2014), Bouzon (2015), Hosseini <i>et al.</i> (2014), Chileshe <i>et al.</i> (2015), Gangolells <i>et al.</i> (2014), Ajayi <i>et al.</i> (2015), Oyedele <i>et al.</i> (2014)
Falta de instrução e treinamento	Abdulrahman <i>et al.</i> (2014), Bouzon (2015), Gangolells <i>et al.</i> (2014)
Dificuldade em projetar sistemas de informação que auxiliem no controle	Abdulrahman <i>et al.</i> (2014), Guarnieri (2013); Sobotka e Czaja (2015), Hradil (2014)

dos sistemas de logística reversa	
-----------------------------------	--

Quadro 4: Barreiras para aplicação da logística reversa na Construção Civil

Apesar das vantagens que podem ser obtidas por meio de uma boa gestão da logística reversa, muitos participantes da cadeia produtiva da construção civil ainda são relutantes em dimensionar práticas de logística reversa em seus processos produtivos. Segundo Rogers e Tibben-Lembke (1999), as organizações consideram que as barreiras enfrentadas ao desenvolver práticas de logística reversa são maiores do que as vantagens a serem obtidas, como consequência da sua aplicação.

Segundo Leite (2009), a evolução do sistema de gestão ambiental representa uma parcela significativa do comprometimento das empresas com o desenvolvimento da logística reversa e o cumprimento da legislação ambiental. É importante enfatizar que legislações mal aplicadas ou mal interpretadas, em alguns casos, podem gerar desequilíbrios, favorecendo um elo ou um setor da etapa reversa e provocar defasagem de preços de materiais reciclados, entre outras consequências possíveis.

No entanto, algumas ações vêm sendo discutidas com o objetivo de auxiliar na implementação de sistemas de logística reversa de qualidade, contornando a visão negativa das barreiras até então identificadas.

2.4 PRECEITOS DA LOGÍSTICA REVERSA NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Santos *et al.* (2013), as políticas ambientais estão cada vez mais presentes no ambiente empresarial e estrategicamente contribuem para competitividade e tomada de decisões mais sustentáveis, gerando boa impressão organizacional para os consumidores e para os concorrentes no mercado de atuação. No entanto, com o aumento do descarte de produtos após primeiro uso, observa-se um desequilíbrio entre as quantidades de resíduos descartados e reaproveitados. Isto se dá porque muitas vezes os canais de distribuição reversos não estão devidamente estruturados e organizados nas empresas.

Na construção civil, para que as políticas ambientais e o emprego de sistemas de logística reversa tragam o resultado esperado é necessário estabelecer critérios consistentes de reaproveitamento de materiais e de insumos. Para tanto, além da clareza dos objetivos

estratégicos motivadores da implantação da logística reversa, outros preceitos para que o processo de logística reversa seja satisfatório são:

- Bons controles de entrada

É necessário identificar corretamente as condições dos materiais que serão reciclados, as causas dos retornos e realizar triagem eficiente para planejar o fluxo reverso correto e impedir que haja mistura de materiais que não são interessantes para o processo. Nesta fase, treinamento de pessoal é questão-chave para obtenção de bons controles de entrada e facilitar a seleção dos materiais aptos a voltarem à cadeia produtiva (SANTOS *et al.*, 2013; GUARNIERI, 2013; ADJEI, 2016);

- Processos padronizados e mapeados

A logística reversa é um processo que deve estar em constante atualização e por isso é importante manter os processos padronizados e mapeados a cada alteração definida. Processos corretamente mapeados e procedimentos formalizados são fundamentais para a eficácia dos controles de entrada e para identificar oportunidades de melhoria. É importante mapear todas as etapas do processo de retorno, caracterizando as propriedades físicas dos produtos como peso, densidade, dimensões, estado físico (SANTOS *et al.*, 2013; GUARNIERI, 2013; ADJEI, 2016);

- Tempo de ciclo reduzido

Refere-se ao tempo entre a identificação da necessidade de reciclagem, disposição ou retorno de produtos e seu efetivo processamento. Controles de entrada ineficientes, falta de estrutura como equipamentos ou pessoas e falta de procedimentos claros são fatores que levam a ciclos longos. Algumas sugestões para otimizar o tempo e evitar custos desnecessários na logística reversa é buscar outras experiências na própria empresa, ou em empresas com atividades similares. Como também, realizar treinamento do pessoal que vai atuar no processo e planejar toda rede de logística reversa, avaliando os riscos envolvidos e estabelecendo normas gerais de operação e segurança (SANTOS *et al.*, 2013; GUARNIERI, 2013; ADJEI, 2016);

- Sistemas de informação

A logística reversa necessita de suporte eficiente para sistemas de informação que permitam planejamento e controle dos fluxos e custos. Sistemas com capacidade de

rastreamento de retornos, medição dos tempos de ciclo, medição do desempenho de fornecedores auxiliam na obtenção de informações para negociação, melhoria de desempenho e identificação de abusos no retorno de produtos. No entanto, projetar estes sistemas de informação é um desafio, devido à inexistência no mercado de sistemas capazes de lidar com o nível de variações e flexibilidade exigida pelo processo de logística reversa (SANTOS *et al.*, 2013; GUARNIEIRI, 2013; ADJEI, 2016);

- Rede logística planejada

A implementação de processos logísticos reversos requer definição de uma infraestrutura logística adequada para lidar com os fluxos de entrada de materiais usados e fluxos de saída de materiais processados. As instalações de processamento, armazenagem e transporte devem ser interligadas de forma eficiente, a fim de facilitar a coleta dos materiais dos pontos de fornecimento até as instalações onde serão processados. Ou seja, assim como no fluxo direto, no fluxo reverso é necessário planejamento e recursos, tais como estudos de localização de instalações e aplicações de sistemas de apoio à decisão, localização dos pontos de coleta, armazenagem, processos industriais de reaproveitamento, transporte e expedição dos materiais retornados (SANTOS *et al.*, 2013; GUARNIERI, 2013; ADJEI, 2016);

- Relações colaborativas entre clientes e fornecedores

Nos fluxos reversos deve-se manter um nível de confiança entre os *stakeholders* para troca de informações e diminuir problemas relacionados com a recusa ou atrasos em devoluções, ou a adoção de medidas de controle dispendiosas (SANTOS *et al.*, 2013; GUARNIEIRI, 2013). Os fabricantes devem estimular e dar suporte às pesquisas, e assumir papel mais ativo na busca de soluções para o gerenciamento dos RCC gerados pelos novos materiais disponíveis no mercado. As entidades de classe devem organizar seus afiliados, auxiliando na divulgação de estudos e na conscientização da responsabilidade ambiental na construção civil. As instituições de ensino e pesquisa devem incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias e conhecimento, principalmente relacionados às restrições técnicas e novas aplicações dos RCC. Por fim, os consumidores de produtos reciclados devem informar suas necessidades de consumo e expor as dificuldades encontradas na aplicação dos materiais (BEIRIZ, 2010; ADJEI, 2016).

Qualquer esforço para incentivar e viabilizar as práticas de logística reversa deve incorporar uma abordagem integrada que envolva os principais responsáveis pela implantação

das mudanças. Na construção civil, Hosseini *et al.* (2015) apontam que além do governo e da população, os projetistas, empreiteiros, empresas responsáveis por desconstrução, demolição, recuperação de resíduos também exercem papel fundamental na implementação da logística reversa. Segundo estes autores, a logística reversa será viável apenas quando o custo de descarte torna-se muito competitivo e quando a regulamentação contribui para eliminação dos riscos percebidos pelos projetistas e construtores, tanto na fase de desconstrução e na utilização dos materiais recuperados nas novas construções.

Para completar, Hosseini *et al.* (2015) e Adjei (2016) definem como cada agente pode contribuir para a prática da logística reversa na construção civil:

- **Projetistas**

Aplicar os conhecimentos de projeto não somente durante a construção, mas considerando uma possível desconstrução do empreendimento ao fim de sua vida útil, incluindo alternativas para reutilização dos materiais. Além de promover o uso de materiais recuperados em novos projetos e disseminar sua utilização e benefícios entre os clientes;

- **Construtores**

Utilizar materiais recuperados nos projetos, o que irá aumentar a demanda por este tipo de material e promover a logística reversa em todo o setor da indústria da construção, como também adotar métodos de construção que facilitem a adoção da logística reversa;

- **Empresas de demolição e de recuperação de resíduos de construção**

Procurar desconstruir e desmontar edifícios antigos ao invés de utilizar a demolição mecânica. É importante também que os responsáveis pelas empresas compartilhem conhecimento no que diz respeito aos benefícios da logística reversa, acessibilidade, produtos recuperados, centros de recuperação, rotas de recuperação e fornecedores. Isto irá eliminar as incertezas em relação aos sistemas de logística reversa, melhorando o custo benefício da aplicação da logística reversa. Hosseini *et al.* (2015) sugerem que as empresas invistam na formação e treinamento dos empregados, como também em mecanismos e processos operacionais otimizados que reduzam riscos, custos e tempo, melhorando os índices de produtividade na desconstrução;

- **Poder público**

Variar os custos de destinação dos resíduos nos aterros a fim de tornar a logística reversa viável no gerenciamento dos resíduos. Introduzir incentivos financeiros e regulatórios para utilização de materiais recuperados em novas construções além de elaborar normas para facilitar a incorporação destes materiais. Hosseini *et al.* (2015) e Adjei (2016) recomendam que as normas e legislações sobre desconstrução devem orientar a população sobre os possíveis riscos deste tipo de operação.

Do ponto de vista de Begun *et al.* (2006), o governo poderia impor subsídios para produtos reciclados de construção, crédito fiscal para as empresas do setor da construção civil que utilizam produtos reciclados, imposto mais elevado sobre as empresas de construção que utilizam materiais virgens, a fim de incentivar a redução, reutilização e reciclagem dos RCC e também para melhorar o ambiente e gestão dos resíduos. Além disso, é necessário educar os contratantes, consumidores e empreiteiros de serviços da construção civil, sobre a possível economia que a adoção de medidas para minimização de resíduos e mitigação dos impactos ambientais pode trazer no custo total do serviço prestado.

Para Nunes *et al.* (2009), as políticas de incentivo podem ser aplicadas diretamente nas obras públicas, ou indiretamente por meio de cláusulas contratuais, em obras realizadas por terceiros. Além disso, outra forma de incentivo do poder público para a utilização de RCC processado é pela redução dos impostos, taxas e concessão de empréstimos. A aplicação de juros mais baixos do que o praticado no mercado para o processamento e venda de materiais reciclados, pode contribuir na construção de obras com materiais reciclados e na criação de centros de reciclagem privados.

Ismam e Ismail (2014) acreditam que a implementação estratégica da gestão dos resíduos na indústria da construção deve ser iniciada pelo governo, que é o principal pilar na formulação de um plano estratégico.

Segundo Beiriz (2010), a contribuição dos órgãos governamentais para o sistema de logística reversa na construção civil se dá pela adequação da legislação ambiental e fiscalização dos serviços. O apoio do poder público oferece suporte à fiscalização e penalização das empresas que executam o gerenciamento inadequado dos RCC ou que não exercem a responsabilidade compartilhada na cadeia produtiva. Além disso, com o apoio do governo há um respaldo para cobrança de taxas na deposição de certos resíduos em aterros ou sobre a compra de determinados produtos que geram resíduos de difícil manejo, destinação e/ou alto impacto ambiental negativo. Com isso, é possível que subsídios sejam criados para

implantação e operação de centrais de reciclagem, incentivando o estabelecimento de limites mínimos e máximos de conteúdo reciclado em determinados produtos, por exemplo, e até a emissão de certificados ambientais.

No estudo realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2014), que trata da gestão dos resíduos sólidos na indústria brasileira, entre os quais os RCC, é recomendada a modificação da incidência de impostos e contribuições sobre a cadeia da reciclagem e sobre as empresas obrigadas a implantar a logística reversa. A tributação atual encarece o sistema de logística reversa e, desta forma, pode impactar nos preços de novos produtos e na competitividade dos setores envolvidos, criando desequilíbrios concorrenciais.

Segundo o estudo, o modelo de incidência de impostos no Brasil é, na maioria das vezes, maior para o material reciclado, comparado ao material não reciclado. Portanto, o sucesso da logística reversa pode ficar comprometido se a lógica da tributação brasileira não for alterada para os resíduos sólidos recuperados. Adicionalmente, no estudo é mostrado que todos os ramos de atividade das cadeias produtivas, incluindo a cadeia da construção civil, devem ser estimulados. Tanto comércio de materiais recicláveis, indústria recicladora e as empresas que irão adquirir os materiais reciclados devem ser objeto de incentivos em graus diferenciados, para promover o estímulo à reciclagem de forma equilibrada e duradoura (CNI, 2014).

A inclusão de catadores, conhecidos como agentes ambientais, no sistema de logística reversa da construção civil, também é uma alternativa válida para melhorar os índices de reciclagem e o retorno dos RCC à cadeia produtiva. A proposta deve abranger instrumentos como pagamento por produtividade e acréscimos compensatórios graduados, a fim de aumentar a renda dos catadores além de crédito cooperativo para aumentar a organização e formalização das cooperativas. Assim, há um aumento na coleta de recicláveis, principalmente de RCC Classe B, o que poderá contribuir com modelos econômicos mais sustentáveis que valorizem resíduos, potencializando a utilização em novos processos produtivos além da valorização da inclusão dos catadores na cadeia produtiva da construção civil (IPEA, 2010).

Para Beiriz (2010) o modelo mais adequado de logística reversa na construção civil é aquele em que os agentes são corresponsáveis, inclusive por passivos ambientais. O fabricante deve desenvolver em parceria com os órgãos de pesquisa, opções adequadas de destinação e reaproveitamento dos RCC e as construtoras, empreiteiras ou profissionais da construção civil

devem assegurar que o fluxo de resíduos gerados nas suas atividades siga corretamente até os locais de destinação.

2.5 ANÁLISE DE TOMADA DE DECISÃO POR MULTICRITÉRIO

O método de análise e tomada de decisão por multicritério, *Multi Criteria Decision Analysis* (MCDA), é uma ferramenta amplamente utilizada para tomada de decisões, principalmente quando são utilizados diferentes critérios e há necessidade de convergência entre eles. Com esta ferramenta é possível analisar diferentes cenários ao mesmo tempo e por esta razão, vem sendo cada vez mais utilizada na solução de problemas na área ambiental, quando há diversos fatores que influenciam e dificultam a tomada de decisão das partes interessadas (VUCIJAK *et al.*, 2015; BIJU, 2015). A tomada de decisão é uma maneira de encontrar a melhor escolha em um conjunto de opções existentes (BEIKKHAKHIAN *et al.*, 2015).

Rezaei (2015) observou 80 trabalhos nos quais foram aplicados métodos MCDA na análise de problemas relacionados à logística reversa na área ambiental. A maioria destes trabalhos tinha como objetivo obter a melhor estratégia, cenário ou tecnologia na reciclagem e gestão de resíduos. Huang *et al.* (2011) analisaram 312 artigos publicados entre o ano 2000 e 2009 sobre as aplicações MCDA na área ambiental e verificaram que em 48% dos estudos utilizaram *Analytic Hierarchy Process*, Processo de Análise Hierárquica (AHP), para tomada de decisões.

Gomes *et al.* (2008) aplicaram a MCDA na avaliação das iniciativas de reciclagem de RCC no Brasil com base na opinião de especialistas, empresários, governo e consumidores. A ferramenta utilizada para auxiliar na tomada de decisão é chamada *Multicriteria Decision Aiding Hybrid Algorithm* (THOR), que organiza as alternativas de decisão, de acordo com critérios estabelecidos previamente pelos participantes. Os resultados produzidos pelo algoritmo do programa geram informações que permitem identificar alternativas que devem ser priorizadas durante o processo de tomada de decisão.

Segundo Gomes *et al.* (2008), a aplicação do THOR auxiliou tanto na avaliação de desempenho das instalações de reciclagem de RCC já existentes no país bem como no desenvolvimento de técnicas e da viabilidade financeira de estudos para novos projetos. No estudo é mostrado que houve consenso entre a opinião dos participantes. A ponderação dos

critérios de desempenho de reciclagem obtida com a aplicação da ferramenta podem auxiliar as autoridades governamentais e empresas privadas na avaliação das instalações de reciclagem já existentes e na necessidade de aquisição de novas plantas. A partir disso, é possível visualizar os fatores que têm mais influência sobre o desempenho de determinada instalação e quais estratégias podem ser adotadas na implantação e operação de novas instalações de reciclagem de RCC, o que minimiza os riscos de futuros projetos (GOMES *et al.*, 2008).

Abdelhamid (2014) aplicou a MCDA em dois sistemas de gerenciamento de RCC em operação no Egito, que tem uma população de aproximadamente 80 milhões de habitantes, e gera por ano 4 milhões de toneladas de RCC, uma média de 50 quilos por habitante por ano (EEAA, 2010). Os sistemas foram detalhados em forma de fluxograma com 16 atributos submetidos à matriz de decisão. Os participantes atribuíram pesos aos atributos e ao final, com o total da pontuação, foi identificada a relevância de cada atributo dentro dos sistemas de gerenciamento de RCC avaliados (ABDELHAMID, 2014).

Os resultados obtidos pelos autores mostram que a técnica utilizada ajuda o tomador de decisão, seja ele empreiteiro, fabricante, empresas responsáveis pela coleta e transporte de RCC, como também representantes do governo, a escolher o sistema mais vantajoso, considerando custos, proteção ao ambiente, cumprimento da legislação e eficiência do processo. Além disso, o autor observou melhoria no banco de dados de informações financeiras e ambientais, que pode dar suporte para futura implementação de sistemas de gerenciamento de resíduos (ABDELHAMID, 2014).

Algumas técnicas de MCDA associam a aplicação de questionários junto a métodos de tomada de decisão para obter consenso entre os critérios associados na solução de problemas. O questionário *Delphi* aplicado em conjunto com o Processo de Análise Hierárquica (AHP), *Analytic Hierarchy Process*, por exemplo, é utilizado na seleção e ponderação de critérios a fim de facilitar a tomada de decisão.

O questionário *Delphi* é uma técnica desenvolvida para combinar opiniões de um grupo de especialistas visando obter o máximo possível de respostas e opiniões de qualidade para um problema. Esta técnica auxilia na tomada de decisão, pois é baseada no conhecimento e na experiência de profissionais que atuam na área de estudo. Geralmente são necessárias de duas a três rodadas de questionário para caracterizar o processo *Delphi*, sendo que, em cada rodada, o *feedback* das respostas é enviado aos participantes para que tenham ciência do

andamento da pesquisa (WRIGHT e GIOVINAZZO, 2000; BIJU, 2015). Para Oliveira *et al.* (2008), o método possui seis características fundamentais: anonimato dos participantes; *feedback* das respostas aos participantes; flexibilidade em responder o questionário; uso de especialistas; busca pelo consenso de opiniões e interatividade das respostas. Quando o questionário *Delphi* é aplicado com o intuito de auxiliar a tomada de decisão sobre determinado assunto, é comum a disponibilização de escalas de ponderação para que os participantes da pesquisa possam atribuir valores aos itens avaliados no questionário, facilitando a tomada de decisão.

Oliveira e Athayde Jr (2014) que aplicaram o questionário *Delphi* aos profissionais da construção civil para avaliar critérios de minimização da geração de RCC. Nesta pesquisa os autores identificaram o critério “treinamento de pessoal para correta utilização de insumos, materiais e equipamentos e execução de serviços” como a melhor alternativa para redução dos RCC e que a utilização do questionário *Delphi* foi eficaz, pois houve convergência de opinião em cerca de 90% dos critérios discutidos.

O Processo de Análise Hierárquica (AHP), desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970, possui escala de ponderação própria que auxilia na tomada de decisões complexas. Mais do que determinar a decisão correta, o AHP ajuda na escolha e justificativa da escolha, com base nos fatores que afetam a decisão e sua organização em uma estrutura hierárquica. A partir do AHP é possível estruturar o problema de forma abrangente e racional, identificando os elementos e a relação entre eles, para que ao final seja possível avaliar e encontrar entre as alternativas propostas a melhor solução para o problema (VAIDYA e KUMAR, 2006; RUSSO e CAMANHO, 2015).

Silva (2012) utilizou o AHP e o questionário *Delphi* para identificar potenciais locais para implantação de uma usina de reciclagem de RCC na cidade de Ponta Grossa, Paraná. A estrutura hierárquica do modelo contou com critérios e subcritérios relacionados aos aspectos sociais, ambientais e econômicos e quatro alternativas de terrenos possíveis de receberem uma usina de reciclagem. Já Biju (2015) utilizou o questionário *Delphi* e o AHP para selecionar áreas aptas a receber RCC na região metropolitana da cidade de Curitiba, Paraná. Ao final, com apoio do Sistema de Informação Geográfica (SIG) foram gerados mapas com indicação dos locais selecionados.

Considerando que as três atividades de maior representatividade na economia do setor da construção civil, conforme divulgado pela CBIC (2015), correspondem ao segmento da

construção, seguida pela indústria de materiais e do comércio de materiais, estes ramos de atividade serão foco da pesquisa para aplicação do questionário *Delphi* em conjunto com AHP.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho se refere ao potencial de aplicação dos preceitos da logística reversa de resíduos sólidos ao setor da construção civil, na cidade de Curitiba, Paraná. A pesquisa é de natureza exploratória e descritiva, visto que busca informar ao pesquisador a importância da aplicação do problema analisado e em que estágio se encontra as informações já disponíveis sobre o assunto. A pesquisa também é explicativa, pois requer a identificação profunda do conhecimento da realidade, por meio de fatores que contribuem ou determinam a ocorrência dos acontecimentos (LAKATOS, MARCONI, 2010; GIL, 2010).

Neste trabalho, o principal método de coleta de dados será a análise bibliográfica disponível sobre logística reversa e a aplicação da técnica de questionário *Delphi*, cujos resultados serão analisados na ferramenta AHP. O questionário *Delphi* será utilizado na obtenção de critérios relevantes para compor um sistema de logística reversa para o setor da construção civil e o AHP para classificá-los.

Segundo Yin (2001), a combinação de métodos de coleta de dados por meio de entrevistas, observações e pesquisa documental contribuem na obtenção de conclusões mais convincentes e precisas, pois abordam evidências qualitativas e quantitativas na resolução do problema.

A partir da opinião de especialistas atuantes em Curitiba e da revisão bibliográfica, o modelo conceitual de logística reversa para gestão dos RCC será elaborado, considerando o fluxo de materiais nos três ramos principais de atividades da construção civil. O modelo irá auxiliar o pequeno e grande gerador de resíduos, no gerenciamento dos RCC em Curitiba e no cumprimento da legislação ambiental.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida para estudo é a cidade de Curitiba, capital do Estado do Paraná que, segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui uma população de, aproximadamente, 1.880.000 habitantes distribuídos numa área de 435 km² (IBGE, 2010).

Segundo o *ranking* nacional das cinquenta maiores construtoras do país, divulgado pela CBIC em 2015, sete delas são do Paraná e do total de 21.887 estabelecimentos atuantes no setor da construção civil, 4.137 estão localizados em Curitiba, e representam as principais atividades econômicas da cadeia produtiva da construção (CBIC, 2015). Nestes estabelecimentos, grande parte dos insumos geram resíduos de embalagem (sacos de cimento, sacos plásticos, caixas de papelão, latas de tinta), como também o próprio agregado reciclado. Estes materiais caracterizados como produtos pós-consumo devem ter seu canal de distribuição reverso estruturado, permitindo, de preferência, revalorização em outros mercados, ou adequada destinação/disposição (BEIRIZ, 2010).

Em 2012, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA) convocaram as empresas paranaenses a apresentarem planos que viabilizassem a logística reversa no Estado por meio de Edital de Chamamento N^o 01 (SEMA, 2012). Desde então, a Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP), representando os interesses das indústrias do Estado, trabalha para facilitar e construir Sistemas de Logística Reversa, em parceria com sindicatos filiados.

Atualmente, o estado do Paraná conta com um Comitê Gestor de Logística Reversa (CGLR) para o setor da construção civil, formado pelos sindicatos setoriais, FIEP e órgãos ambientais que tem como objetivo a implementação e execução do plano de logística reversa proposto. Este plano ainda não está aprovado pelos órgãos ambientais e nem disponível para consulta, porém segundo a FIEP, o plano segue uma modelagem de responsabilidade pós-consumo, buscando a reutilização dos materiais no processo produtivo e a destinação ambientalmente adequada dos resíduos gerados no setor da construção civil no Paraná (FIEP, 2016).

3.2 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO *DELPHI*

Na primeira etapa da pesquisa foram selecionados 50 profissionais do setor da construção civil, denominado Grupo 1 – Especialistas, como engenheiros, professores,

pesquisadores e técnicos. Os contatos dos participantes foram obtidos junto ao Sindicato da Indústria da Construção Civil do Paraná (SINDUSCON-PR) e do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná (CREA-PR) e também com professores e colegas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), que atuam no curso de Engenharia Civil.

Os questionários foram enviados aos participantes por *e-mail* com uma breve apresentação do estudo e da problemática relacionada à aplicação da logística reversa no setor da construção civil bem como uma explicação da técnica *Delphi* e orientações para o preenchimento do questionário (**Apêndice A**). Nesta rodada foi dado o prazo de 7 dias para devolução dos questionários respondidos.

O questionário foi elaborado de acordo com os objetivos do estudo e baseado na revisão da bibliografia em que foram exploradas, por exemplo, informações sobre gestão de RCC, logística reversa em outros setores da economia, barreiras na aplicação (Quadro 4) e preceitos da logística reversa na construção civil. O levantamento incluiu 13 questões e um total de 50 participantes. Para validação do método *Delphi* é necessária participação de no mínimo 10 profissionais.

Nesta primeira rodada, o Grupo 1 – Especialistas assinalou os critérios mais relevantes para aplicação da logística reversa no setor da construção civil. No total, apenas 5 critérios foram excluídos da próxima rodada *Delphi*, pois não atingiram a média de respostas.

Na segunda parte da pesquisa, depois da análise e compilação dos resultados da primeira rodada, os participantes receberam um segundo questionário com os critérios mais votados durante a primeira rodada e a orientação para preenchimento dos valores de importância da escala proposta por Saaty (1987) (**Apêndice B**). O objetivo da segunda rodada de questionários é ponderar os critérios selecionados e verificar quais são mais relevantes na opinião dos participantes. Nesta rodada *Delphi*, os participantes denominados Grupo 2 – Profissionais Atuantes, composto por especialistas e profissionais que atuam direta ou indiretamente no setor da construção civil (comerciantes, empreiteiros, prestadores de serviço, construtoras, pequenos e grandes geradores de RCC) responderam ao questionário, considerando as práticas e dificuldades operacionais para o gerenciamento dos RCC.

Na Figura 13 é apresentado um fluxograma do planejamento de aplicação da técnica de questionário *Delphi* aos participantes do setor da construção civil.

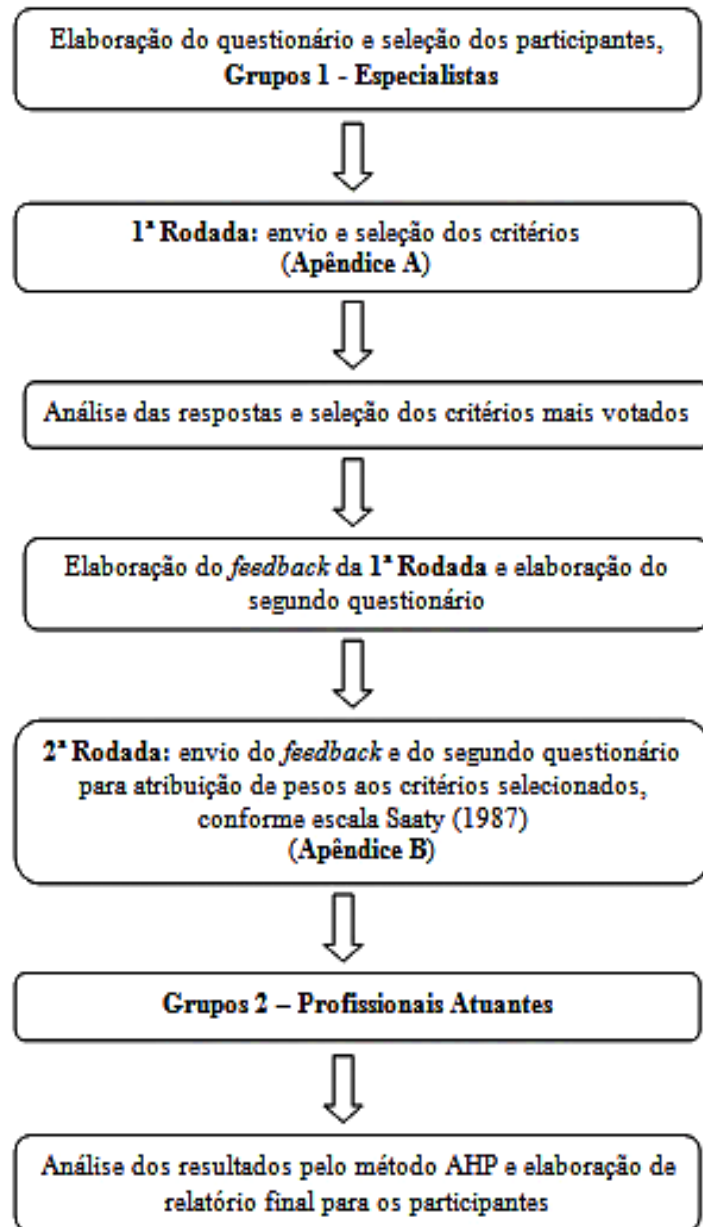


Figura 13: Planejamento de aplicação da técnica *Delphi*

Ao final da segunda rodada *Delphi* (Apêndice B), as respostas foram compiladas na ferramenta de AHP escolhida e os resultados exportados em forma de gráficos para facilitar a visualização da hierarquização dos critérios, conforme a opinião dos participantes.

3.3 APLICAÇÃO DO PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)

Após definição dos critérios na primeira rodada do questionário *Delphi* (**Apêndice A**), aplicada ao Grupo 1 – Especialistas, os critérios foram submetidos à análise hierárquica, a fim de verificar a relação de importância entre eles.

A análise por AHP é composta por uma hierarquia, Figura 14, com diversos níveis, onde o primeiro nível representa o objetivo, ou seja, qual o problema, a necessidade ou a finalidade da decisão, seguida dos principais critérios de decisão e subcritérios relacionados para atingir o objetivo esperado. Por último apresentam-se as alternativas que após o julgamento dos critérios e subcritérios representarão a melhor decisão para alcançar o objetivo inicial (SAATY, 2008; REZAEI, 2015).

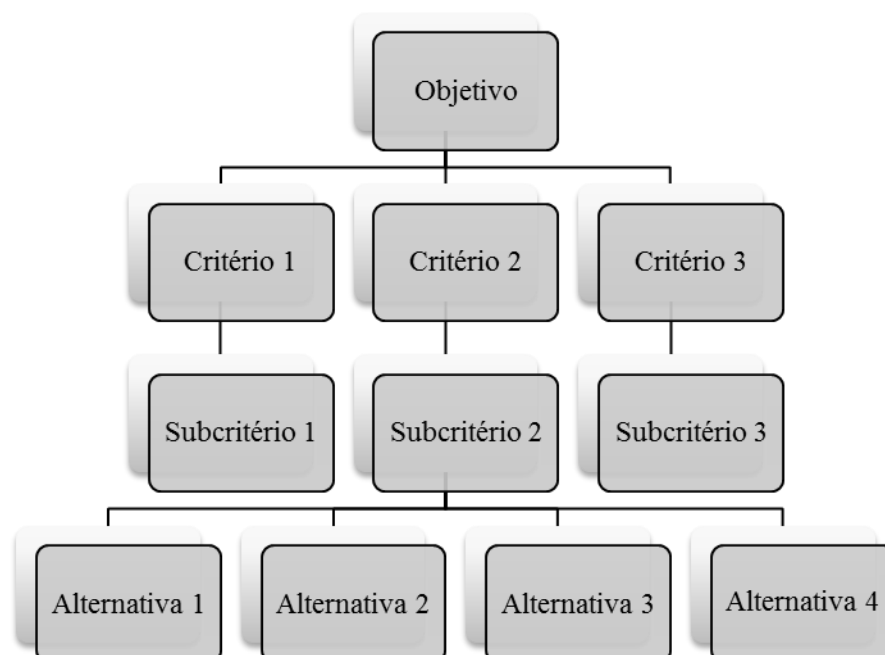


Figura 14: Estrutura hierárquica de tomada de decisão

Fonte: Adaptado de Silva, 2012

No AHP os elementos de cada nível são comparados aos pares, em relação ao seu nível hierárquico superior, formando uma matriz de comparação, que ao final geram valores que representam o peso relativo daquele critério priorizado, identificando a melhor alternativa a ser escolhida (RUSSO e CAMANHO, 2015).

Segundo Saaty (2008), a tomada de decisão envolve critérios e subcritérios que são utilizados para classificar as alternativas de uma decisão. O desafio é criar prioridades para as alternativas em relação aos critérios e subcritérios, mas também priorizar os critérios em relação a um objetivo maior. O autor sugere que para tomar uma decisão de forma organizada e gerar prioridades é preciso decompor a decisão nas seguintes etapas:

- Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento procurado;
- Estruturar a decisão na forma de hierarquia, a partir do topo com o objetivo da decisão. Em seguida, no nível intermediário, deve-se definir critérios que contribuam para tomada de decisão e alcance do objetivo desejado, além de definir, se necessário, os elementos subsequentes e dependentes a estes critérios, os chamados subcritérios. Por fim, no nível mais baixo, define-se um conjunto de alternativas, que representam a melhor decisão para alcançar o objetivo inicial;
- Construir um conjunto de matrizes de comparação par a par. Cada elemento do nível superior deverá ser comparado aos elementos do nível imediatamente abaixo dele;
- Utilizar as prioridades obtidas a partir das comparações para pesar as prioridades no nível imediatamente inferior. Fazer isso para cada elemento. Em seguida, para cada elemento, no nível abaixo, adicionar seus valores ponderados e obter sua prioridade geral ou global;
- Continuar este processo de pesagem até que as prioridades finais das alternativas no nível mais baixo sejam obtidas.

Neste trabalho, os componentes da estrutura hierárquica de tomada de decisão, conforme modelo apresentado na Figura 14, foram interpretados da seguinte maneira:

- a) Problema: verificar quais são os principais participantes do sistema de logística reversa no setor da construção civil e o que eles podem fazer para contribuir na gestão dos RCC.

- b) Objetivo: identificar qual o papel de cada participante no desenvolvimento e aplicação da logística reversa no setor da construção civil. As 13 questões do questionário *Delphi* compõem este objetivo, pois tratam separadamente de cada um dos *stakeholders* no sistema de logística reversa.
- c) Alternativas: corresponde aos critérios de resposta disponível em cada uma das 13 questões que compõem o questionário *Delphi*.

Nesta pesquisa, optou-se por não criar critérios e subcritérios em cada uma das alternativas, conforme apresentado na Figura 14, e apenas utilizar o AHP para poderar as opções de resposta em cada questão do questionário. Ao todo, os participantes aplicaram o AHP 13 vezes, uma para cada questão.

A definição das importâncias relativas entre critérios, subcritérios e alternativas, é medida com base na escala fundamental elaborada por Saaty em 1987, (Quadro 5), especificamente para o AHP (SAATY, 2008).

Escala Fundamental Saaty, AHP		
Importância em escala absoluta	Definição	Explicação
1	Igual importância	Dois atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada de uma para outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Essencial ou de forte importância	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito forte	Uma atividade é fortemente favorecida e seu domínio é demonstrado na prática
9	Extremamente importante	A evidência favorece uma atividade sobre a outra com mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições

Quadro 5: Escala fundamental do AHP

Fonte: Adaptado de Saaty, 1987 e Saaty, 2008

O julgamento de importância dos critérios para compor o sistema de logística reversa no setor da construção civil foi realizado na segunda rodada *Delphi* em que o Grupo 2 –

Profissionais Atuantes comparou par a par os critérios selecionados em cada questão, atribuindo valores da escala Saaty (Quadro 5), considerando sua experiência e opinião.

Para facilitar a análise dos participantes na segunda rodada *Delphi*, foi incluída no questionário (**Apêndice B**) a escala Saaty com os valores em escala absoluta de importância e os valores recíprocos, conforme apresentado no Quadro 6.

Escala Saaty (1987)		
1/9	Importância em escala recíproca	Extremamente desimportante
1/7		Importância muito fraca
1/5		Não essencial ou de pouca importância
1/3		Importância não moderada de uma para outra
1	Importância em escala absoluta	Igual importância
3		Importância moderada de uma para outra
5		Essencial ou de forte importância
7		Importância muito forte
9		Extremamente importante

Quadro 6: Escala Saaty (1987) – Segunda rodada *Delphi*

A escala Saaty (1987), Quadro 6, auxilia na interpretação e comparação dos critérios, par a par, em cada uma das 13 questões da segunda rodada *Delphi* (**Apêndice B**) conforme exemplificado no Quadro 7.

Neste exemplo (Quadro 7), o AHP foi aplicado à Questão 5, em que o participante foi questionado sobre o que os consumidores deveriam fazer com os resíduos de embalagem gerados nas reformas. Como há três alternativas de resposta, a comparação dos critérios será feita entre A e B; A e C; B e C, atribuindo um valor da escala Saaty (1987), Quadro 6, conforme opinião do participante.

Exemplo de aplicação do AHP, 2ª Rodada Delphi					
Questão 5: Nas reformas realizadas pelos próprios consumidores, o que deveria ser feito com os resíduos de embalagem?		Questão 5			
Critérios			A	B	C
A	Contratar serviço de caçamba	A	1	5	7

B	Entregar os resíduos em postos de coleta distribuídos nos bairros	B	1/5	1	3
C	Devolver as embalagens no comércio onde foi adquirido o material	C	1/7	1/3	1

Quadro 7: Exemplo de aplicação do AHP na 2ª Rodada *Delphi*

Supondo que no julgamento do primeiro par de critérios (**A,B**) deste exemplo (Quadro 7), o participante avaliou o critério **A** com maior relevância em relação ao **B** e atribuiu um valor da escala Saaty (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) igual a **5**. No segundo par de critérios (**A,C**), o participante avaliou o critério **A** com maior relevância em relação ao **C** e atribuiu um valor da escala Saaty igual a **7** e, comparando o terceiro par (**B,C**) avaliou o critério **B** com maior relevância em relação ao **C** e atribuiu o valor **3** da escala Saaty. Conseqüentemente, na matriz de cálculo de vetores, o valor correspondente de **B** em relação a **A**, de **C** em relação a **A** e de **C** em relação a **B** será o recíproco **1/5**, **1/7** e **1/3**, respectivamente.

As comparações par a par foram feitas em cada uma das 13 questões (**Apêndice B**) e posteriormente analisadas na ferramenta AHP de compilação dos resultados, em que são geradas matrizes quadradas, Figura 15, nas quais o número na linha *i* e na coluna *j* corresponde à importância do critério A_i em relação à A_j .

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1j} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2j} \\ \frac{1}{a_{13}} & \frac{1}{a_{23}} & 1 & \dots & a_{3j} \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ \frac{1}{a_{1j}} & \frac{1}{a_{2j}} & \frac{1}{a_{3j}} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Figura 15: Matriz de critérios de decisão AHP
Fonte: Adaptado Saaty, 1991

- Se $a_{ij} = p$, então $a_{ji} = 1/p$ (recíproco), $p \neq 0$. Ou seja, se i tem algum dos números acima (Quadro 6) atribuídos a ele quando comparado com o j , então j tem o mesmo valor quando comparado com i ;
- Se A_i é julgado como de igual importância relativa à A_j , então $a_{ij} = 1$, $a_{ji} = 1$ e $a_{ii} = 1$, para todo i .

Para o exemplo da Questão 5 (Quadro 7), a matriz de critérios de decisão pode ser escrita conforme apresentado na Figura 16.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 7 \\ \frac{1}{5} & 1 & 3 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{3} & 1 \end{pmatrix}$$

Figura 16: Matriz de critérios de decisão AHP - Questão 5

Após a atribuição dos valores da escala fundamental nas matrizes de prioridades são calculados os pesos relativos, denominados por Saaty (1987) como o processo de normalização da matriz, em que é calculado o autovetor, chamado de vetor de prioridade, que permitirá a construção da hierarquia e observação da relevância entre os critérios.

Na sequência do método AHP, é necessário identificar a consistência das matrizes por meio do cálculo da Razão de Consistência dos julgamentos denotada por $RC = IC/IR$, em que IC é o Índice de Consistência calculado por $IC = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$, λ_{max} é o maior autovalor da matriz de julgamentos e IR é o Índice de Consistência Randômico obtido para uma matriz recíproca de ordem n , com elementos não negativos, gerada randomicamente (Quadro 8).

IR: Índice Randômico														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Quadro 8: Índice Randômico
Fonte: Adaptado Saaty, 1991

Considera-se aceitável o valor de $RC \leq 0,10$. Caso $RC > 0,10$, a qualidade dos julgamentos está comprometida, e deve ser melhorada (SAATY, 1991; SILVA, 2012).

O AHP é um dos principais modelos matemáticos utilizado na literatura para tomada de decisão. No entanto, os cálculos deste método podem ser complicados e exaustivos, sendo recomendado uso de *softwares* ou planilhas específicas de cálculo (VARGAS, 2010).

Nesta pesquisa, os critérios estabelecidos na primeira rodada e ponderados na segunda rodada *Delphi* foram compilados na última versão do *template* de AHP, elaborado por Klaus Goepel, chamado *BPMS AHP Excel*, disponível gratuitamente em: < <http://bpmsg.com>>. A ferramenta irá auxiliar na hierarquização dos critérios, cálculo das matrizes e visualização dos resultados por meio de gráficos (GOEPEL, 2013).

Ao final, as repostas dos 13 participantes da segunda rodada *Delphi* foram compiladas no *BPMS AHP Excel* em 13 planilhas, uma para questão, com as respectivas matrizes e cálculo de coeficientes que fazem parte do método AHP proposto por Saaty (1987).

3.4 MODELAGEM CONCEITUAL DO SISTEMA DE LOGÍSTICA REVERSA

A partir da pesquisa realizada e dos resultados encontrados com a aplicação dos questionários *Delphi*, o modelo conceitual foi elaborado com o auxílio da ferramenta *Free Mind*, que permite a associação de ideias e elaboração de fluxogramas.

Para orientar a elaboração do modelo foi desenhado o fluxo logístico da cadeia produtiva da construção civil, destacando os *stakeholders* e os canais reversos pelos quais os materiais podem retornar ao ciclo produtivo ou de negócio, readquirindo valor econômico e ambiental.

O modelo considerou as três principais atividades do setor da construção civil em Curitiba, que são os ramos da construção propriamente dita, indústria e comércio de materiais da construção civil. Neste modelo são evidenciados os preceitos da logística reversa, que devem compor o sistema de logística reversa da construção civil, considerando o que foi encontrado na revisão bibliográfica e na aplicação do questionário *Delphi* aos especialistas.

Os principais agentes da cadeia produtiva da construção civil foram representados em conjunto com as ações que cada um poderá realizar em benefício do retorno de materiais e funcionalidade do sistema de logística reversa na cidade de Curitiba.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 QUESTIONÁRIO *DELPHI* 1ª RODADA

Na primeira rodada do questionário *Delphi* (**Apêndice A**), dos 50 questionários enviados aos profissionais participantes do Grupo 1 – Especialistas 14 questionários retornaram respondidos. O perfil dos profissionais que responderam ao questionário varia de 4 a 40 anos de experiência na área da construção civil.

Visto que o número de respostas foi superior ao valor mínimo de 10 questionários, para validar o método *Delphi*, não foi necessário reenviar a pesquisa aos participantes.

Os participantes avaliaram o conteúdo das questões e, considerando a experiência e opinião pessoal de cada um, assinalaram os critérios mais relevantes de acordo com cada questão. Os resultados foram contabilizados e estão apresentados no Quadro 9. Os critérios que ficaram abaixo da média de 7 respostas, destacados na cor amarela, foram excluídos da rodada seguinte do questionário *Delphi* (**Apêndice B**).

Questão 1: Quais dos agentes abaixo você imagina que façam parte de um sistema de logística reversa voltado à construção civil?		
Critérios		Total de respostas
1	Lojas de materiais de construção civil	11
2	Construtoras	12
3	Indústrias do setor da construção civil	13
4	Consumidores de material de construção (Pessoa física)	9

5	Empresas de coleta e transporte de resíduos de construção	13
6	Importadores	6
7	Prestadores de serviço	10
8	Usinas de reaproveitamento e reciclagem	13
9	Aterros sanitários	8
10	Empresas de desconstrução e demolição	13
Questão 2: Como as lojas de material de construção civil podem contribuir no sistema de logística reversa?		
Critério		Total de respostas
1	Receber e armazenar embalagens dos seus clientes	10
2	Devolver as embalagens para o fornecedor no momento do recebimento de novos produtos	11
3	Encaminhar os resíduos para usinas de reaproveitamento e reciclagem	9
4	Disponibilizar para coleta de catadores (agentes ambientais)	5
5	Contratar serviço de recolhimento pela prefeitura	3
Questão 3: Em uma obra, o que a construtora deveria fazer com os resíduos de embalagem?		
Critério		Total de respostas
1	Encaminhar via transportador contratado para um destinatário (aterro, usina de reciclagem, etc.).	10
2	Devolver as embalagens para o fornecedor no momento do recebimento de novos produtos	10
3	Formar parcerias com cooperativas de catadores (agentes ambientais) para efetuar a coleta	11
4	Encontrar formas de reaproveitamento do material na própria obra	11
Questão 4: O que as indústrias do setor da construção civil podem fazer para colaborar com a logística reversa?		
Critério		Total de respostas
1	Reaproveitar os resíduos retornados e aqueles gerados no seu próprio processo de produção	12
2	Formar parcerias com cooperativas de catadores (agentes ambientais) para efetuar a coleta	6
3	Ofertar os resíduos gerados como matéria-prima para o processo produtivo de outras empresas	10
4	Criar e manter políticas próprias de retorno das embalagens com os clientes	12
5	Estimular a criação de novas formas de embalagem de produto para minimizar a geração de resíduos	11
Questão 5: Nas reformas realizadas pelos próprios consumidores, o que deveria ser feito com os resíduos e embalagens?		
Critério		Total de respostas
1	Agendar o recolhimento dos resíduos em domicílio com a prefeitura	5
2	Contratar serviço de caçamba	11
3	Entregar os resíduos em postos de coleta distribuídos nos bairros	11
4	Devolver as embalagens no comércio onde foi adquirido o material	11
Questão 6: Como as empresas de coleta e transporte de resíduos de construção podem contribuir no sistema de logística reversa?		
Critério		Total de respostas
1	Estabelecer periodicidade da coleta para evitar deslocamentos desnecessários	8
2	Realizar a coleta somente quando o material estiver devidamente separado	8

3	Estabelecer um local adequado para armazenar temporariamente os materiais coletados antes de enviá-los à destinação final	10
4	Emitir documento de manifesto de transporte de resíduos (MTR)	13
Questão 7: Como os importadores podem contribuir no sistema de logística reversa?		
Critérios		Total de respostas
1	Recusar produtos embalados com materiais que não possam ser reciclados no Brasil	9
2	Contratar empresas especializadas na coleta, transporte e destinação dos resíduos.	10
3	Responsabilizar os distribuidores o material	8
Questão 8: O que os prestadores de serviço de construção podem fazer com os resíduos gerados durante sua atividade?		
Critérios		Total de respostas
1	Devolver as embalagens ao fornecedor comerciante	11
2	Encaminhar para usinas de reciclagem em troca de material reciclado	10
3	Encaminhar os resíduos em postos de coleta do bairro	8
4	Contratar empresas especializadas na coleta, transporte e destinação	12
5	Agendar o recolhimento com a prefeitura	7
Questão 9: Como as usinas de reaproveitamento e reciclagem podem contribuir no sistema de logística reversa?		
Critérios		Total de respostas
1	Exigir o cumprimento de regras para o recebimento do material	13
2	Comercializar o material reciclado produzido	13
Questão 10: Como os aterros sanitários podem contribuir na logística reversa do setor da construção civil?		
Critério		Total de respostas
1	Não aceitar caçambas com resíduos misturados	9
Questão 11: O que as empresas de desconstrução e demolição deveriam fazer com os resíduos gerados?		
Critérios		Total de respostas
1	Reutilizar o material na própria obra	12
2	Enviar o material para usinas de reaproveitamento e reciclagem	13
Questão 12: Do ponto de vista do grande gerador, o que pode facilitar a aplicação do sistema de logística reversa?		
Critérios		Total de respostas
1	Utilizar modelos de estimativa de geração de resíduos	11
2	Fazer a segregação dos resíduos na fonte	12
3	Criar políticas de reaproveitamento de resíduos	12
4	Contratar empresas especializadas pelo recolhimento e destinação adequada	13
5	Firmar acordos com os fornecedores para coleta das embalagens in loco	12
6	Realizar treinamento dos funcionários	13
7	Estabelecer periodicidade da coleta	9
8	Contratar fornecedores comprometidos com a responsabilidade compartilhada pelo produto	13
9	Exigir participação do poder público com elaboração de legislação, regulamentos.	12
Questão 13: Do ponto de vista do pequeno gerador, o que pode facilitar a aplicação do sistema de logística reversa?		
Critério		Total de respostas
1	Pontos de coleta de resíduos de construção nos bairros	11

2	Devolução de embalagens para o fornecedor do material	12
3	Contratação de caçambas	9
4	Agendamento com a prefeitura do recolhimento dos resíduos de construção em domicílio	8
5	Disponibilizar os recicláveis para coleta pública	10

Quadro 9: Critérios excluídos da próxima rodada de questionários

Os comentários gerais foram positivos aos critérios escolhidos para serem avaliados, porém as sugestões e considerações pertinentes foram incluídas no questionário da segunda rodada *Delphi* (**Apêndice B**).

Nesta primeira rodada *Delphi* (**Apêndice A**) a maioria dos participantes concordou com as alternativas de resposta para cada questão, mas também outros critérios foram sugeridos para compor a pesquisa. Entre as melhorias sugeridas pelos participantes destacam-se critérios relacionados à conscientização ambiental, desenvolvimento de novas tecnologias para minimização da geração de resíduos, cobranças no recebimento de material contaminado, inclusão de taxa para administração dos resíduos na nota fiscal de materiais importados, incentivos fiscais e financeiros, aplicação “*gate fee*”, que é uma taxa proporcional a quantidade de resíduos gerados, além de qualificação e treinamento dos profissionais que atuam na construção civil.

Outras sugestões foram feitas quanto à ortografia do texto para melhorar o entendimento das questões e comentários quanto à funcionalidade da logística reversa no setor da construção civil e necessidade do envolvimento de todos os participantes da cadeia produtiva. Segundo os especialistas faltam campanhas de esclarecimento e conscientização da importância da destinação correta das embalagens e dos RCC. Os participantes concordam que os órgãos responsáveis e os instrumentos de fiscalização são falhos, o que leva ao descarte irregular e impróprio. A indústria fabricante de materiais de construção deveria contribuir com campanhas de conscientização em nível regional e nacional para gestão e aproveitamento final das embalagens e coprodutos.

Também foi comentada a importância de ter um incentivo fiscal, como por exemplo, redução das taxas das obras, quando são atendidas as regulamentações. Multas severas quando há descumprimento da legislação e também a implantação da *gate fee*, que já vem sendo utilizada em outros países e corresponde a uma taxa cobrada sobre determinada quantidade de resíduos recebidos em uma estação de tratamento de resíduos. Esta taxa pode

ser cobrada por carga, por tonelada, ou por item dependendo da fonte e tipo de resíduo. O ideal seria implantar taxas de volume de resíduos para evitar o consumo exagerado.

Houve discordância de um participante quanto à inclusão dos agentes ambientais (catadores) no sistema da logística reversa, pois segundo ele, esta é uma estratégia de gestão que não existe nos países desenvolvidos, devido aos danos e passivos sociais operantes, somente em países mais pobres esta prática continua vigorando. Ele sugere a construção de miniusinas e usinas de tratamento locais de resíduos, para integrar e empregar mão de obra para maior produtividade, eficiência e responsabilidade social.

Apesar de apenas um participante se manifestar sobre a inclusão dos catadores no sistema de logística reversa, possivelmente, a interpretação anterior também pode ter sido feita pelos demais participantes, visto que a maioria dos critérios excluídos, destacados no Quadro 9, estão relacionados à participação dos catadores no sistema de logística reversa.

Alguns participantes afirmaram que a prefeitura não deve ser vista como agente executivo e sim como agente regulador e fiscalizador, o que justifica a pouca preferência dos participantes pelos critérios destacados na Questão 2 e Questão 5 no Quadro 9. A tendência é que o serviço de coleta pública na cidade mude nos próximos anos, visto que o custo operacional do sistema atual é oneroso para a prefeitura. Também é de suma importância avaliar a participação atual da prefeitura no recolhimento dos RCC e a contratação de caçambas pelos pequenos geradores. Na maioria das vezes estas alternativas não são funcionais e efetivas, pois há risco de contaminação do material armazenado e há transferência de responsabilidade pela destinação dos resíduos.

Por último, foi comentada a importância de abordar a viabilidade econômica e técnica da implantação de sistemas de logística reversa no setor da construção civil, considerando as várias possibilidades de canais reversos.

4.2 QUESTIONÁRIO *DELPHI* 2ª RODADA

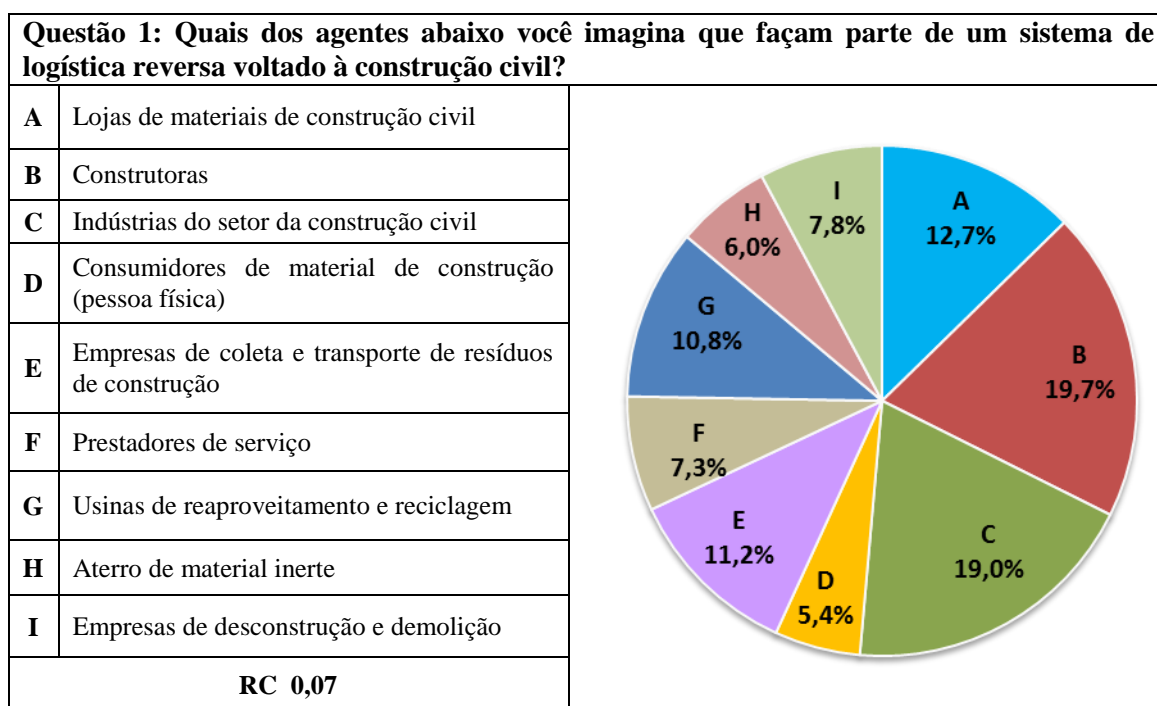
Nesta segunda rodada, o questionário aprimorado (**Apêndice B**) foi enviado para 100 participantes, Grupo 2 – Profissionais Atuantes, sendo que 13 questionários retornaram respondidos. O perfil dos profissionais que responderam ao questionário varia de 3 a 30 anos de experiência em diferentes segmentos da construção civil, como pesquisa, docência,

consultoria, projetos, construção e prestação de serviços. Dos 13 entrevistados, 6 trabalham em empresas grandes geradores de RCC, 2 trabalham em empresas pequenas geradoras de RCC e o restante não gera RCC no local de trabalho.

Novamente, o número de respostas foi superior ao valor mínimo de 10 questionários para validar o método *Delphi* e não foi necessário reenviar a pesquisa aos participantes.

Os participantes avaliaram o conteúdo das questões e, considerando a experiência e opinião pessoal de cada um atribuíram valores para cada comparação de critério, de acordo com a escala proposta por Saaty (1987), Quadro 6.

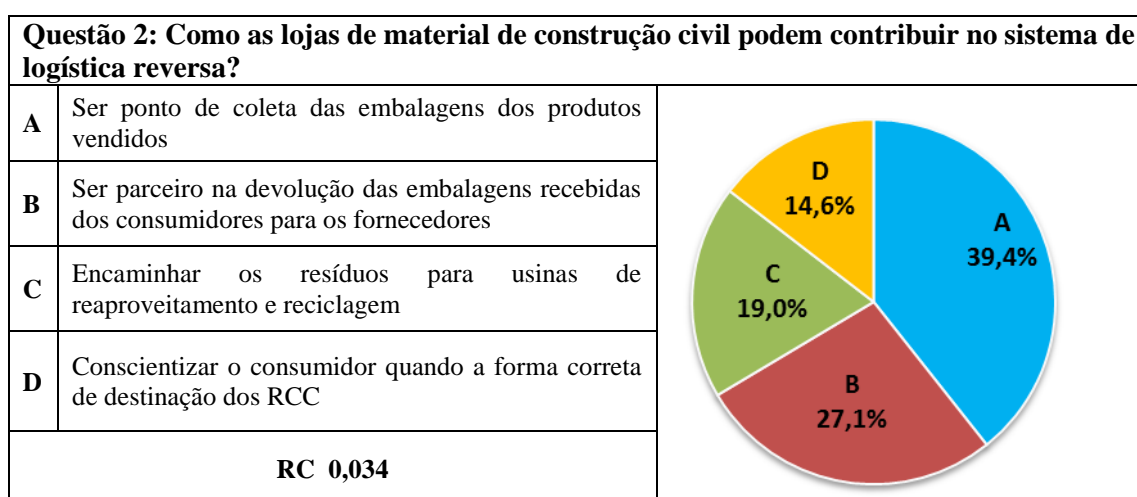
Os resultados da hierarquização dos critérios na ferramenta *BPMSG AHP Excel* estão disponíveis nos quadros a seguir com os respectivos gráficos, que mostram o peso em porcentagem atribuído a cada critério, demonstrando a preferência dos tomadores de decisão conforme o questionamento apresentado. No final do quadro também está descrito o valor da Razão de Consistência (RC) encontrado para cada questão, cujo valor aceitável é $RC \leq 0,1$, o que demonstra qualidade nos julgamentos, segundo Saaty (1991) e Silva (2012).



Quadro 10: Resultado da AHP da Questão 1

Nesta primeira análise (Quadro 10), a priorização dos critérios demonstra que os três agentes mais importantes, segundo a opinião do Grupo 2 – Profissionais Atuantes, para compor o sistema de logística reversa no setor da construção civil são: construtoras (19,7%); indústrias do setor da construção civil (19,0%) e lojas de material de construção civil (12,7%). O restante dos agentes ficou abaixo de 12%, sendo que o critério E, que trata da participação das empresas de coleta e transporte de RCC no sistema de logística reversa, obteve 11,2% da preferência dos participantes e as usinas de reaproveitamento e reciclagem 10,8%.

Coincidentemente os três critérios com maior pontuação, segundo opinião dos especialistas, correspondem às atividades que geram maior renda para cadeia produtiva da construção civil, conforme informação da ABRAMAT (2007) e da CBIC (2015). Esta análise reforça a justificativa por explorar um pouco mais estes ramos de atividade na elaboração do modelo conceitual de logística reversa para o setor da construção civil em Curitiba.



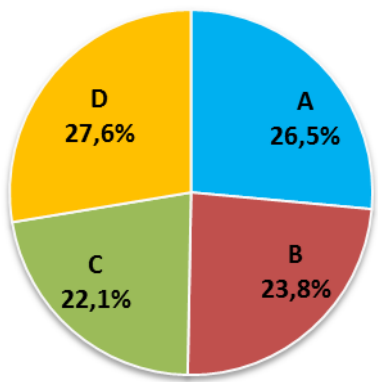
Quadro 11: Resultado da AHP da Questão 2

Na Questão 2 (Quadro 11), quando questionados sobre como as lojas de material de construção poderiam contribuir no sistema de logística reversa, o critério que teve melhor aceitação pelos participantes foi o critério A, com 39,4% de preferência. O segundo critério melhor avaliado foi o critério B em que, aproximadamente, 27,1% dos entrevistados acreditam que as lojas de material podem atuar como canal na devolução das embalagens recebidas pelos consumidores para os fornecedores de material de construção civil. Já os critérios menos pontuados foram os critérios C (19,0%) e D (14,6%), respectivamente.

Os resultados encontrados para os critérios A e B confirmam a importância da relação colaborativa entre clientes e fornecedores na devolução de materiais, conforme destacado nas pesquisas de Beiriz (2010), Guarnieri (2013), Hosseini *et al.* (2015) e Adjei (2016).

Gangolells *et al.* (2014) observaram que um dos preceitos da logística reversa é promover a conscientização dos agentes da cadeia produtiva, a fim de que o retorno dos materiais seja o melhor possível. No entanto, a participação das lojas de material na conscientização dos consumidores quanto à forma correta de destinação dos RCC obteve apenas 14,6% da preferência dos especialistas. Isto leva a crer que, assim como encontrado nos estudos de Chileshe *et al.* (2015), Hosseini *et al.* (2014) e Rajagopal *et al.* (2015), a conscientização ainda pode ser uma barreira para a implementação do sistema de logística reversa na gestão dos RCC no setor da construção civil.

Questão 3: Em uma obra, o que a construtora deveria fazer com os resíduos de embalagem?	
A	Encaminhar via transportador contratado para um destinatário (Ex: usina de reciclagem, empresas que reutilizem como matéria-prima)
B	Devolver as embalagens, quando possível, para o fornecedor no momento do recebimento de novos produtos, estabelecendo uma oportunidade de negócio.
C	Formar parcerias com cooperativas de catadores (agentes ambientais) para efetuar a coleta
D	Encontrar formas de reaproveitamento do material na própria obra
RC 0,068	



Critério	Porcentagem
A	26,5%
B	23,8%
C	22,1%
D	27,6%

Quadro 12: Resultado da AHP da Questão 3

Com relação à responsabilidade das construtoras sobre os resíduos de embalagem produzidos na obra, no Quadro 12 é possível observar um equilíbrio entre a ponderação dos critérios selecionados. Na opinião dos especialistas, todos os critérios A (26,5%); B(23,8%); C(22,1%) e D(27,6%) são relevantes para o retorno das embalagens pelas construtoras para a cadeia produtiva da construção civil.

Alguns dos preceitos da logística reversa apresentados anteriormente e que podem contribuir para a logística reversa das embalagens são: bons controles de entrada;

mapeamento do processo e rede de logística planejada com relações colaborativas entre clientes e fornecedores, conforme observado nos trabalhos de Santos *et al.* (2013), Guarnieri (2013), Adjei (2016) e Kaynak *et al.* (2014).

Os resultados encontrados na Questão 3 (Quadro 12) confrontam os resultados encontrados por Beiriz (2010) em que é descartada a possibilidade de retorno dos materiais por meio de canal de distribuição direta, com a entrega dos RCC do gerador para o distribuidor e deste para o fabricante. Segundo Beiriz (2010), os comerciantes não estão dispostos a assumir responsabilidade pelo retorno dos materiais ou fariam isto somente com forte imposição dos fabricantes, além de não ter estrutura física para recebimento das embalagens.

Questão 4: O que as indústrias do setor da construção civil podem fazer para colaborar com a logística reversa?	
A	Reaproveitar os resíduos retornados e aqueles gerados no seu próprio processo de produção
B	Ofertar os resíduos gerados como matéria-prima para o processo produtivo de outras empresas
C	Criar e manter políticas próprias de retorno das embalagens com os clientes
D	Desenvolver tecnologias para redução dos resíduos, inclusive embalagens.
RC 0,032	

Opção	Porcentagem
A	36,1%
B	15,0%
C	13,7%
D	35,2%

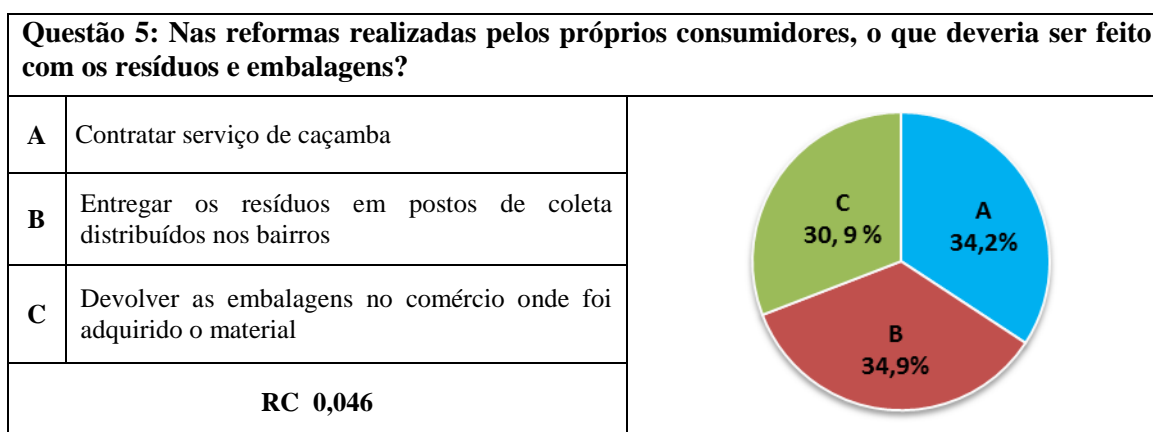
Quadro 13: Resultado da AHP da Questão 4

Na Questão 4, o Grupo 2 foi questionado sobre o papel das indústrias da construção civil no sistema de logística reversa. A análise hierárquica (Quadro 13) mostra que o critério A, que trata sobre reaproveitamento dos RCC no próprio processo produtivo, obteve 36,1% de preferência entre os entrevistados. Em segundo lugar, o critério D (35,2%), que trata sobre o papel das indústrias da construção civil no desenvolvimento de tecnologias para a redução dos resíduos. Os dois critérios que obtiveram menor pontuação foram o C (13,7%) e o B (15,0%), respectivamente.

Segundo os profissionais atuantes, a oferta de RCC gerado na indústria para uso em processos produtivos de outras empresas e a criação de políticas de retorno de embalagens com clientes não causam impacto significativo no sistema de logística reversa. Este resultado

se assemelha às barreiras encontradas na literatura, conforme destacadas no Quadro 4, e reforça a dificuldade que as indústrias da construção civil podem enfrentar no envolvimento de outros agentes da cadeia produtiva no retorno dos produtos, conforme exposto por Hosseini *et al.*(2015) e Adjei (2016).

Por outro lado, assim como em Wahi *et al.* (2016), Lu e Yuan (2012), Dahlbo *et al.* (2015), Ajayi *et al.* (2015), Ajayi *et al.* (2016) e Najafpoor *et al.* (2014), a participação da indústria no desenvolvimento de tecnologias para minimizar a geração de embalagens e o reaproveitamento dos RCC no próprio processo produtivo contribui para operacionalização da logística reversa no setor da construção civil.



Quadro 14: Resultado da AHP da Questão 5

Nas reformas realizadas pelos próprios consumidores de material de construção, os especialistas atribuíram valores muito próximos para os critérios avaliados (Quadro 14). Aquele que recebeu maior peso foi o critério B, com 34,9%, que se refere à destinação dos RCC a postos de coleta distribuídos nos bairros, seguido do critério A, com 34,2%, que se refere à contratação de serviço de caçamba. Por último, classificado o critério C, com 30,9%, relacionado à devolução das embalagens dos materiais utilizados diretamente no comércio onde foram adquiridos.

Os resultados da Questão 5 apontam que a implantação de postos de coleta de RCC é bem vista para auxiliar no gerenciamento dos resíduos da construção civil e retorno dos materiais à cadeia produtiva, assim como analisado no trabalho de Penteadó *et al.* (2015), Oyedele *et al.* (2014) e Adjei. (2016). No entanto, para que os pontos de coleta sejam

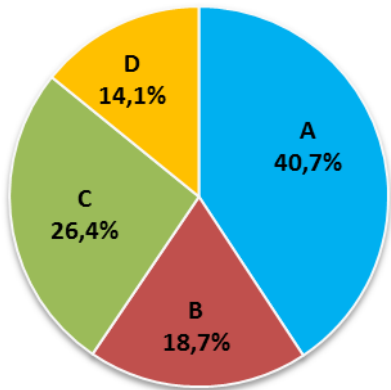
eficientes no retorno de material de qualidade para a cadeia produtiva, é necessário que o processo seja acompanhado em cada etapa, desde a fase planejamento, implantação, até operação, levando em consideração os preceitos da logística reversa, conforme observado por Sobotka e Czaja (2015) e Ajayi *et al.* (2015).

Apesar da contratação de caçamba ser o segundo critério melhor avaliado, esta alternativa deve ser revista, pois o sistema atual de operação das caçambas permite contaminação por outros materiais além da falta de controle, em alguns casos, sobre os locais de despejo/destinação do material coletado. É importante que antes da contratação seja verificada a procedência da empresa e a responsabilidade sobre o resíduo recolhido, emitindo o MTR em todas as ocasiões.

Alguns projetos voltados à informatização do sistema de transporte de resíduos vêm sido estudados com o objetivo de auxiliar na fiscalização dos prestadores de serviço e rastrear a destinação dos RCC das caçambas. Segundo Santos *et al.* (2013), Guarnieri (2013) e Adjei (2016), sistemas de informação quando bem planejados contribuem para controle do fluxo de informações na cadeia reversa e melhoram o desempenho e identificação de abusos no retorno de produtos

O percentual obtido no critério C (30,9%) mostra que a devolução das embalagens no comércio onde o material foi adquirido é um canal reverso possível para os consumidores e pequenos geradores de RCC e reforça o preceito de boas relações entre fornecedores e clientes, destacado por Guarnieri (2013), Santos *et al.* (2013) e Adjei (2016).

Questão 6: Como as empresas de coleta e transporte de resíduos de construção podem contribuir no sistema de logística reversa?	
A	Estabelecer periodicidade da coleta para evitar deslocamentos desnecessários
B	Cobrar mais pela coleta e transporte quando o material estiver misturado
C	Ter um local adequado para armazenar temporariamente os materiais coletados antes de enviá-los à destinação final, otimizando a logística reversa e minimizando custos e emissões de CO ₂
D	Emitir documento de Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR)
RC 0,036	

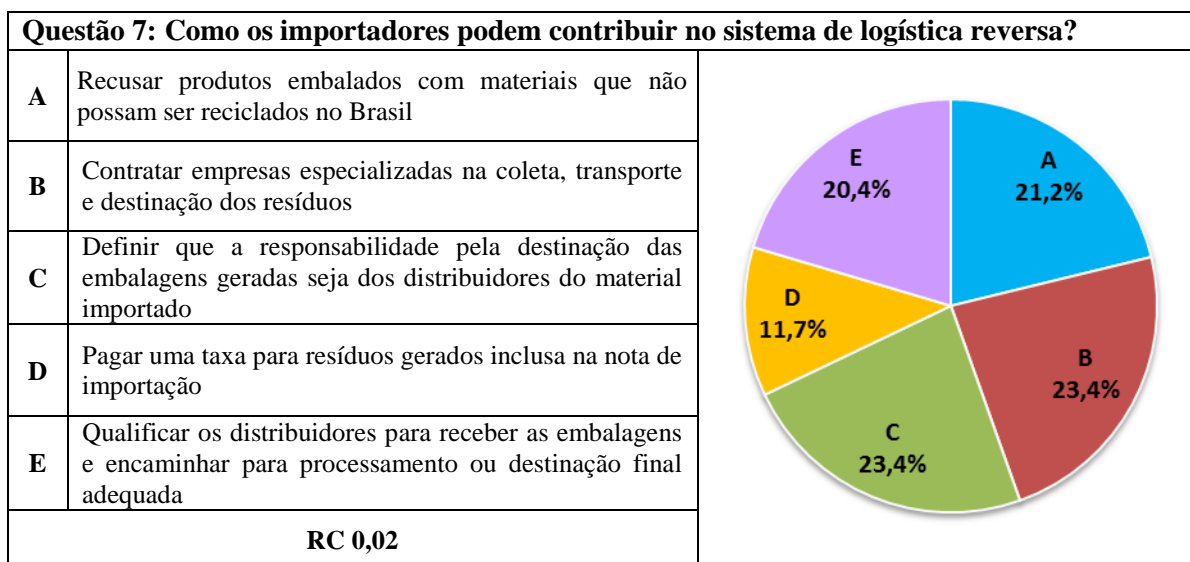


Alternativa	Porcentagem
A	40,7%
B	18,7%
C	26,4%
D	14,1%

Quadro 15: Resultado da AHP da Questão 6

A Questão 6 teve como objetivo verificar de como as empresas de coleta e transporte de RCC podem contribuir no sistema de logística reversa. A partir dos resultados (Quadro 15) verificou-se que o critério A, que trata sobre a necessidade de estabelecer periodicidade da coleta para evitar deslocamentos desnecessários, foi o mais pontuado, com 40,7% da preferência dos participantes. O critério C ficou em segundo lugar, com 26,4% da preferência, o que demonstra a preocupação dos especialistas em otimizar as etapas da logística reversa, a fim de minimizar os impactos ambientais e econômicos. Semelhante resultado foi encontrado nos trabalhos de Gangolells *et al.* (2014), Bouzon *et al.* (2015), Jindal e Sangwan (2011), entre outros.

Os dois últimos critérios B (18,7%) e D (14,1%) demonstram que o impacto das empresas de coleta e transporte cobrarem mais pelo recolhimento de material misturado ou emitirem o MTR durante a prestação do serviço, não influenciam diretamente no sistema de logística reversa do setor da construção civil.

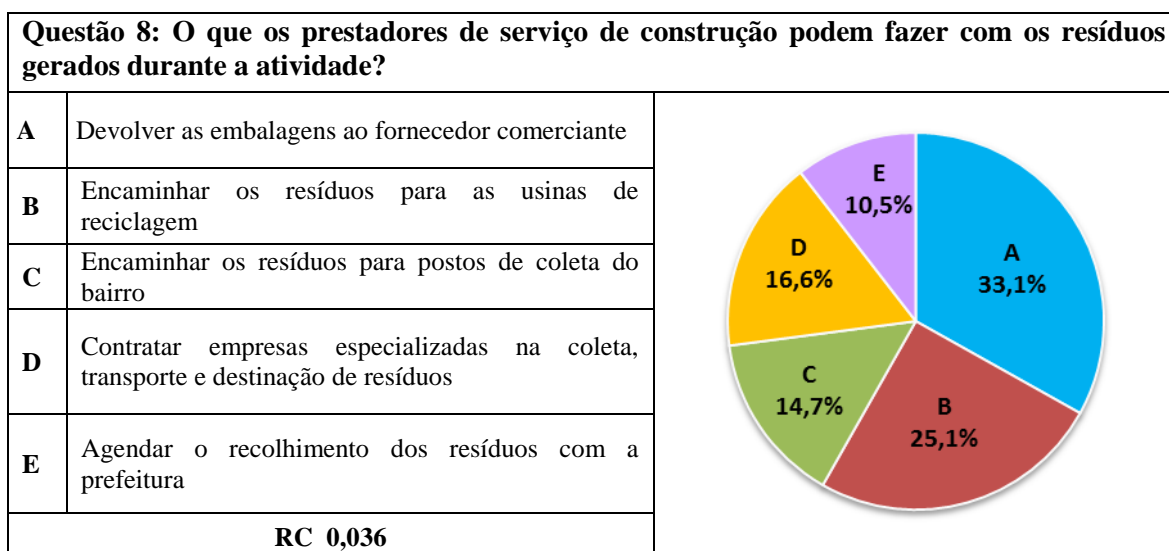


Quadro 16: Resultado da AHP da Questão 7

No Quadro 16 está apresentado o resultado da Questão 7, que trata sobre a participação dos importadores no sistema de logística reversa da construção civil. Dos cinco

critérios avaliados, o critério B e o critério C ficaram empatados com 23,4% da preferência do Grupo 2 – Profissionais Atuantes. O critério A foi ponderado com 21,2%, seguido do critério E com 20,4%. O último da classificação foi o critério D, com apenas 11,7%.

A partir da análise hierárquica desta questão, é possível verificar que os principais responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos gerados na importação de materiais são as próprias importadoras. No entanto, visto que o sistema de logística reversa deve integrar todos os agentes da cadeia produtiva, a responsabilidade compartilhada deveria também ser estendida às empresas exportadoras. A taxação pelos resíduos gerados e a recusa por embalagens que não possam ser recicladas no Brasil são algumas alternativas que podem contribuir para o sistema de logística reversa.

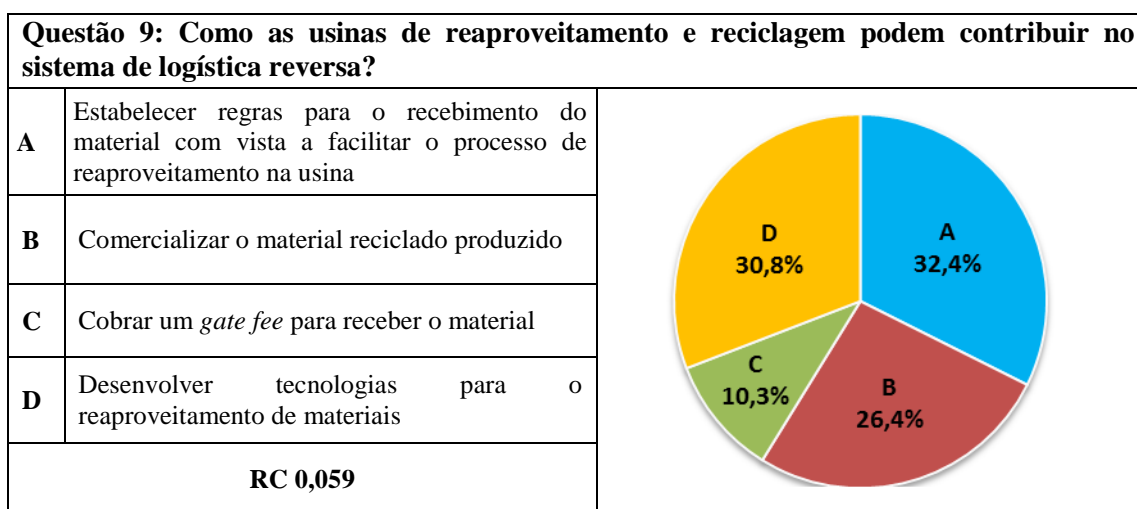


Quadro 17: Resultado da AHP da Questão 8

Na Questão 8, os especialistas avaliaram algumas opções de destinação dos resíduos gerados pelos prestadores de serviço da construção civil. Segundo o Quadro 17, o critério mais relevante na opinião dos participantes é realizar a devolução das embalagens diretamente ao fornecedor comerciante, critério A (33,1%). Em segundo lugar está o critério B (25,1%), em que os resíduos gerados devem ser encaminhados para as usinas de reciclagem. O terceiro critério melhor ponderado foi o critério D (16,6%), sobre a contratação de empresas especializadas em gerenciamento de resíduos. A opção de encaminhar os resíduos para postos

de coleta, critério obteve 14,7% de preferência, e o último colocado foi o critério E (10,5%), que sugere que os resíduos sejam recolhidos pela prefeitura por agendamento.

Nesta questão, fica evidenciada a necessidade dos prestadores de serviços estreitarem a relação entre cliente e fornecedor, com o objetivo de otimizar o fluxo reverso do material para o local de origem e reinserção na cadeia produtiva, seja por meio da reutilização ou da reciclagem do material. Oyedele *et al.* (2014), Gangolells *et al.* (2014), Adjei (2016), Hosseini *et al.* (2015), entre outros autores reforçam estas iniciativas nas atividades do setor da construção civil.

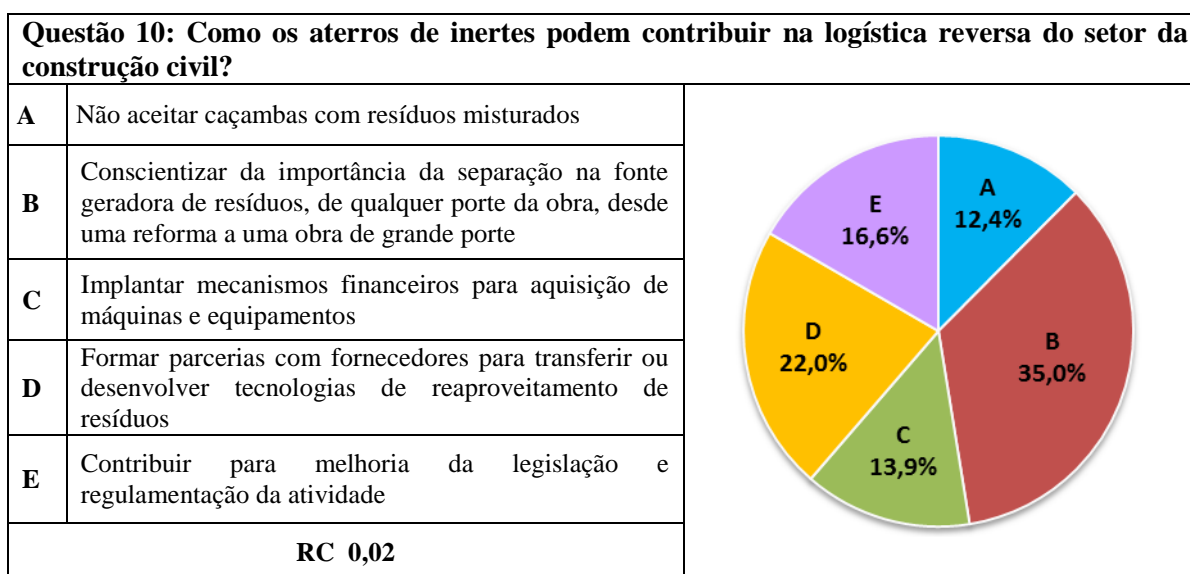


Quadro 18: Resultado da AHP da Questão 9

A análise da contribuição das usinas de reaproveitamento e reciclagem no sistema de logística reversa, Quadro 18, mostra que o critério melhor classificado foi o critério A (32,4%), em que é sugerido o estabelecimento de regras para recebimento do material na usina, a fim de facilitar o processo de reaproveitamento. O segundo critério melhor avaliado (critério D, 30,8%) trata da contribuição das usinas no desenvolvimento de novas tecnologias para o reaproveitamento de materiais. Em terceiro lugar (critério B), com 26,4% da preferência, está a comercialização do material reciclado produzido nas usinas. Observa-se que os critérios A, B e D, melhor pontuados pelos especialistas, foram objeto de estudo da pesquisa de Nunes *et al.* (2007) em que é destacada a participação das usinas de reciclagem no gerenciamento dos RCC e no sistema de logística reversa.

Na opinião dos especialistas, o fato das usinas cobrarem uma taxa para recebimento de determinada quantidade de material, *gate fee*, que já é utilizada em outros países, não teria grande impacto no sistema de logística reversa, o peso final deste critério alcançou apenas

10,7% da preferência dos participantes. Este resultado aponta que, apesar da sugestão da inclusão deste critério na 2ª rodada *Delphi* e divulgação da aplicação no Brasil, no trabalho de Nunes *et al.* (2007), a *gate fee* ainda provoca certa resistência como alternativa para gerenciamento dos RCC e pode atuar como barreira econômica na aplicação da logística reversa na construção civil.



Quadro 19: Resultado da AHP da Questão 10

Ao serem questionados sobre a participação dos aterros de inertes no sistema de logística reversa do setor da construção civil (Quadro 19), os participantes avaliaram o critério B em 35%. Esta resposta reforça a importância da conscientização da separação dos resíduos na fonte geradora, em obras de qualquer porte. Assim, a quantidade enviada para aterro diminui, minimizando os impactos ambientais e a necessidade de implantação de novos aterros, conforme sugerido em Osman *et al.* (2016), Ling e Nguyen (2013), Saez *et al.* (2013), Ajayi *et al.* (2016), entre outros.

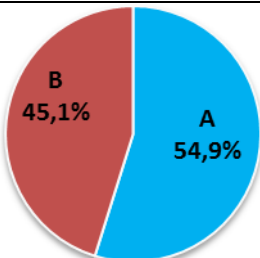
O critério D ficou em segundo lugar com 22,0% de preferência dos especialistas. Eles concordam que os administradores dos aterros de inertes deveriam formar parcerias com empresas, para que estas possam utilizar os resíduos recebidos no aterro como matéria-prima no processo produtivo. Além disso, assim como exposto por Hosseini *et al.* (2015), as

parcerias com fornecedores podem auxiliar no desenvolvimento de tecnologias de reaproveitamento de resíduos, otimizando o sistema de logística reversa.

O terceiro critério melhor avaliado foi o critério E, com 16,6%. Os participantes acreditam que os aterros de inertes podem contribuir na melhoria da legislação ambiental e regulamentação da atividade, expondo as dificuldades enfrentadas no gerenciamento dos resíduos recebidos.

Diferente do recomendado no trabalho de Miranda *et al.* (2014), os incentivos financeiros para aquisição de máquinas e equipamentos que possam auxiliar no gerenciamento dos RCC no próprio aterro obteve peso de apenas 13,9% (critério C) e a pior classificação foi do critério A (12,4%), que trata sobre a possibilidade dos aterros não aceitarem caçambas com resíduos misturados. Ambos os critérios poderiam contribuir na obtenção de um agregado de maior qualidade para ser reaproveitado e reinserido na cadeia produtiva.

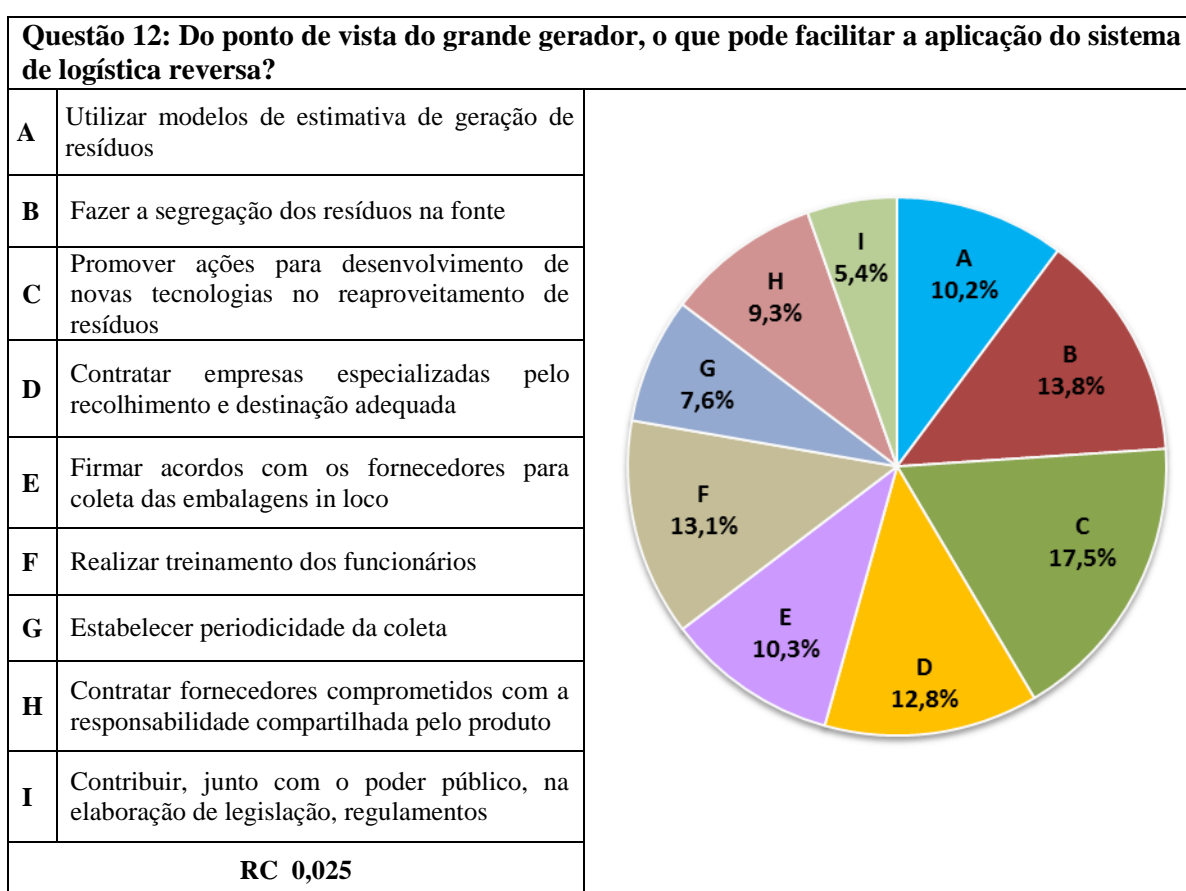
Questão 11: O que as empresas de desconstrução e demolição deveriam fazer com os resíduos gerados?	
A	Reutilizar o material na própria obra
B	Enviar o material para as usinas de reaproveitamento e reciclagem
RC 0,001	



A	54,9%
B	45,1%

Quadro 20: Resultado da AHP da Questão 11

Na Questão 11, o Grupo 2 foi questionado sobre o que as empresas de desconstrução e demolição deveriam fazer com os resíduos gerados nas suas atividades. Apenas dois critérios foram submetidos ao AHP, sendo que, a reutilização do material na própria obra recebeu 54,8% da avaliação dos participantes. Já o critério B, em que a sugestão é enviar os RCC para usinas de reaproveitamento e reciclagem obteve 45,1% da preferência dos especialistas (Quadro 20). Resultados semelhantes foram encontrados em Hosseini *et al.* (2015), Zhang e Xiao (2015), Lu *et al.* (2011) e Ding e Xiao (2014).



Quadro 21: Resultado da AHP da Questão 12

Conforme apresentado no Quadro 21, sob o ponto de vista do grande gerador de RCC, os especialistas hierarquizaram nove critérios que podem facilitar a aplicação do sistema de logística reversa pelos grandes geradores. Segundo o Decreto nº 1.068/2004 são considerados grandes geradores aqueles que operam obras menores que 70 m² e geram mais do que 0,5m³

de RCC em dois meses; e/ou obras com área construída de 70 a 600 m² ou remoção de solo acima de 50 m³; e/ou obras com área acima de 600 m² e demolição com área acima de 100 m².

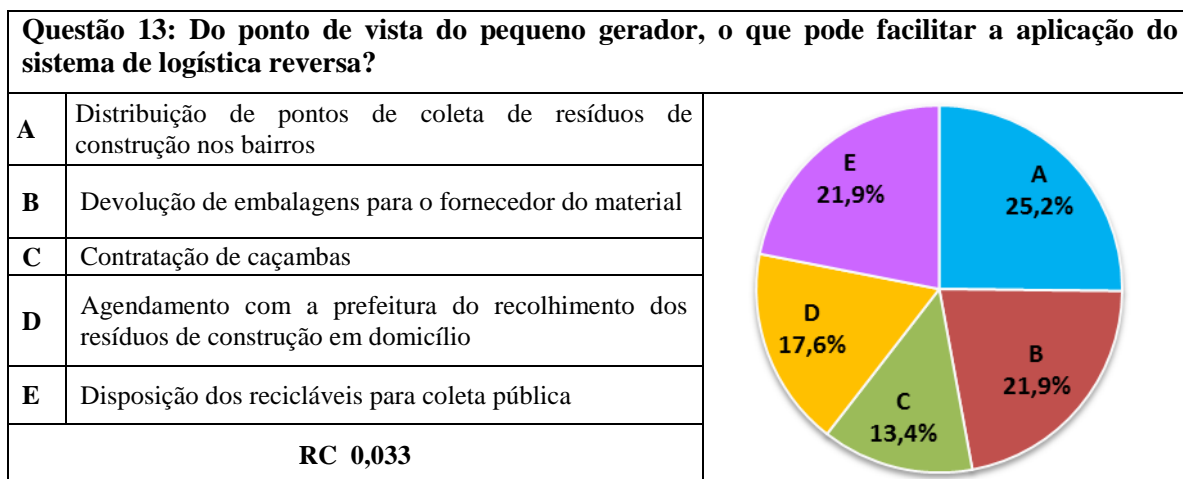
A classificação dos critérios aponta o critério C (Promover ações para desenvolvimento de novas tecnologias no reaproveitamento de resíduos) como a maior oportunidade (17,5%) de contribuição do grande gerador no sistema de logística reversa no setor da construção civil.

Em segundo lugar, com 13,8% está o critério B, que incentiva o grande gerador a fazer segregação dos resíduos na fonte. Em seguida está classificado o critério F, com 13,1%, em que é destacada necessidade dos grandes geradores de resíduos em realizar treinamento dos funcionários a fim de melhorar o gerenciamento dos canteiros de obras e conseqüentemente o sistema de logística reversa.

Em quarto lugar está o critério D (12,8%), que trata sobre a necessidade dos grandes geradores em contratar empresas especializadas pelo recolhimento e destinação adequada dos RCC. Já os critérios E e A foram avaliados com valores muito próximos, 10,3% e 10,2%, respectivamente. Sendo que o critério E sugere que os grandes geradores de RCC firmem acordos com fornecedores para coleta das embalagens geradas *in loco*, enquanto o critério A sugere a utilização de modelos de estimativa de geração de resíduos para auxiliar no gerenciamento e implantação dos sistemas de logística reversa.

Segundo os participantes, a contratação de fornecedores comprometidos com a responsabilidade compartilhada pelo produto (critério H) influencia 9,3% no sistema de logística reversa. Em penúltimo lugar na classificação ficou o critério G (7,6%) que sugere aos grandes geradores estabelecer periodicidade da coleta dos resíduos, com o objetivo de organizar a logística dos resíduos na própria obra antes de retornarem ao fluxo reverso.

Por fim, o critério I ficou por último no AHP da Questão 12, com 5,4%, o que demonstra a baixa confiança dos especialistas na contribuição dos grandes geradores de RCC na elaboração de legislação e regulamentos, junto ao poder público. Este resultado reforça a opinião de outros autores como Begun *et al.* (2006), Nunes *et al.* (2009), Isman e Ismail (2014), Beiriz (2010), entre outros que afirmam que as políticas de incentivo, legislações e regulamentações devem partir do governo, que é o principal pilar na formulação de um plano estratégico para gerenciamento dos RCC, e atingir os demais elos da cadeia logística.



Quadro 22: Resultado da AHP da Questão 13

Nesta última Questão 13 (Quadro 22), os especialistas realizaram a AHP sob o ponto de vista dos pequenos geradores que, conforme Decreto nº 1.068/2004, são aqueles que geram a quantidade máxima de 2,5 m³ de resíduos da construção civil, num intervalo não inferior a 2 meses.

Os resultados apontam o critério A com a melhor avaliação (25,2%), o que mostra, novamente, a distribuição de pontos de coleta de RCC nos bairros como uma boa alternativa no sistema de logística reversa da construção civil, inclusive para os pequenos geradores. Em seguida ficaram empatados os critérios B e E, com 21,9%. O critério B sugere que os pequenos geradores devolvam as embalagens utilizadas diretamente para o fornecedor do material e o critério E estabelece que os resíduos recicláveis gerados sejam dispostos para coleta pública do município.

O agendamento com a prefeitura do recolhimento dos RCC (critério D) obteve 17,6% da preferência dos participantes e em último lugar, com 13,4%, ficou a opção dos pequenos geradores por contratar serviços de caçamba para recolhimento dos resíduos. Atualmente, este último critério é bastante utilizado, porém não representa uma contribuição significativa para o sistema de logística reversa, pois o material recolhido, na maioria das vezes, não é de boa qualidade para ser reaproveitado.

A partir da análise dos gráficos gerados é possível verificar que tanto na 1^a como na 2^a rodada *Delphi* a aplicação do questionário foi satisfatória na seleção e ponderação de critérios para compor o sistema de logística reversa. Este resultado reforça a credibilidade do método já demonstrado em pesquisas anteriores, como em Oliveira e Athayde Jr (2014), Silva (2012) e Biju (2015), que utilizaram o questionário *Delphi* em conjunto com o AHP para auxiliar a tomada de decisão.

No geral, os resultados da aplicação do questionário *Delphi* foram satisfatórios para observação da hierarquização dos critérios, conforme a opinião dos especialistas Grupo 2 – Profissionais Atuantes. A partir dos critérios selecionados é possível verificar quais as ações podem ser priorizadas no sistema de logística reversa do setor da construção civil e como cada *stakeholder* pode contribuir na implantação e otimização do fluxo de materiais na cadeia reversa da construção civil em Curitiba.

4.3 MODELO DE LOGÍSTICA REVERSA PARA O SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na elaboração do modelo conceitual de logística reversa foram considerados os três ramos de atividades mais representativos do setor da construção civil na cidade de Curitiba e os principais agentes da cadeia produtiva responsáveis pelo fluxo de materiais no sistema de logística reversa (Figura 17).

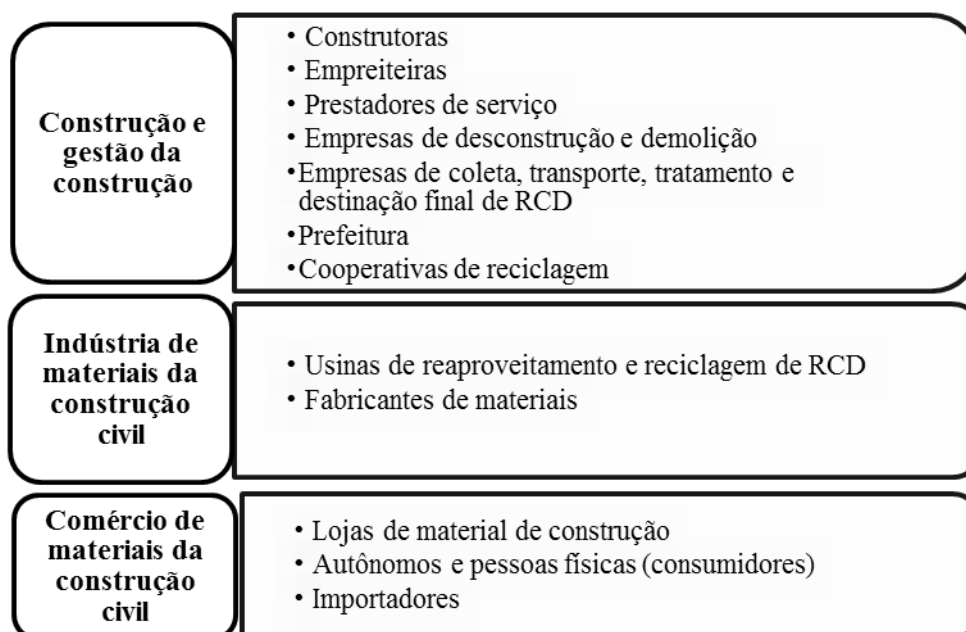


Figura 17: Agentes da cadeia produtiva do setor da construção civil em Curitiba

Os agentes da cadeia produtiva (Figura 17) foram selecionados com base nos trabalhos que tratam especificamente da aplicação da logística reversa na construção civil. Já a classificação dos agentes entre os três principais ramos de atividade considerou informações relacionadas à participação dos *stakeholders* da cadeia produtiva da construção civil no gerenciamento dos RCC.

Segundo Guindani (2014) a maioria dos ciclos produtivos segue um fluxo padrão e o retorno dos materiais se dá por meio dos canais reversos. Na cadeia logística do setor da construção civil, representado na Figura 18, independente do ramo de atividade o fluxo inicia com a extração da matéria-prima, seguido da fabricação dos materiais, para posteriormente ser distribuído e comercializado.

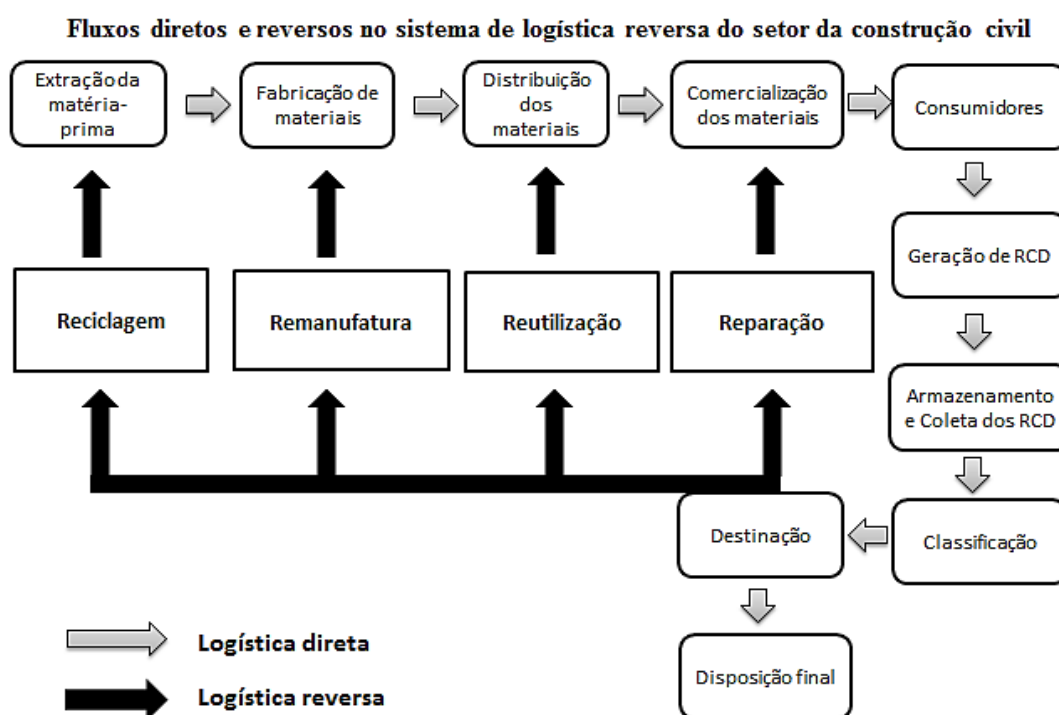


Figura 18: Fluxos diretos e reversos no sistema de logística reversa do setor da construção civil

A partir dos consumidores é possível caracterizar os pequenos e grandes geradores de RCC bem como as possibilidades de gerenciamento destes materiais descartados e o retorno à cadeia produtiva. A logística reversa dos RCC no setor da construção civil pode ocorrer pela reparação, reutilização, remanufatura ou reciclagem do material, seja na própria obra, ramo de atividade da construção civil ou em outros ciclos produtivos.

O modelo conceitual (Figura 19) foi elaborado com base nos critérios selecionados durante a aplicação do questionário *Delphi* e relaciona as responsabilidades de cada agente da

cadeia produtiva da construção civil no sistema de logística reversa, considerando o fluxo direto e reverso de materiais de pós-venda e de pós-consumo (Figura 18).

Assim como nos trabalhos de Abdulrahman *et al.* (2014), Baptista Jr (2011), Beiriz (2010), Fernandez e Kekale (2008), Hosseini *et al.* (2014), Hosseini *et al.* (2015), Pucci (2006), Schultmann e Sunke (2007), Sobotka e Czaja (2015), Yuan (2014), entre outros, este modelo conceitual considera os participantes dos três principais ramos de atividade da construção civil e quais iniciativas podem ser adotadas no gerenciamento dos RCC, em benefício da logística reversa e retorno dos materiais ao ciclo produtivo.

No modelo apresentado na Figura 19, verifica-se que, a maioria das iniciativas sugeridas é semelhante para pequenos e grandes geradores de RCC, e que ações tomadas em conjunto otimizam a operacionalização da logística reversa na cidade.

Observa-se que, a formação de parcerias entre fornecedores e clientes rege a maioria das ações de logística reversa, seja na devolução de embalagens, reaproveitamento do material em outras cadeias produtivas pesquisas de novos materiais e tecnologias, contratação de serviços de coleta, transporte, tratamento e destinação de RCC, assim como destacado nas pesquisas de Beiriz (2010), Guarnieri (2013), Hosseini *et al.* (2015) e Adjei (2016), entre outras.

Alguns preceitos que podem auxiliar na operacionalização deste sistema em Curitiba são investimentos em treinamento dos funcionários, planos de gerenciamento dos resíduos, modelos preditivos de RCC, sistemas de informação para mapeamento dos locais de maior geração de RCC e estabelecimento de pontos de coleta e usinas de reciclagem. Além do apoio dos sindicatos da categoria, entidades de classe, conselho de engenharia, instituições de pesquisa e do poder público na orientação, fiscalização e implementação do sistema de logística reversa no setor da construção civil.

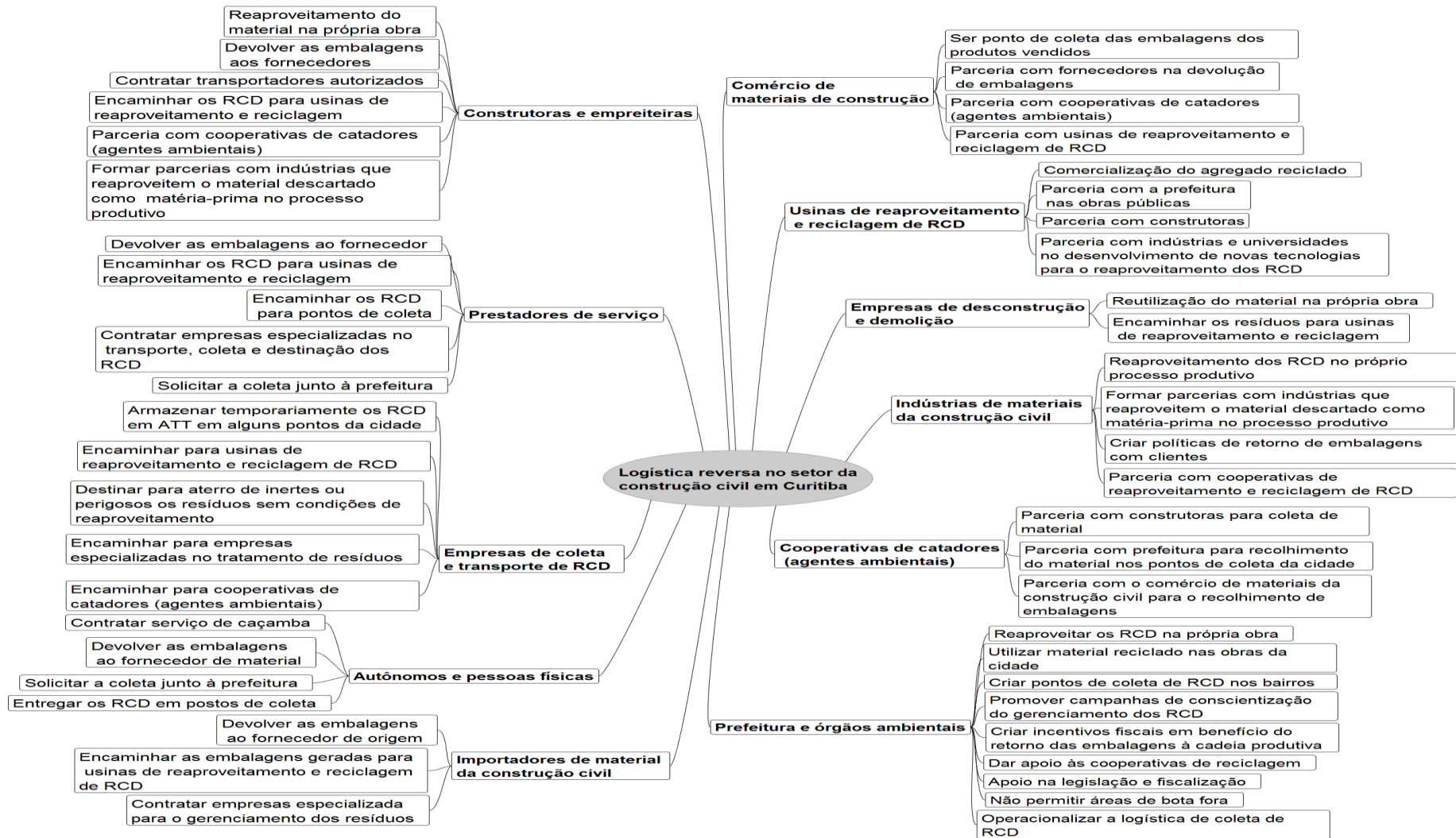


Figura 19: Modelo de logística reversa para o setor da construção civil em Curitiba

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Apesar da representatividade da cadeia produtiva da construção civil na economia brasileira, a quantidade de RCC gerados pelo setor, representa um dos grupos que mais causam impactos ao meio ambiente. A partir do estudo realizado foi possível verificar como a logística reversa vem sendo aplicada no gerenciamento dos resíduos da construção civil e quais barreiras sociais, econômicas, ambientais e tecnológicas podem dificultar o processo de implantação deste sistema.

A pesquisa revela que, desde que a logística reversa foi determinada obrigatória por meio da PNRS, alguns setores da economia estabeleceram sistemas estruturados de logística reversa em suas cadeias produtivas, e outros, como o setor da construção civil, estão em processo de elaboração e aprimoramento. Visto que boa parte dos RCC ainda é encaminhada para aterro ou depositada em áreas irregulares, a logística reversa é uma oportunidade de gerenciar adequadamente os RCC, agregando valor ao material descartado ou então, dispondo-o da maneira correta.

Devido à falta de regulamentação adequada do processo de implementação da logística reversa e fiscalização insuficiente por parte dos órgãos ambientais, muitas empresas não estão preparadas para aplicar o sistema de logística reversa em seus processos produtivos. Boa parte dos envolvidos na cadeia produtiva da construção civil não está familiarizada com o conceito de logística reversa e desconhece os benefícios que o investimento pode trazer, sob o ponto de vista, social, competitivo, econômico e ambiental.

No Paraná, a FIEP é a pioneira no apoio à elaboração do plano de logística reversa no setor da construção civil, porém as informações divulgadas até o momento não são suficientes para orientação da população e dos envolvidos na cadeia produtiva do setor. Neste contexto, a metodologia aplicada neste trabalho teve como objetivo auxiliar os participantes da cadeia da construção civil em Curitiba a entender o sistema de logística reversa no processo produtivo e prepará-los para o atendimento da legislação, principalmente a PNRS.

Na primeira rodada de aplicação do questionário *Delphi* ao Grupo 1 – Especialistas foi observada boa aceitação por parte dos profissionais da construção civil pela metodologia utilizada. O fato das questões estarem direcionadas por *stakeholders* da cadeia da construção civil facilitou o entendimento das questões e dos critérios a serem analisados. A opinião dos especialistas auxiliou a seleção de critérios relevantes para composição do sistema de logística reversa e aprimoramento das questões na segunda rodada *Delphi*.

Na segunda rodada *Delphi* o método MCDA foi utilizado com objetivo de facilitar a tomada de decisão por parte dos participantes da pesquisa. O método escolhido foi AHP (SAATY, 1987), que auxiliou os entrevistados na ponderação dos critérios selecionados na primeira rodada, transformando as informações essencialmente qualitativas, em informações quantitativas. Nesta rodada a pesquisa foi estendida para outros profissionais, denominados Grupo 2- Profissionais Atuantes, que atuam direta ou indiretamente nas atividades do setor da construção civil e que poderiam ser impactados pela operacionalização do sistema de logística reversa em Curitiba.

Nesta etapa de seleção e ponderação de critérios relevantes para compor o sistema de logística reversa no setor da construção civil foi demonstrado que, tanto o questionário *Delphi*, quanto o AHP são boas metodologias para auxiliar na tomada de decisão. Devido à característica do questionário *Delphi* ser aplicado e respondido por um corpo técnico com conhecimento sobre o assunto em questão, os resultados tendem a ter maior qualidade e confiabilidade. Já a aplicação do AHP com o auxílio da ferramenta *BPMSG AHP Excel*, elaborado por Goepel (2013), diminui a subjetividade das respostas e o resultado da hierarquização pode ser analisado estatisticamente. No entanto, Goepel (2013) e Mann (2012) alertam que a análise multicritério é altamente sensível a variações de julgamentos de valor, podendo pequenas alterações nos valores da decisão, alterarem completamente os resultados obtidos.

Na etapa de idealização e elaboração do modelo conceitual, com o auxílio da ferramenta *Free Mind*, foi possível destacar o potencial de aplicação dos preceitos da logística reversa entre os principais agentes da cadeia produtiva da construção civil. O modelo irá auxiliar no entendimento do fluxo de materiais no sistema de logística reversa e das responsabilidades de cada prestador de serviço, na execução das atividades relacionadas à construção civil, incluindo o gerenciamento dos RCC.

É importante ressaltar que os critérios selecionados para composição do questionário e como parte do modelo conceitual desenvolvido neste trabalho, embora representem as preferências dos participantes, é considerada decisão prescritiva, e não normativa. Ou seja, os tomadores de decisão possuem liberdade para adaptar o modelo a sua realidade, sem deixar de cumprir com a responsabilidade compartilhada pelos materiais.

A metodologia utilizada nesta pesquisa pode ser aplicada separadamente como, por exemplo, por ramo de atividade do setor da construção civil (indústrias, comércio de materiais, construtoras), atividade executada (cimenteiras, indústrias cerâmicas, fabricantes de

material), etapas da obra, etapas de gerenciamento de RCC, pequenos e grandes geradores de RCC. Desta forma, é possível explorar com mais detalhe a atividade executada, contribuindo no planejamento do sistema de logística reversa e na identificação das oportunidades de melhoria.

Algumas limitações enfrentadas durante a elaboração da pesquisa estão relacionadas à dificuldade na obtenção de informações sobre o setor da construção civil em Curitiba e dados específicos sobre RCC na cidade.

A partir do estudo realizado, verifica-se que as ferramentas de tomada de decisão podem ser utilizadas na seleção das melhores práticas de logística reversa no setor da construção civil e que sistemas de logística reversa quando bem planejados contribuem no gerenciamento dos RCC e no cumprimento da legislação ambiental.

Tendo em vista os resultados encontrados, algumas oportunidades de pesquisas futuras são:

- Realizar um estudo de viabilidade econômica da implantação do sistema de logística reversa no setor da construção civil, em Curitiba;
- Explorar com mais detalhe algumas atividades da construção civil e elaborar modelos de logística reversa para os materiais que são mais utilizados;
- Aplicar o modelo proposto a pequenos e grandes geradores de RCC, em Curitiba.

REFERÊNCIAS

ABDELHAMID, Manal S.. **Assessment of different construction and demolition waste management approaches**, *Housing and Building National Research Center Journal*, v.10, pp. 317-326, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hbrcj.2014.01.003>. Acesso em: 13 mar. 2016.

ABDULLAH, Nik A.H.N. e YAAKUB, Sabariah. **The pressure for reverse logistics adoption among manufacturers in Malaysia**, *Asian Journal of Business and Accounting*, v.8, pp.151-177, 2015. Disponível em: < <http://e-journal.um.edu.my/public/article-view.php?id=7845>>. Acesso em: 08 ago. 2015.

ABDULRAHMAN, Muhammad D.; GUNASEKARAN, Angappa e SUBRAMANIAN, Nachiappan. **Critical barriers in implementing reverse logistics in the Chinese manufacturing sectors**, *International Journal of Production Economics*, v. 147, pp. 460-471, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.08.003>. Acesso em: 10 set. 2015.

ADJEI, Solomon D.. **Review of waste management in the UK construction industry**, 2016. 404f. Thesis (Doctor of Philosophy), Faculty of Science and Engineering, University of Wolverhampton, 2016. Disponível em: < <http://wlv.openrepository.com/wlv/handle/2436/618541>>. Acesso em: 04 set. 2016.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos – Análise de viabilidade técnica e econômica 2013**, ABDI, Brasília, 2013. Disponível em: < http://www.abdi.com.br/Estudo/Logistica%20reversa%20de%20residuos_.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2015.

AGRAWAL, Saurabh; SINGH, Rajesh K.; MURTAZA, Qasim. **A literature review and perspectives in reverse logistics**, *Resources, Conservation and Recycling*, v. 97, pp. 76–92, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.02.009>. Acesso em: 24 mai. 2015.

AJAYI, Saheed O.; OYEDELE, Lukumon O.; BILAL, Muhammad; AKINADE, Olugbenga O.; ALAKA, Hafiz A.; OWOLABI, Hakeem A.; KADIRI, Kabir O.. **Waste effectiveness of the construction industry: understanding the impediments and requisites for improvements**, *Resources, Conservation and Recycling*, v. 102, pp.101–112, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.06.001>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

AJAYI, Saheed O.; OYEDELE, Lukumon O.; AKINADE, Olugbenga O.; BILAL, Muhammad; OWOLABI, Hakeem A.; ALAKA, Hafiz A.; KADIRI, Kabir O.. **Reducing waste to landfill: a need for cultural change in the UK construction industry**, *Journal of Building Engineering*, v.5, pp.185–193, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2015.12.007>. Acesso em: 14 nov. 2016.

AMEH, J.O.; ITODO, Daniel E. **Professionals' views of material wastage on construction sites and cost overruns**. *Organization, Technology and Management in Construction*, v. 5, pp. 747-757, 2013. Disponível em: < http://www.academia.edu/3774172/Professionals_Views_of_Material_Wastage_on_Construction_Sites_and_Cost_Overruns>. Acesso em: 20 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**, ABRELPE, São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>. Acesso em: 10 jan.2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS. **Indicadores do mercado**, ABRAFATI, São Paulo, 2017. Disponível em:< <http://www.abrafati.com.br/indicadores-do-mercado/numeros-do-setor/>>. Acesso em: 22 jan.2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO. **A cadeia produtiva da construção e o mercado de materiais**, ABRAMAT, Fundação Getúlio Vargas Projetos, São Paulo, 2007. Disponível em:< <http://www.abramat.org.br/site/datafiles/uploads/files/Estudo%20%20Cadeia%20Produtiva%20-%20Abramat%20.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.968**: Embalagem rígida vazia de agrotóxico - Procedimentos de lavagem, ABNT, Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – Classificação, ABNT, Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR ISO 14.001**: Sistemas da gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso, ABNT, Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS. **Livro branco da indústria de pneus- uma política industrial para o setor**, ANIP, São Paulo, 2015. Disponível em:< <http://www.anip.com.br/arquivos/f8201-white-book-versao-final.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

BACILA, Danielle M.; FISCHER Klaus; KOLICHESKI, Mônica B.. **Estudo sobre reciclagem de lâmpadas fluorescentes**, *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Edição Especial, pp. 21-30, 2014. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000442>>. Acesso em: 02 fev. 2015.

BAPTISTA JUNIOR, Joel V.. **Uma proposta para logística de reciclagem dos resíduos da construção civil na cidade do Rio de Janeiro**. 2011. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:<http://www.urb.puc-rio.br/dissertacao/dissertacao_joel_baptista.pdf>. Acesso em: 10 jan.2016.

BASTOS, Felipe C. **Análise da política de banimento de lâmpadas incandescentes do mercado brasileiro**. 2011. 130 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/felipe_bastos.pdf. Acesso em: 23 abr. 2015.

BATISTA, Andreia A.; BATISTA, Aurélia G.; TAVARES, Gisele C.; OLIVEIRA, Graziéle de. **Equipamentos eletrônicos: compra, uso e descarte consciente**. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, Curitiba, v.4, n.2, pp.131-168, jul/dez 2013. Disponível em:<<http://www.grupouninter.com.br/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/issue/view/13>>. Acesso em: 21 abr. 2014.

BEGUM, Rawshan A.; SIWAR, Chamhuri; PEREIRA, Joy J.; JAAFAR, Abdul H.. **A benefit–cost analysis on the economic feasibility of construction waste minimization: the case of Malaysia**, *Resources, Conservation and Recycling*, v.48, pp. 86–98, 2006. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.01.004>>. Acesso em: 23 out. 2015.

BEIKKHAKHIAN, Yokabed; JAVANMARDI, Mohammad; KARBASIAN, Mahdi; KHAYAMBASHI, Bijan. **The application of ISM model in evaluating agile suppliers selection criteria and ranking suppliers using fuzzy TOPSIS-AHP methods**, *Expert Systems with Applications*, v. 42, pp. 6224–6236, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2015.02.035>>. Acesso em: 06 jul. 2016.

BEIRIZ, Fernando A.S.. **Um modelo de aplicação da logística reversa na sustentabilidade da indústria da construção**. 2010. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010. Disponível em: <<http://www.poscivil.uff.br/conteudo/um-modelo-de-aplicacao-da-logistica-reversa-na-sustentabilidade-da-industria-da-construcao>>. Acesso em: 31 jul. 2016.

BELDEK, T.; CAMGÖZ-AKDAĞ, C.; HOŞKARA, E.. **Green supply chain management for construction waste: case study for Turkey**, *International Journal of Sustainable Development and Planning*, v. 11, pp.771–780, 2016. Disponível em:<<http://www.witpress.com/Secure/ejournals/papers/SDP110513f.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2016.

BERGAMO, Krystiane M. L.; STEFANELLO, Paulinho R.. **Logística reversa nos ambientes empresariais**, *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, n.3, v.6, pp.38-54, 2014. Disponível em:<<http://www.grupouninter.com.br/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/282/120>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

BIJU, Bárbara P.. **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) na indicação de possíveis áreas aptas à disposição de resíduos de construção civil**. 2015. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1328/1/CT_PPGEC_M_Biju%2c%20B%C3%A1rbara%20Pavani_2015.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2015.

BRASIL. **Decreto nº 4.074**, de 04 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 04 jan. 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4074compilado.htm. Acesso em: 12 de out. 2015.

_____. **Decreto nº 7.404**, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 dez. 2010a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso em: 12 de out. 2014.

_____. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm>. Acesso em: 20 abr. 2015.

_____. **Lei nº 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 20 abr. 2015.

_____. **Lei nº 9.795**, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 abr. 1999. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=321>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

_____. **Lei nº 9.974**, de 06 de junho de 2000. Altera a Lei nº7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 07 jun. 2000. Disponível em: <<http://sislex.previdencia.gov.br/paginas/42/2000/9974.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

_____. **Lei nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 ago. 2010b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 20 abr. 2014.

BOSCOV, Maria Eugênia G. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

BOUZON, Marina. **Evaluating drivers and barriers for reverse logistics implementation under a multiple stakeholder's perspective analysis using Grey- Dematel Approach**, 2015.207f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/134790>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

BOUZON, Marina; GOVINDAN, Kannan e RODRIGUEZ, Carlos Manuel T.. **Reducing the extraction of minerals: reverse logistics in the machinery manufacturing industry sector in Brazil using ISM approach**. *Resources Policy*, v.46, pp. 27-36, 2015. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2015.02.001>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

CABAÇO, Luisa M. F.. **Resíduos de construção civil. Caso de Estudo: construção de uma via ferroviária**, 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Faculdade de Ciências e Tecnologias da universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009. Disponível em: <<http://run.unl.pt/handle/10362/5075>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia CBIC de Boas Práticas em Sustentabilidade na Indústria da Construção**, CBIC, Serviço Social da Indústria, Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.cbic.org.br/arquivos/Guia_de_Boas_Praticas_em_Sustentabilidade_CBIC_FDC.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2015.

_____. **Banco de dados CBIC**, CBIC, Serviço Social da Indústria, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/home/>. Acesso em: 07 abr. 2016.

CANCHUMANI, Giancarlo A. L.. **Óleos lubrificantes usados: um estudo de caso de avaliação de ciclo de vida do sistema de rerrefino no Brasil**. Tese (Planejamento Energético, COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: < <http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/canchumani.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2016.

CASTAÑEDA, Eduin D. C.; BENITEZ, Ana M. F.; RODRIGUEZ, Julián D. S. **Diseño de un sistema de logística inversa para la recolección de envases y empaques vacíos de plaguicidas**, *Revista Ingeniería Industrial*, v. 12, pp. 29-42, 2013. Disponível em: < http://www.academia.edu/7594933/LOG%C3%8DSTICA_INVERSA_USANDO_SIMULACION_EN_LA_RECOLECCI%C3%93N_DE_ENVASES_DE_PLAGUICIDAS_ESTADO_DEL_ARTE>. Acesso em: 13 mai. 2015.

CAVALLAZZI, Eugênio; VALENTE, Luciana. **Logística Reversa- Muito além da reciclagem**. Disponível em: < <http://www.logisticadescomplicada.com/logistica-reversa-muito-alem-da-reciclagem/>>. Acesso em: 19 abr. 2015.

CHILESHE, Nicholas; RAMEEZDEEN, Raufdeen; HOSSEINI, M. Reza; LEHMANN, Steffen. **Barriers to implementing reverse logistics in South Australian construction organisations**, *Supply Chain Management: An International Journal*, v.20, pp.179 – 204, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1108/SCM-10-2014-0325>>. Acesso em: 19 out. 2016.

CIOCOIU, Carmen N.; BURCEA, Stefan; TÂRTIU, Valentina. **The WEEE management system in Romania dimension, strengths and weaknesses**. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, n.6, v. 15, pp. 5–22, 2010. Disponível em: < <http://www.um.ase.ro/no15/1.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2016.

CIOCOIU, Carmen N.; COLESCA, Sofia E.; RUDĂREANU, Costin; POPESCU, Maria L.. **Management of waste electrical and electronic equipment in Romania: a mini-review**, *Waste Management & Research*, pp.1-11, 2015. Disponível em: <http://wmr.sagepub.com/content/early/2015/11/11/0734242X15615422.abstract>. Acesso em 21 fev. 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Visão da indústria brasileira sobre a gestão de resíduos sólidos**, CNI, Serviço Social da Indústria, Brasília, 2014. Disponível em: http://www.fiepr.org.br/para-empresas/conselhos/moveleira/uploadAddress/Visao_da_Industria_Residuos_Solidos%5B61297%5D.pdf. Acesso em: 26 mar. 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 258**, de 26 de agosto de 1999. Determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 dez. 1999. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=258>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

_____. **Resolução CONAMA nº 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 jul. 2002.

Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

_____. **Resolução CONAMA n° 348**, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA n° 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 ago. 2004.

Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

_____. **Resolução CONAMA n° 362**, de 23 de junho de 2005. Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 27 jun. 2005.

Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=466>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

_____. **Resolução CONAMA n° 401**, de 04 de novembro de 2008. Estabelecem os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 04 nov. 2008.

Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

_____. **Resolução CONAMA n°416**, de 30 de setembro de 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 01 out. 2009. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

_____. **Resolução CONAMA n° 431**, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução n° 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 mai. 2011. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

_____. **Resolução CONAMA n° 448**, de 18 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução n° 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jan. 2012a.

Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

_____. **Resolução CONAMA n°450**, de 06 de março de 2012. Altera os arts. 9º, 16, 19, 20, 21 e 22, e acrescenta o art. 24 à Resolução CONAMA n° 362, de 23 de junho de 2005, que dispõe sobre recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 07 mar. 2012b. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=674>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

_____. **Resolução CONAMA n°469**, de 29 de julho de 2015. Altera art 3º da Resolução CONAMA n° 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil**, Brasília, DF,

30 jul. 2015. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=714>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS. **Supply chain management terms and glossary**, 2013. CSCMP, 2013. Disponível em: < <http://cscmp.org/imis0/CSCMP/>>. Acesso em: 31 out. 2016.

CURITIBA. **Decreto nº 1068**, de 18 de novembro de 2004. Institui o Regulamento do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Curitiba e altera disposições do Decreto nº 1.120/97. **Prefeitura Municipal de Curitiba**. Curitiba, PR, 18 nov. 2004. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/materias/xml/do/secao1/2278233.xml>>. Acesso em: 21 ago. 2006.

_____. **Decreto nº 852**, de 16 de agosto de 2007. Dispõe sobre a obrigatoriedade da utilização de agregados reciclados, oriundos da construção civil classe A, em obras e serviços de pavimentação das vias públicas, contratadas pelo Município de Curitiba. **Prefeitura Municipal de Curitiba**. Curitiba, PR, 16 ago. 2007. Disponível em: <http://multimedia.curitiba.pr.gov.br/2010/00086363.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2016.

_____. **Portaria nº 008**, de 23 de fevereiro de 2012. Estabelece os procedimentos para obtenção da Autorização Ambiental de Aterro (ATT) em áreas de corte, de nivelamento e aterro com resíduos da construção civil classe A, bem como o licenciamento de áreas de beneficiamento de resíduos da construção civil. **Prefeitura Municipal de Curitiba**. Curitiba, PR, 23 fev. 2012. Disponível em: <http://multimedia.curitiba.pr.gov.br/2012/00114387.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2016.

DAHLBO, Helena; BACHÉR, John; LAHTINEN, Katja ; JOUTTIJARVI, Timo; SUOHEIMO, Pirke; MATTILA, Tuomas; SIRONEN, Susanna; MYLLYMAA, Tuuli; SARAMAKI, Kaarina. **Construction and demolition waste management - a holistic evaluation of environmental performance**, *Journal of Cleaner Production*, v.107, pp. 333-341, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.clepro.2015.02.073>>. Acesso em: 06 jul. 2016.

DING, Tao; XIAO, Jianzhuang. **Estimation of building-related construction and demolition waste in Shanghai**, *Waste Management*, v.34, p. 2327-2334, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.07.029> >. Acesso em: 09 abr. 2016.

EGYPTIAN ENVIRONMENTAL AFFAIR AGENCY. **Egypt state of environment report, 2010**, EEAA, 2010. Disponível em: <http://www.eeaa.gov.eg/portals/0/eeaaReports/SoE2011en/completereport/SOE-2010-En.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2016.

EMBALAGEM SUSTENTÁVEL, 2010. Disponível em: <<http://embalagensustentavel.com.br/2010/01/09/logistica-reversa/>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

EUROPEAN COMMISSION. **Resource Efficient Use of Mixed Wastes**, EC, 2015. Disponível em: < http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/mixed_waste.htm >. Acesso em: 09 dez. 2016.

EUROPEAN TYRE RUBBER MANUFACTURES ASSOCIATION. **European tyre and rubber industry – Statistics, 2015**, ETRMA, 2015. Disponível em: <<http://www.etrma.org/statistics-2>>. Acesso em: 31 out. 2016.

FADIYA, Olusanjo O.; GEORGAKIS, Panos; CHINYIO, Ezekiel. **Quantitative analysis of the sources of construction waste**, *Journal of Construction Engineering*, v.2014, pp.1-9, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1155/2014/651060>>. Acesso em: 28 out. 2014.

FERNANDEZ, Isabel; KEKALE, Tauno. **Better models with Delphi and Analytic Hierarchy Process approaches: the case of reverse logistics**, *Int. J. Logistics Systems and Management*, v. 4, pp.282-296, 2008. Disponível em: <<http://www.inderscienceonline.com/doi/pdf/10.1504/IJLSM.2008.017477>>. Acesso em: 21 abr. 2016.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ. **Logística reversa**, FIEP, 2016. Disponível em:<<http://www.fiepr.org.br/logisticareversa/>>. Acesso em: 30 out. 2016.

FISCHER, Fernando. **Pactos pela logística reversa de pós-consumo**, *Revista Tecnológica*, v. 239, pp. 56-62, 2015. Disponível em: <<http://www.abilumi.org.br/abilumi/images/pdf/tecnologica%28out-15%29.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2015.

FREITAS, Sidcléa S.; NÓBREGA, Cláudia C. **Os benefícios do coprocessamento de pneus inservíveis para a indústria cimenteira**, *Eng Sanit Ambient*, v.19, pp.293-300, 2014. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/esa/v19n3/1413-4152-esa-19-03-00293.pdf> >. Acesso em: 14 out. 2014.

FU, Qin; TENG, Jing. **Analysis of the construction cost management based on the perspective of the construction waste recycling**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT SCIENCE AND MANAGEMENT INNOVATION, Xihua University of Architecture and Civil Engineering, Chengdu, Sichuan, China, 2014. **Proceedings...**, Chengdu, Sichuan, 2014 Disponível em: < http://www.atlantis-press.com/php/download_paper.php?id=13004>. Acesso em: 15 ago. 2014.

GANGOLELLS, Marta; CASALS, Miquel; FORCADA, Núria; MARCARULLA, Marcel. **Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites**, *Resources, Conservation and Recycling*, v. 93, pp. 99–111, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.10.006>>. Acesso em: 23 mar. 2015.

GIL, Antonio C.. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010.

GOEPEL, Klaus D. **Implementing the Analytic Hierarchy Process as a standard method for Multi-Criteria Decision Making in corporate enterprises – A new AHP Excel template with multiple inputs**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS, Kuala Lumpur, Malaysia, 2013. **Proceedings...**, Kuala Lumpur, 2013. Disponível em: < http://bpmsg.com/wordpress/wp-content/uploads/2013/06/ISAHP_2013-13.03.13.Goepel.pdf>. Acesso em: 08 out. 2016.

GOMES, Carlos F. S.; NUNES, Kátia R.A.; XAVIER, Lucia H.; CARDOSO, Rosângela; VALLE, Rogério. **Multicriteria decision making applied to waste recycling in Brazil**, *Omega*, v. 36, pp. 395 – 404, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2006.07.009>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

GONZÁLEZ-TORRE, Pilar; ÁLVAREZ, Marián; SARKIS, Joseph; ADENSO-DÍAZ, Belarmino. **Barriers to the implementation of environmentally oriented reverse logistics: Evidence from the automotive industry sector**, *British Journal of Management*, v.21, pp. 889–904, 2010. Disponível em: < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-8551.2009.00655.x/pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

GOVINDAN, Kannan; POKHAREL, Shaligram; KUMAR, Sasi P.. **A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider**, *Resources, Conservation and Recycling*, v. 54, pp. 28–36, 2009.

Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.06.004>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

GUARNIERI, Patricia; HASS, Dayana; MONTEIRO, Giovana. **A mensuração dos efeitos financeiros e econômicos da logística reversa pela contabilidade ambiental**, *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, Curitiba, v.4 n.2, pp. 222-225, 2013. Disponível em: < <http://www.grupouninter.com.br/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/230>>.

Acesso em: 20 abr. 2014.

GUINDANI, Roberto A.. **Logística Reversa: uma análise das empresas no Brasil**. In: X CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO (ISSN 1984-9354), 2014, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: < http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg10/anais/T14_0284.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2014.

HRADIL Petr. **Barriers and opportunities of structural elements re-use**, *VTT Technical Research Centre of Finland*, 2014. Disponível em: < <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2014/VTT-R-01363-14.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2014.

HOSSEINI, Mohammad Reza; CHILESHE, Nicholas; RAMEEZDEEN, Raufdeen; LEHMANN, Steffen. **Reverse logistics for the construction industry: lessons from the manufacturing context**, *International Journal of Construction Engineering and Management*, v.3, pp.75-90, 2014.

Disponível em: < <http://article.sapub.org/10.5923.j.jicem.20140303.01.html>>. Acesso em: 28 jan. 2015.

HOSSEINI, Mohammad Reza.; RAMEEZDEEN, Raufdeen; CHILESHE, Nicholas; LEHMANN, Steffen. **Reverse logistics in the construction industry**, *Waste Management & Research*, v.33, n. 6, pp. 499-514, 2015. Disponível em: < <http://wmr.sagepub.com/content/33/6/499.short>>. Acesso em: 06 ago. 2015.

HUANG, Ivy B.; KEISLER, Jeffrey; LINKOV, Igor. **Multicriteria decision analysis in environmental sciences: ten years of applications and trends**, *Science of The Total Environment*, v. 409, pp.3578-3594, 2011. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.022>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, IBAMA. **Instrução Normativa Nº 1**, de 18 de março de 2010. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/servicosonline/ctf/manual/html/IN_01_2010_DOU.pdf. Acesso em 10 mar. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**, IBGE, 2010. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 08 ago. 2016.

INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DA HABITAÇÃO ECOLÓGICA, IDHEA, 2016. Disponível em: < http://www.idhea.com.br/pdf/nove_passos.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, IPEA, 2010. Disponível em: < http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=1170&catid=1&Itemid=7>. Acesso em: 10 abr. 2016.

ISMAM, Jannatun N.; ISMAIL, Zulhabri. **Sustainable construction waste management strategic implementation model**, *WSEAS Transactions on Environment and Development*, v.10, pp. 48-59, 2014. Disponível em:<<http://www.wseas.org/multimedia/journals/environment/2014/a105715-169.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2016.

JARDIM, Arnaldo; YOSHIDA, Consuelo; MACHADO FILHO, José V.. **Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Coleção Ambiental. Ed. Manole, São Paulo, 2012.

JINDAL, Anil; SANGWN, Kuldip S.. **Development of an interpretive structural model of barriers to reverse logistics implementation in Indian industry**. In:18th INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ENGINEERING, 2011, Brunsvique, Alemanha. **Proceedings...**, Brunsvique, 2011. Disponível em: < http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-19692-8_77>. Acesso em: 03 out. 2016.

KAYNAK, Ramazan; KOÇOĞLU, Ipek; AKGÜN, Ali Ekber. **The role of reverse logistics in the concept of logistics centers**, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v.109, pp. 438 – 442, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.487>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

KILIC, Huseyin S.; CEBECIB, Ufuk; AYHAN, Mustafa B.. **Reverse logistics system design for the waste of electrical and electronic equipment (WEEE) in Turkey**, *Elsevier Resources, Conservation and Recycling*, v.95, pp. 120-132, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.12.010>. Acesso em: 23 mar. 2015.

KOURMPANIS, B; PAPADOPOULOS, A.; MOUSTAKAS, K.; STYLIANOU, M.; HARALAMBOUS, K.J.; LOIZIDOU, M.. **Preliminary study for the management of construction and demolition waste**, *Waste Management & Research*, v.26, pp.267-275, 2008. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18649575>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

LAKATOS, Eva M.; MARCONI, Marina de A.. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010.

LEITE, Paulo R.. **Logística Reversa: Nova área da Logística Empresarial (1ª parte)**, *Revista Tecnológica*, São Paulo, v.78, pp. 102 - 109, Maio, 2002. Disponível em: < http://www.tecnologica.com.br/tipo_revista/especial-panorama-brasileiro-de-eadis/>. Acesso em: 19 abr. 2015.

_____. **Logística Reversa – Meio Ambiente e Competitividade**. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2009.

_____. **Logística reversa e a regulamentação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos**, 2011. Disponível em: < <http://www.tecnologica.com.br/artigos/logistica-reversa-e-a-regulamentacao-da-politica-nacional-de-residuos-solidos/>>. Acesso em: 15 jul. 2014.

LING, Florence Y. Y.; NGUYEN, Dinh S. A. **Strategies for construction waste management in Ho Chi Minh City, Vietnam**, *Built Environment Project and Asset Management*, v.3, pp. 141- 156, 2013.

Disponível em: < <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/BEPAM-08-2012-0045?journalCode=bepam>>. Acesso em: 13 set. 2016.

LLATAS, Carlos F.. **A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list**, *Waste Management*, v.31, pp.1261–1276, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.023> Acesso em: 25 set. 2015.

LU, Weisheng; YUAN, Hongping. **A framework for understanding waste management studies in construction**, *Waste Management*, v.31, pp. 1252–1260, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.018>>. Acesso em: 23 out. 2016.

LU, Weisheng; YUAN, Hongping; LI, Jingru; HAO, Jane J.L.; MI, Xuming; DING, Zhikun. **An empirical investigation of construction and demolition waste generation rates in Shenzhen city, South China**, *Waste Management*, v.31, pp. 680–687, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.12.004>>. Acesso em 23 out. 2016.

LU, Weisheng; YUAN, Hongping. **Off-site sorting of construction waste: what can we learn from Hong Kong?**, *Resources, Conservation and Recycling*, v.69, pp. 100–108, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.09.007>>. Acesso em: 23 out. 2016.

MANN, Daniela C. A. de. **Diagnóstico de sistemas de gerenciamento de resíduos de construção civil em Curitiba**. 2015. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1329/1/CT_PPGEC_M_Mann,%20Daniela%20Carnas%20de%20Andrade_2015.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2016.

MARTINS, Harley M.; NASCENTES, Alexandre L.; GUIMARÃES, Maria José de O.C.; CAMPOS, Juacyara C.. **Gerenciamento de embalagens de lubrificantes pós-consumo - Uma análise crítica**, *Revista Teccen*, v.6, pp. 13-19, 2015a.

Disponível em: < http://www.uss.br/pages/revistas/revistateccen/V6N12015/pdf/002-Gerenciamento_de_embalagens_de_lubrificantes.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2015.

MARTINS, Harley M.; CAMPOS, Jucyara C.; GUIMARÃES, Maria José O. de; SILVA, Ana Lúcia N. da. **Influence of lubricant oil residual fraction on recycled high density polyethylene properties and plastic packaging reverse logistics proposal**, *Polímeros*, v. 25, n. 5, pp. 461-465, 2015b. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.1934>>. Acesso em: 04 fev. 2016.

MENDES, Henrique M. R.; RUIZ, Mauro S.; FARIA, Ana Cristina de. **Programa Abinee Recebe Pilhas (PARP): a implantação e estágio atual da logística reversa de pilhas e baterias**. In: XVII ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE (ISSN 2359-1048), 2015, São Paulo. **Anais eletrônicos**. São Paulo, 2015. Disponível em:<<http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/175.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2016.

MIRANDA, Leonardo F.R.; NEVES, Fernando H.; OLIVEIRA, Luciana B.; UHMANN, Isaura M. S.. **Conexões eficazes na gestão de resíduos de construção e demolição: diretrizes para Curitiba**. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2014, Maceió. **Anais eletrônicos**. Maceió, 2014. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_296.pdf>. Acesso em: 12 out. 2016.

MITTAL, Varinder K.; SANGWAN, Kuldip S.. **Assessment of hierarchy and inter-relationships of barriers to environmentally conscious manufacturing adoption**, *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, v. 10, pp.297 – 307, 2013. Disponível em: < <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/WJSTSD-04-2013-0020>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

MUNIZ, Isalena C.. **O gerenciamento de óleos lubrificantes usados ou contaminados e suas embalagens: estudo de caso de uma empresa de logística na região Norte do Brasil**. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*, v. 10, n. 3, pp.442-457, 2015. Disponível em: < <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/viewFile/V10N3A8/SGV10N3A8>>. Acesso em: 13 out. 2015.

NAGALLI, André; BERTOL, Alessandra C.; RAFFLER, Andréia; SANTOS, Jaqueline P. dos. **Analysis of between works characteristics and construction waste generation**. In: 14th INTERNATIONAL WASTE MANAGEMENT AND LANDFILL SYMPOSIUM, SARDINIA 2013, 2013, Santa Margherita di Pula, Cagliari, Itália. **Proceedings...**, Cagliari, 2013.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2014.

NAJAFPOOR, Ali A.; ZAREI, Asma; BEHNAM, Farideh J.; VAHEDIAN-SHAROUDI, Mohammad; ZAREI, Ahmad. **A study identifying causes of construction waste production and applying safety management on construction site**, *Iranian Journal of Health Sciences*, v. 2, pp. 49-54, 2014. Disponível em:< <http://jhs.mazums.ac.ir/article-1-201-en.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2016.

NIKMEHR, Bahareh; HOSSEINI, Mohammad R.; ORAEE, Mehran; CHILESHE, Nicholas. **Major factors affecting waste generation on construction sites in Iran**. In: 6th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, PROJECT, AND PRODUCTION MANAGEMENT (EPPM2015), 2015, At Gold Coast, Australia. **Proceedings...**, Gold Coast, 2015. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/281210024_Major_factors_affecting_waste_generation_on_construction_sites_in_Iran>. Acesso em: 13 out. 2015.

NUNES, Kátia Regina A.; MAHLER, Claudio F.; VALLE, Rogério A.; NEVES, C.. **Evaluation of investments in recycling centres for construction and demolition wastes in Brazilian municipalities**, *Waste Management*, v. 27, pp.1531–1540, 2007. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2006.09.007>>. Acesso em: 08 mar. 2016.

NUNES, Kátia Regina A.; MAHLER, Claudio F.; VALLE, Rogério A.. **Reverse logistics in the Brazilian construction industry**, *Journal of Environmental Management*, v. 90, pp.3717–3720, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.05.026>>. Acesso em: 04 out. 2016.

OLIVEIRA, Joelma de S. P.de; COSTA, Maíra M.; WILLE, Marina F. de C.. **Introdução ao método Delphi**. Curitiba: Mundo Material, 2008. Disponível em: < http://eprints.rclis.org/12889/1/cartilha_delphi_digital.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2015.

OLIVEIRA, Mariana M. de; ATHAYDE JR, Gilson B.. **Aplicação da metodologia Delphi para elaboração de critérios para minimização da geração de resíduos da construção civil**. In: XI SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2014, Brasília. **Anais eletrônicos**. Brasília, 2014.

Disponível em: < http://www.abes-df.org.br/upload/estudo/2014_10_01/i-012.pdf>. Acesso em: 16 out. 2014.

OSMAN, Wan N.; NAWI, Mohd N. M.; OSMAN, Nur N.. **Source reduction: towards improving waste management strategy and sustainability in Malaysia construction industry**, *The Social Sciences*, v. 11, pp. 2783-2786, 2016. Disponível em: < <http://www.medwelljournals.com/abstract/?doi=sscience.2016.2783.2786>>. Acesso em: 29 set. 2016.

OYEDELE, Lukumon O.; AJAYI, Saheed O.; KADIRI, Kabir O.. **Use of recycled products in UK construction industry: an empirical investigation into critical impediments and strategies for improvement**, *Resources, Conservation and Recycling*, v.93, pp.23–31, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.09.011>. Acesso em: 23 ago. 2015.

PAINE, Kevin A.; DHIR, Ravindra K.. **Recycled aggregates in concrete: a performance related approach**. *Magazine of Concrete Research*, v.62, n. 7, pp. 519-530, 2010. Disponível em:< <http://opus.bath.ac.uk/19454/>>. Acesso em: 24 ago. 2015.

PANEQUE, A.; CHÁFER, C.; PACHECO, B.; HORTAL, M.; CAPUZ, S.. **Análisis de la situación de la generación y gestión de residuos de envase en España**. In: 12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROJECT ENGINEERING, 2008, Zaragoza, Espanha. **Proceedings...** Zaragoza, 2008. Disponível em: < http://www.aepro.com/files/congresos/2008zaragoza/ciip08_1248_1258.643.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2015.

PAWLOWSKI, Lucjan. **Effect of mercury and lead on the total environment**, *Environmental Protection Engineering*, v. 37, n. 1, p. 105-117, 2011. Disponível em: < http://epe.pwr.wroc.pl/2011/1_2011/11pawlowski.pdf>. Acesso em 23 abr. 2016.

PENTEADO, Carmenlucia S. G.; ROSADO, Lais P.; LOPES, Adriana A.. **Life cycle assessment of construction and demolition wastes from small generators**. In: 15th INTERNATIONAL WASTE MANAGEMENT AND LANDFILL SYMPOSIUM, SARDINIA 2015, 2015, Santa Margherita di Pula, Cagliari, Itália. **Proceedings...**, Cagliari, 2015. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/284727258_LIFE_CYCLE_ASSESSMENT_OF_CONSTRUCTION_AND_DEMOLITION_WASTES_FROM_SMALL_GENERATORS>. Acesso em: 29 jan. 2016.

PERICOT, Natalia G.; SÁEZ, Paola V.; MERINO, Mercedes D. R.; CARRASCO, Oscar L.. **Production patterns of packaging waste categories generated at typical Mediterranean residential building worksites**, *Waste Management*, v.34, pp. 1932-1938, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.06.020>. Acesso em: 12 mai. 2015.

PINHO, Thátya R. R.; FELIZARDO, Jean M.. **Reversed logistics of the waste used on automotive lubricating oils in gas stations of Fortaleza city**, *Business and Management Review*, v. 4, n.3, pp. 414-426, 2014. Disponível em:< <http://www.businessjournalz.org/Brazil%20Special%20Edition/SI%20December,%202014/BMR%280276%29-V4-N3-December-2014-SI-II-38.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2016.

POKHAREL, Shaligram; MUTHA, Akshay Mutha. **Perspectives in reverse logistics: a review**, *Resources, Conservation and Recycling*, v.53, pp.175–182, 2009. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.11.006>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

POLANCO, Sara L.C. **A situação da destinação pós-consumo das lâmpadas de mercúrio no Brasil**, 2007, 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, São Paulo, 2007. Disponível em: < <file:///F:/Mestrado/Ref%20gerais/1%C3%A3mpadas/a-situacao-da-destinacao-pos-consumo-de-lampadas-de-mercurio-no-brasil.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

PUCCI, Ricardo B.. **Logística reversa de resíduos da construção civil - Atendendo à Resolução CONAMA 307**. 2006. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3148/tde-05092006-141310/publico/LogisticadeResiduosdaConstrucaoCivilAtendendoaResolucaoCONAMA307.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

RAHMAN, Shams; SUBRAMANIAN, Nachiappan. **Factors for implementing end-of-life computer recycling operations in reverse supply chain**, *International Journal of Production Economics*, v.140, pp. 239–48, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.07.019>>. Acesso em: 13 set. 2015.

RAJAGOPAL, Premkumar; SUNDRAM, Veera P. K.; NAIDU, Babudass M.. **Future directions of reverse logistics in gaining competitive advantages: a review of literature**, *International Journal of Supply Chain Management*, v.4, pp.39-48, 2015. Disponível em: <http://ojs.excelingtech.co.uk/index.php/IJSCM/article/view/1030>. Acesso em: 01 nov. 2016.

RAVI, Vadlamani; SHANKAR, Ravi. **Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics**, *Technological Forecasting and Social Change*, v. 72, pp.1011–1029, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2004.07.002>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

REZAEI, Jafar. **A systematic review of multi-criteria decision-making applications in reverse logistics**, *Transportation Research Procedia*, v. 10, pp. 766 – 776, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.030>>. Acesso em: 21 fev. 2016.

RICHEY, R. Glenn; CHEN, Haozhe; GENCHEV, Stefan E.; DAUGHERTY, Patricia J.. **Developing effective reverse logistics programs**, *Industrial Marketing Management*, v.34, pp.830– 840, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indmarman.2005.01.003>. Acesso em: 01 nov. 2016.

ROGERS, Dale S.; TIBBEN-LEMBKE, Ronald S.. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**. Reno, University of Nevada: 1999.

RUCEVSKA Ieva; NELLEMAN Christian; ISARIN Nancy, YANG Wanhua; NING, Liu; YU Keili; SANDNAES Siv; OLLEY KATIE; McCANN Howard; DEVIA Leila; BISSCHOP Lieselot; SOESILO Denise; SCHOOLMEESTER Tina; HENRIKSEN, Rune; NILSEN, Rannveig. **Waste Crime – Waste risks: gaps in meeting the global waste challenge**. A UNEP Rapid Response Assessment. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e GRID-Arendal, Nairobi e Arendal, 2015. Disponível em: < <http://www.grida.no/publications/rr/default.aspx?id=6336>>. Acesso em: 15 set. 2015.

RUSSO, Rosaria de F. S.; CAMANHO, Roberto. **Criteria in AHP: a systematic review of literature**, *Procedia Computer Science*, v.55, pp. 1123 – 1132, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.081>>. Acesso em: 21 fev. 2016.

SAATY, Thomaz L. Risk—Its priority and probability: the Analytic Hierarchy Process, *Risk Analysis Journal*, v. 7, pp. 159-172, 1987. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1539-6924.1987.tb00980.x/pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

_____. **Método de Análise Hierárquica**, Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1991.

_____. **Decision making with the analytic hierarchy process**. *International Journal of Services Sciences*, v.1, pp.83-98, 2008. Disponível em:<http://www.colorado.edu/geography/leyk/geog_5113/readings/saaty_2008.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2016.

SAEZ, Paola V.; MERINO, Mercedes R.; GONZÁLEZ, Alicia S. A.; AMORES, César P.. **Best practice measures assessment for construction and demolition waste management in building constructions**, *Resources, Conservation and Recycling*, v. 75, pp.52–62, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.03.009>. Acesso em: 01 nov. 2016.

SAIDU, Ibrahim; SHAKANTU, Winston. **The contributions of construction material waste to project cost overruns in Abuja, Nigeria**, *Acta Structilia: Journal for the Physical and Development Sciences*, v. 23, pp. 99-113, 2016. Disponível em: <<http://www.ajol.info/index.php/actas/article/view/143111/132855>>. Acesso em: 12 set. 2016.

SANTOS, Daniel F.; MARINHO, Gerson A.; SANTOS, Agnaldo F.; SILVA, Wesley V.; CORSO, Jansen M. del. **A logística reversa como estratégia de sustentabilidade e redução de custos**, *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, Curitiba, v.4, n.2, pp.131-168, 2013. Disponível em: <<http://www.grupouninter.com.br/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/issue/view/13>>. Acesso em: 21 abr. 2014.

SANTOS, Edson dos; SANTOS, Ivani J. dos. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: desenvolvimento sustentável, gestão e gerenciamento integrados de resíduos sólidos no Brasil**, *Espaço e Geografia*, v.17, n.2, pp.423-465, 2014. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/espacoegeografia/index.php/espacoegeografia/article/view/239>>. Acesso em: 11 abr. 2014.

SCHAMNE, Annelise N.; NAGALLI, André. **Reverse logistics in the construction sector: a literature review**, *The Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, v.21, pp. 691-702, 2016. Disponível em: <<http://www.ejge.com/2016/Ppr2016.0078ma.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

SCHNEIDER, Dan M.; PHILIPPI JR, Arlindo. **Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo**, *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 4, n. 4, pp. 21-32, 2004. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3571>>. Acesso em: 09 mar. 2015.

SCHULTMANN, F.; SUNKE, N.. **Organisation of reverse logistics tasks in the construction industry**. In: Bragança, L., Pinheiro, M.D., Jalali, S., Mateus, R., Amoêda, R. and Guedes, M.C. (Eds.) PORTUGAL SB07- SUSTAINABLE CONSTRUCTION, MATERIALS AND PRACTICES: CHALLENGE OF THE INDUSTRY FOR THE NEW MILLENNIUM, IOS Press: Amsterdam, 2007. **Proceedings...**, Amsterdam, 2007. Disponível em: <<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB11704.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Edital de chamamento N° 01/2012**, SEMA, 2012.

Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=287>. Acesso em: 20 out. 2016.

SHAO, D. D.; WU, S. C.; LIANG, P.; KANG, Y.; FU, W. J.; ZHAO, K. L.; CAO, Z. H.; WONG, M.H. **A human health risk assessment of mercury species in soil and food around compact fluorescent lamp factories in Zhejiang Province, PR China**, *Journal of Hazardous Materials*, v.30, pp. 28-34, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.03.061>. Acesso em: 23 abr. 2016.

SILVA, Mayara C. G.. **Utilização do método Analytic Hierarchy Process (AHP) para localização de usina de reciclagem de resíduos da construção civil**, 2012, 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Departamento de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012. Disponível em: <http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/203/Dissertacao.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2016.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO RERREFINO DE ÓLEOS MINERAIS. **Logística reversa de OLC**, SINDIRREFINO, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.sindirrefino.org.br/errefino/logistica-reversa-oluc>. Acesso em: 19 jan. 2016.

SOBOTKA, Anna; CZAJA, Joanna. **Analysis of the factors stimulating and conditioning application of reverse logistics in construction**, *Procedia Engineering*, v.122, pp. 11–18, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.002>. Acesso em: 06 jul. 2016.

SOMBRIO, Thaísa S.; SANTOS, Maria Helena S. dos; WATANABE, Melissa; YAMAGUCHI, Cristina K. **Os gargalos da logística reversa nas empresas de tintas e solventes na região sul de Santa Catarina**. In: VIII ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE (ISSN 2175-7313), 2014, Santa Catarina. **Anais eletrônicos**. Santa Catarina, 2014. Disponível em: http://www.apec.unesc.net/VIII_EEC/sessoes_tematicas/1%20%20Desenv.%20Social%20Ambiental/Log%C3%ADstica%20reversa.pdf. Acesso em: 14 jul. 2014.

SOUSA, João V. de O. ; RODRIGUES, Stênio L.. **Sistema de logística reversa de pneus inservíveis na cidade de Teresina: um estudo exploratório da aplicação prática da Resolução de n° 416/2009 do CONAMA**. In: XVII ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE (ISSN 2359-1048), 2015, São Paulo. **Anais eletrônicos**. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.engema.org.br/XVIENGEMA/28.pdf>. Acesso em: 03 jan.2016.

TAM, Vivian W.Y.; TAM, C.M.. **Evaluations of existing waste recycling methods: A Hong Kong study**, *Building and Environment*, v.41, pp. 1649–1660, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.06.017>. Acesso em: 23 out. 2015.

TAM, Vivian W.Y.. **On the effectiveness in implementing a waste-management-plan method in construction**, *Waste Management*, v.28, pp. 1072–1080, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2007.04.007>. Acesso em: 23 out. 2015.

TAVARES, Sérgio F.. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. 2006. 225 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89528/236520.pdf?sequence=1>>.
 Acesso em: 10 jan.2016.

TORRETTA, Vincenzo; RADA, Elena C.; RAGAZZI, Marco; TRULLI, Ettore; ISTRATE, Irina A.; CIOCA, Lucian I. **Treatment and disposal of tyres: Two EU approaches. A review**, *Waste Management*, v. 45, pp. 152-160, 2015. Disponível em: <
<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.04.018>>. Acesso em: 23 out. 2015.

TSENG, Yuan-Jye; CHEN, Yi-Shiuan. **A sustainable design model by integrated evaluation of closed-loop design and supply chain using a mathematical model**, *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, v. 10, pp. 1208-1213, 2016. Disponível em:
<http://waset.org/Publication/a-sustainable-design-model-by-integrated-evaluation-of-closed-loop-design-and-supply-chain-using-a-mathematical-model/10005004>. Acesso em: 17 jul. 2016.

VAIDYA, Omkarprasad S.; KUMAR, Sushil. **Analytic Hierarchy Process: an overview of applications**, *European Journal of Operational Research*, v.169, pp.1–29, 2006. Disponível em:<
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

VARGAS, Ricardo. **Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process –AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio**. In: PMI GLOBAL CONGRESS 2010 – NORTH AMÉRICA, 2010, Washington DC. **Proceedings...**Washington, 2010. Disponível em: <
<http://www.ricardo-vargas.com/pt/articles/analytic-hierarchy-process/>>. Acesso em: 14 nov. 2013.

VARGAS, Paula R.; BONI, Gustavo; SILVA, André Luiz E.; NARA, Elpídio O. B.; REDISKE, Graciele; KIPPER, Liane M. **Uma analogia entre logística reversa, ISO 14.000, e a Política Nacional dos Resíduos Sólidos no Brasil**, *HOLOS Environment*, v. 14, pp. 222-231, 2014. Disponível em: <
http://www.academia.edu/16922960/Uma_Analogia_entre_a_Log%C3%ADstica_Reversa_ISO_1400_0_e_a_Pol%C3%ADtica_Nacional_de_Res%C3%ADduos_S%C3%B3lidos_no_Brasil>. Acesso em: 11 abr. 2015.

VIEIRA, Helio F.. **Logística aplicada à construção civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006.

VUCIJAK, Branko; KURTAGIC, Sanda M.; SILAJDZIC, Irem. **Multicriteria decision making in selecting best solid waste management scenario: a municipal case study from Bosnia and Herzegovina**, *Journal of Cleaner Production*, pp.1-9, 2015. Disponível em: <
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.030>>. Acesso em: 21 fev. 2016.

WAHI, Noraziah; JOSEPH, Corina; TAWIE, Rudy; IKAU, Roseline. **Critical review on construction waste control practices: legislative and waste management perspective**, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 224, pp. 276 – 283, 2016. Disponível em:<
<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.460>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

WATKINS, Emma; HOGG, Dominic; MITSIOS, Andreas; MUDGAL, Shailendra; NEUBAUER, Alexander; REISINGER, Hubert; TROELTZSCH, Jenny; ACOLEYEN, Mike Van. **Use of economic**

instruments and waste management performances. European Commission (DG ENV) Unit G.4 Sustainable Production and Consumption, 2012. Disponível em: < http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/final_report_10042012.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

WRIGHT, James T. C.; GIOVINAZZO, Renata A.. **Delphi – Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo**, *Caderno de Pesquisas em Administração*, nº 12, p. 54- 65, 2000. Disponível em: < <http://regeusp.com.br/arquivos/C12-art05.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2015.

WU, Jiangbo; HU, Mingming; SHI, Shiyng; LIU, Tingting; ZHANG, Chunbo. **Eco-efficiency of construction and demolition waste recycling in Chongqing, China.** In: SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT (SBE) REGIONAL CONFERENCE 2016 – ZURICH, 2016. **Proceedings...**Zurich, 2016. Disponível em: < <http://vdf.ch/expanding-boundaries.html>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

YANG, Fan. **Selective extraction and recovery of rare earth metals from phosphor powders in waste fluorescent lamps using an ionic liquid system**, *Journal of Hazardous Materials*, v. 15, pp. 79-88, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.03.026>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YUAN, Hongping. **Key indicators for assessing the effectiveness of waste management in construction projects**, *Ecological Indicators*, v. 24, pp. 476–484, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.022>>. Acesso em: 21 fev. 2016.

YUAN, Xiao-Yi. **Reverse logistics in Chongqing construction industry**, International Conference on Management Science and Management Innovation, Chongqing Real Estate College, Chongqing, China, 2014. Disponível em: < <http://www.atlantis-pub.com/php/pub.php?publication=mismi-14&frame=http%3A/>>. Acesso em: 11 nov. 2014.

ZHANG, Xueqing; XIAO, Jian. **Hong Kong experience in construction waste management**, *International Journal of Civil and Structural Engineering*, v.2, pp. 117-120, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1783.1/68963>. Acesso em: 30 abr. 2015.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DELPHI 1ª RODADA

QUESTIONÁRIO DELPHI

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Mestranda: Annelise Nairne Schamne

Orientador: Prof. Dr. André Nagalli

Linha de Pesquisa: Meio ambiente/ Sustentabilidade

Tema da Dissertação: Potencial de Aplicação dos Preceitos de Logística Reversa ao Setor da Construção Civil em Curitiba, Paraná.

O objetivo da presente pesquisa é avaliar os conceitos e práticas relacionados à logística reversa no setor da Construção Civil. Para isto, a metodologia *Delphi* foi escolhida e será aplicada entre diversos profissionais do setor, que darão sua opinião em anonimato. Geralmente o questionário *Delphi* é enviado em duas rodadas, sendo que as respostas são compiladas na primeira rodada e um *feedback* é enviado aos participantes, junto com um novo questionário na segunda rodada.

Os resultados obtidos com a aplicação do questionário *Delphi* irão auxiliar na seleção dos critérios que mais influenciam o desenvolvimento e aplicação da logística reversa no setor da construção civil, além de contribuir para um modelo conceitual para pequenos e grandes geradores de resíduos de construção e demolição, em Curitiba. Com o modelo, espera-se obter o caminho mais adequado de retorno para produtos ou embalagens, para facilitar a prática da logística reversa e cumprimento da legislação na cidade.

No decorrer do questionário será apresentada breve introdução sobre o tema e contextualização do problema a ser solucionado, seguida da orientação de preenchimento do questionário em si.

Desde já agradeço a disponibilidade e participação de todos.

Introdução

De maneira geral, o gerenciamento dos resíduos sólidos é usualmente estruturado e aplicado por meio de um programa ou plano. Este plano costuma abranger conteúdos relacionados ao planejamento, delimitação e delegação de responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos, além de atividades de capacitação e treinamento, diagnóstico e/ou

prognóstico de resíduos. Estas atividades devem atuar como um conjunto de ações operacionais com o objetivo de minimizar a geração de resíduos em um empreendimento ou atividade (NAGALLI, 2014).

Neste contexto, a logística reversa é vista como uma das alternativas para um gerenciamento adequado, quando bem planejada e executada, e surge com o objetivo de agregar valor ao resíduo gerado ou então de dispô-lo de forma correta.

Segundo a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305, de 2 de Agosto de 2010, a logística reversa consiste:

“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”.

O processo de logística reversa revela-se como oportunidade de se desenvolver a sistematização dos fluxos de resíduos, bens e produtos descartados, seja pelo fim de sua vida útil, seja por obsolescência tecnológica e seu reaproveitamento, dentro ou fora da cadeia produtiva de origem, de forma a contribuir para promoção da sustentabilidade, minimizando os impactos ambientais e reduzindo a exploração de recursos naturais (GUARNIERI *et al.*, 2013).

No entanto, apesar da importância e aplicabilidade da logística reversa, observa-se dificuldade por parte dos geradores de resíduos do setor da construção civil em aplicar o conceito da logística reversa. Este fato aliado com o avanço da legislação referente aos resíduos sólidos deve ser fator preponderante para que sejam desenvolvidas ferramentas que auxiliem as empresas a melhorar seus processos de gerenciamento de resíduos e que, ao mesmo tempo, cumpram com a legislação.

Embora na legislação seja prevista a logística reversa, não há previsão sobre sua operacionalização e regulamentação. Portanto, a partir desta premissa, espera-se que o trabalho ajude a verificar quais critérios devem ser considerados em um sistema de logística reversa, e quais as peculiaridades podem ser consideradas para o pequeno e o grande gerador de resíduos de construção.

Neste trabalho, conforme Decreto 1.068, de 18 de Novembro de 2004, que institui o Regulamento do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Curitiba, o pequeno e o grande geradores são:

- **Pequeno gerador:** até 2,5 m³ (dois metros cúbicos e meio) de resíduos da construção civil, em intervalo não inferior a 02 (dois) meses.
- **Grande gerador:** superior a 2,5 m³ (dois metros cúbicos e meio) de resíduos da construção civil, em intervalo não inferior a 02 (dois) meses.

Orientações e considerações

O prazo para envio das respostas desta primeira rodada é dia 15/04/2016, para o seguinte email: annelisenairne@gmail.com

Solicito o preenchimento da identificação do profissional para verificação do perfil dos participantes.

Identificação do profissional

Nome:
<i>Email:</i>
Formação:
Tempo de experiência profissional:
Atividade principal:
Local de trabalho:
Função desempenhada:

Questionário Delphi – 1ª Rodada

Nesta primeira rodada verifique os questionamentos apresentados e selecione (X) os critérios mais relevantes em sua opinião, sendo que mais de uma alternativa pode ser assinalada.

Questão 1: Quais dos agentes abaixo você imagina que façam parte de um sistema de logística reversa voltado à construção civil?			
Critério		Sim	Não
1	Lojas de materiais de construção civil		
2	Construtoras		
3	Indústrias do setor da construção civil		
4	Consumidores de material de construção (Pessoa física)		
5	Empresas de coleta e transporte de resíduos de construção		
6	Importadores		
7	Prestadores de serviço		
8	Usinas de reaproveitamento e reciclagem		
9	Aterros sanitários		
10	Empresas de desconstrução e demolição		
Questão 2: Como as lojas de material de construção civil podem contribuir no sistema de logística reversa?			
Critério		Sim	Não
1	Receber e armazenar embalagens dos seus clientes		
2	Devolver as embalagens para o fornecedor no momento do recebimento de novos produtos		
3	Encaminhar os resíduos para usinas de reaproveitamento e reciclagem		
4	Disponibilizar as embalagens para coleta de catadores (agentes ambientais)		
5	Contratar serviço de recolhimento dos resíduos pela prefeitura		
Outro:			
Questão 3: Em uma obra, o que a construtora deveria fazer com os resíduos de embalagem?			
Critério		Sim	Não
1	Encaminhar via transportador contratado para um destinatário (Ex: aterro, usina de reciclagem, empresas que reutilizem como matéria-prima.)		
2	Devolver as embalagens para o fornecedor no momento do recebimento de novos produtos		
3	Formar parcerias com cooperativas de catadores (agentes ambientais) para efetuar a coleta		
4	Encontrar formas de reaproveitamento do material na própria obra		

Outro:			
Questão 4: O que as indústrias do setor da construção civil podem fazer para colaborar com a logística reversa?			
Critério		Sim	Não
1	Reaproveitar os resíduos retornados e aqueles gerados no seu próprio processo de produção		
2	Formar parcerias com cooperativas de catadores (agentes ambientais) para efetuar a coleta		
3	Ofertar os resíduos gerados como matéria-prima para o processo produtivo de outras empresas		
4	Criar e manter políticas próprias de retorno das embalagens com os clientes		
5	Estimular a criação de novas formas de embalagem de produto para minimizar a geração de resíduos		
Outro:			
Questão 5: Nas reformas realizadas pelos próprios consumidores , o que deveria ser feito com os resíduos e embalagens?			
Critério		Sim	Não
1	Agendar o recolhimento dos resíduos em domicílio com a prefeitura		
2	Contratar serviço de caçamba		
3	Entregar os resíduos em postos de coleta distribuídos nos bairros		
4	Devolver as embalagens no comércio onde foi adquirido o material		
Outro:			
Questão 6: Como as empresas de coleta e transporte de resíduos de construção podem contribuir no sistema de logística reversa?			
Critério		Sim	Não
1	Estabelecer periodicidade da coleta para evitar deslocamentos desnecessários		
2	Realizar a coleta somente quando o material estiver devidamente separado		
3	Estabelecer um local adequado para armazenar temporariamente os materiais coletados antes de enviá-los à destinação final		
4	Emitir documento de manifesto de transporte de resíduos (MTR)		

Outro:			
Questão 7: Como os importadores podem contribuir no sistema de logística reversa?			
Critérios		Sim	Não
1	Recusar produtos embalados com materiais que não possam ser reciclados no Brasil		
2	Contratar empresas especializadas na coleta, transporte e destinação dos resíduos.		
3	Definir que a responsabilidade pela destinação das embalagens geradas seja dos distribuidores do material importado.		
Outro:			
Questão 8: O que os prestadores de serviço de construção podem fazer com os resíduos gerados durante sua atividade?			
Critérios		Sim	Não
1	Devolver as embalagens ao fornecedor comerciante		
2	Encaminhar os resíduos para usinas de reciclagem em troca de material reciclado		
3	Encaminhar os resíduos para postos de coleta do bairro		
4	Contratar empresas especializadas na coleta, transporte e destinação dos resíduos.		
5	Agendar o recolhimento dos resíduos com a prefeitura		
Outro:			
Questão 9: Como as usinas de reaproveitamento e reciclagem podem contribuir no sistema de logística reversa?			
Critérios		Sim	Não
1	Exigir o cumprimento de regras para o recebimento do material		
2	Comercializar o material reciclado produzido		
Outro:			
Questão 10: Como os aterros sanitários podem contribuir na logística reversa do setor da construção civil?			

Critério		Sim	Não
1	Não aceitar caçambas com resíduos misturados		
Outro:			
Questão 11: O que as empresas de desconstrução e demolição deveriam fazer com os resíduos gerados?			
Critérios		Sim	Não
1	Reutilizar o material na própria obra		
2	Enviar o material para usinas de reaproveitamento e reciclagem		
Outro:			
Questão 12: Do ponto de vista do grande gerador, o que pode facilitar a aplicação do sistema de logística reversa?			
Critérios		Sim	Não
1	Utilizar modelos de estimativa de geração de resíduos		
2	Fazer a segregação dos resíduos na fonte		
3	Criar políticas de reaproveitamento de resíduos		
4	Contratar empresas especializadas pelo recolhimento e destinação adequada		
5	Firmar acordos com os fornecedores para coleta das embalagens <i>in loco</i>		
6	Realizar treinamento dos funcionários		
7	Estabelecer periodicidade da coleta		
8	Contratar fornecedores comprometidos com a responsabilidade compartilhada pelo produto		
9	Exigir participação do poder público com elaboração de legislação, regulamentos		
Outro:			
Questão 13: Do ponto de vista do pequeno gerador, o que pode facilitar a aplicação do sistema de logística reversa?			

	Critério	Sim	Não
1	Distribuição de pontos de coleta de resíduos de construção nos bairros		
2	Devolução de embalagens para o fornecedor do material		
3	Contratação de caçambas		
4	Agendamento com a prefeitura do recolhimento dos resíduos de construção em domicílio		
5	Disposição dos recicláveis para coleta pública		
	Outro:		

Tem algum comentário ou sugestão a fazer em relação ao questionário e aos critérios apresentados?

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO *DELPHI* 2ª RODADA

QUESTIONÁRIO *DELPHI*

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

Mestranda: Annelise Nairne Schamne

Orientador: Prof. Dr. André Nagalli

Linha de Pesquisa: Meio ambiente/ Sustentabilidade

Tema da Dissertação: Potencial de Aplicação dos Preceitos de Logística Reversa ao Setor da Construção Civil em Curitiba, Paraná.

- 1) Esta segunda rodada de aplicação do questionário *Delphi* tem como objetivo ponderar os critérios selecionados previamente na 1ª rodada *Delphi*. Os participantes deverão comparar os critérios selecionados aos pares, considerando o seu conhecimento técnico sobre o tema;
- 2) Os resultados obtidos com a aplicação do questionário *Delphi* irão auxiliar na seleção dos critérios que mais influenciam o desenvolvimento e aplicação da logística reversa no setor da construção civil. Estes critérios vão contribuir para elaboração de um modelo conceitual representativo dos pequenos e grandes geradores de resíduos de construção e demolição na cidade de Curitiba. O modelo indicará o caminho mais adequado de retorno para produtos ou embalagens e dos resíduos, com vista a facilitar a prática da logística reversa e cumprimento da legislação;
- 3) A metodologia utilizada em conjunto com este questionário para ponderação e hierarquização dos critérios é o Processo de Análise Hierárquica (Analytic Hierarchy Process – AHP), proposta por Thomas Saaty em 1970. Os critérios são comparados aos pares na matriz de relações, produzindo como resultados os pesos relativos aos critérios avaliados. O método utiliza uma escala fundamental de 1 a 9 para avaliar a preferência relativa a dois critérios, conforme apresentado no Quadro 1.

Importância em escala absoluta	Escala recíproca	Definição	Explicação
1	1	Igual importância	Dois atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	1/3	Importância moderada de uma para outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra

5	1/5	Essencial ou de forte importância	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	1/7	Importância muito forte	Uma atividade é fortemente favorecida e seu domínio é demonstrado na prática
9	1/9	Extremamente importante	A evidência favorece uma atividade sobre a outra com mais alto grau de certeza
2,4,6,8		Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições

Quadro 1: Escala fundamental AHP, conforme Saaty

- 4) Solicito o preenchimento da identificação profissional para que possamos verificar o perfil dos participantes.

Formação:
Tempo de experiência profissional:
Atividade principal:
Local de trabalho:
Função desempenhada:
A empresa em que você trabalha é caracterizada como pequena ou grande geradora de RCC?
() Pequeno Gerador: são pessoas físicas ou jurídicas que geram a quantidade máxima de 2,5 m ³ de resíduos da construção civil, num intervalo não inferior a 2 meses.
() Grande gerador: Aquelas com obras menores que 70 m ² e que gerem mais que 0,5 m ³ em dois meses; e/ou obras com área construída de 70 a 600 m ² ou remoção do solo acima de 50 m ³ ; e/ou obras com área acima de 600 m ² e demolição com área acima de 100 m ² .
() Outro:

Quadro 2: Perfil profissional

- 5) Na aba "Exemplo" há um exemplo de aplicação do questionário AHP para facilitar o entendimento do método.
- 6) Na aba "AHP- Questionário *Delphi*" encontra-se o questionário para ser respondido.

Exemplo de Aplicação do Método

Escala Saaty								
Importância em escala recíproca				Importância em escala absoluta				
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente desimportante	Importância muito fraca	Não essencial ou de pouca importância	Importância pouco moderada de uma para outra	Igual Importância	Importância moderada de uma para outra	Essencial ou de forte importância	Importância muito forte	Extremamente importante

Questão Exemplo: Quais dos alimentos relacionados a seguir são mais importante para saúde?

			↓	↓	↓	
			A	B	C	D
A	Feijão	→	1	9	5	1/3
B	Beterraba	→	1/9	1	7	1/9
C	Pipoca	→	1/5	1/7	1	1/7
D	Trigo	→	3	9	7	1

Em cada célula de comparação há uma lista de seleção da escala Saaty para facilitar a análise

- * Comparando A e B: Na minha opinião, o feijão (A) é extremamente mais importante(9) do que a beterraba (B) para a saúde.
- * Comparando A e C: Na minha opinião, o feijão (A) é essencial ou de forte importância(5) do que a pipoca (C) para a saúde.
- * Comparando A e D: Na minha opinião, o feijão (A) tem importância pouco moderada (1/3) em relação ao trigo (D) para a saúde.
- * Comparando C e D: Na minha opinião, a Pipoca (C) tem importância muito fraca quando comparada ao trigo (D) para a saúde.

**** Na análise anterior estão exemplificadas apenas algumas comparações para o entendimento do método, porém a comparação deve ser feita entre todos os critérios de cada questão, conforme apresentado na próxima planilha.**

AHP – Questionário Delphi

Questão 1: Quais dos agentes abaixo você imagina que façam parte de um sistema de logística reversa voltado à construção civil?

	Critérios
A	Lojas de materiais de construção civil
B	Construtoras
C	Indústrias do setor da construção civil
D	Consumidores de material de construção (Pessoa física)
E	Empresas de coleta e transporte de resíduos de construção
F	Prestadores de serviço
G	Usinas de reaproveitamento e reciclagem
H	Aterro de material inerte
I	Empresas de desconstrução e demolição

		Questão 1								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
A	1									
B		1								
C			1							
D				1						
E					1					
F						1				
G							1			
H								1		
I									1	

Questão 2: Como as lojas de material de construção civil podem contribuir no sistema de logística reversa?

	Critérios
A	Ser ponto de coleta das embalagens dos produtos vendidos
B	Ser parceiro na devolução das embalagens recebidas dos consumidores para os fornecedores
C	Encaminhar os resíduos para usinas de reaproveitamento e reciclagem
D	Conscientizar o consumidor quanto a forma correta de destinação dos RCD

		Questão 2			
	A	B	C	D	
A	1				
B		1			
C			1		
D				1	

Questão 3: Em uma obra, o que a construtora deveria fazer com os resíduos de embalagem?	
	Critérios
A	Encaminhar via transportador contratado para um destinatário (Ex: usina de reciclagem, empresas que reutilizem como matéria-prima).
B	Devolver as embalagens, quando possível, para o fornecedor no momento do recebimento de novos produtos, estabelecendo uma oportunidade de negócio
C	Formar parcerias com cooperativas de catadores (agentes ambientais) para efetuar a coleta
D	Encontrar formas de reaproveitamento do material na própria obra

Questão 3				
	A	B	C	D
A	1			
B		1		
C			1	
D				1

Questão 4: O que as indústrias do setor da construção civil podem fazer para colaborar com a logística reversa?	
	Critérios
A	Reaproveitar os resíduos retornados e aqueles gerados no seu próprio processo de produção
B	Ofertar os resíduos gerados como matéria-prima para o processo produtivo de outras empresas
C	Criar e manter políticas próprias de retorno das embalagens com os clientes
D	Desenvolver tecnologias para redução dos resíduos, inclusive embalagens

Questão 4				
	A	B	C	D
A	1			
B		1		
C			1	
D				1

Questão 5: Nas reformas realizadas pelos próprios consumidores, o que deveria ser feito com os resíduos e embalagens?	
	Critérios
A	Contratar serviço de caçamba
B	Entregar os resíduos em postos de coleta distribuídos nos bairros
C	Devolver as embalagens no comércio onde foi adquirido o material

Questão 5			
	A	B	C
A	1		
B		1	
C			1

Questão 6: Como as empresas de coleta e transporte de resíduos de construção podem contribuir no sistema de logística reversa?	
	Critérios
A	Estabelecer periodicidade da coleta para evitar deslocamentos desnecessários
B	Cobrar mais pela coleta e transporte quando o material estiver misturado
C	Ter um local adequado para armazenar temporariamente os materiais coletados antes de enviá-los à destinação final, otimizando a logística reversa e minimizando custos e emissões de CO2
D	Emitir documento de manifesto de transporte de resíduos (MTR)

Questão 6				
	A	B	C	D
A	1			
B		1		
C			1	
D				1

Questão 7: Como os importadores podem contribuir no sistema de logística reversa?

	Critérios
A	Recusar produtos embalados com materiais que não possam ser reciclados no Brasil
B	Contratar empresas especializadas na coleta, transporte e destinação dos resíduos
C	Definir que a responsabilidade pela destinação das embalagens geradas seja dos distribuidores do material importado
D	Pagar uma taxa para resíduos gerados inclusa na nota de importação.
E	Qualificar os distribuidores para receber as embalagens e encaminhar para processamento ou destinação final adequada

Questão 7					
	A	B	C	D	E
A	1				
B		1			
C			1		
D				1	
E					1

Questão 8: O que os prestadores de serviço de construção podem fazer com os resíduos gerados durante sua atividade?

	Critérios
A	Devolver as embalagens ao fornecedor comerciante
B	Encaminhar os resíduos para usinas de reciclagem
C	Encaminhar os resíduos para postos de coleta do bairro
D	Contratar empresas especializadas na coleta, transporte e destinação dos resíduos.
E	Agendar o recolhimento dos resíduos com a prefeitura

Questão 8					
	A	B	C	D	E
A	1				
B		1			
C			1		
D				1	
E					1

Questão 9: Como as usinas de reaproveitamento e reciclagem podem contribuir no sistema de logística reversa?	
	Critérios
A	Estabelecer regras para o recebimento do material com vista a facilitar o processo de reaproveitamento na usina
B	Comercializar o material reciclado produzido
C	Cobrar um "fee gate" para receber o material
D	Desenvolver tecnologias para o reaproveitamento de materiais

Questão 9				
	A	B	C	D
A	1			
B		1		
C			1	
D				1

Questão 10: Como os aterros de inertes podem contribuir na logística reversa do setor da construção civil?	
	Critérios
A	Não aceitar caçambas com resíduos misturados
B	Conscientizar da importância da separação na fonte geradora de resíduos, de qualquer porte da obra, desde uma reforma a uma obra de grande porte
C	Implantar mecanismos financeiros para aquisição de máquinas e equipamentos
D	Formar parcerias com fornecedores para transferir ou desenvolver tecnologias de reaproveitamento de resíduos.
E	Contribuir para a melhoria da legislação e regulamentação da atividade

Questão 10					
	A	B	C	D	E
A	1				
B		1			
C			1		
D				1	
E					1

Questão 13: Do ponto de vista do pequeno gerador, o que pode facilitar a aplicação do sistema de logística reversa?	
	Critérios
A	Distribuição de pontos de coleta de resíduos de construção nos bairros
B	Devolução de embalagens para o fornecedor do material
C	Contratação de caçambas
D	Agendamento com a prefeitura do recolhimento dos resíduos de construção em domicílio
E	Disposição dos recicláveis para coleta pública

Questão 13					
	A	B	C	D	E
A	1				
B		1			
C			1		
D				1	
E					1

