

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

MARCELO LANGER

**USO DE AGREGADOS RECICLADOS DA CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO NA PAVIMENTAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS – um
modelo de gestão integrada**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2015

MARCELO LANGER

**USO DE AGREGADOS RECICLADOS DA CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO NA PAVIMENTAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS – um
modelo de gestão integrada**

Monografia apresentada como pré-requisito para obtenção de especialista em Construções Sustentáveis, do programa de especialização IV Curso de Especialização em Construções Sustentáveis da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós Graduação do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientador: Prof. André Nagalli, Dr.

CURITIBA

2015

Em memória de Francisco Frederico Langer e Carolina Crippa Langer que com seus exemplos de caráter e dedicação mostraram o caminho da perseverança e crença na Ciência e no Conhecimento.

A minha família que esteve ao meu lado ao longo de todo este caminhando, dando-me suporte e tranquilidade para concluir a jornada.

À Mara e Paulo, que com seu carinho e amor, acreditaram e contribuíram para a conclusão deste trabalho.

À Deisy, Claro, Tatiana, Maria Augusta, mais do que amigos ao longo deste período, foram exemplo de suporte, paciência e amor.

A minha filha Luísa que sempre foi o espelho de meus atos e fonte de meu respeito pela humanidade, sociedade e meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Muitas são as pessoas a quem devo agradecimentos, ou por respeito a sua obra de vida, ou pelo exemplo de suas atitudes, de seus apoios, suportes e demonstrações de carinho e amizade. E por mais que tente certamente algumas delas não estarão presentes nestas linhas, mas com toda certeza estarão sempre em minhas memórias e reconhecimentos.

Agradeço ao Professor Dr. André Nagalli por sua orientação e sempre presente dedicação para o esclarecimento, direcionamento e realização deste trabalho, e por meio de seu nome a todo o conjunto de professores e colaboradores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pela consideração e apoio ao longo de todo o período compartilhado.

Ao grupo de gestores do Condomínio recanto das Hortênsias, em especial à Sônia Santos e Flávio Cezar Negrini pelo apoio logístico e financeiro e pela mesma razão aos representantes da empresa Vale do Corisco, Rogério Salamuni e Jean Mireski, ao Engenheiro Rodrigo F. Lopes e aos proprietários da Empresa USIPAR por todo o suporte e disponibilidade de recursos materiais e humanos para a realização desta pesquisa.

A todos os meus colegas de curso que estiveram juntos durante todo o tempo de formação deste conhecimento, contribuindo na compreensão e ajudando na aprendizagem integral dos conteúdos, e que se tornaram amigos.

Aos pesquisadores e professores que dedicaram seus esforços para a consolidação de conhecimentos e juntos entender as novas poda banca examinadora pela atenção e contribuição dedicadas a este estudo.

Agradeço a Emerson L. S. Gomes e aos meus companheiros de trabalho e dos Observatórios do Sesi/Senai/IEL e todos que indiretamente ajudaram na compreensão da importância da Sustentabilidade para a continuidade das nossas vidas.

Nos recentes anos nosso conhecimento de modernas tecnologias tem evoluído consideravelmente, e como resultado nós temos testemunhado incontestável progresso material, mas não há correspondência no crescimento da felicidade humana.

*Não há menos sofrimento no mundo nos dias atuais,
e não há menos problemas.*

Com certeza, pode ser dito que há mais problemas e mais perigos hoje do que houve no passado. Isto demonstra que a causa da felicidade e a solução dos nossos problemas não repousam no conhecimento de coisas materiais.

Felicidade e sofrimentos são estados mentais e as suas verdadeiras fontes não podem ser encontradas fora da nossa mente.

Se desejarmos ser realmente felizes e livres dos nossos sofrimentos, nós precisamos aprender como controlar nossa mente.

“Geshe Kelsang Gyatso”

*E ofereço a ti a suprema bodhichitta última,
Uma perfeita, excelsa sabedoria de êxtase espontâneo livre de obstruções,
Inseparável da natureza de todos os fenômenos,
a esfera de liberdade de elaboração,
Sem esforço e além de palavras, pensamentos e expressões.
“Panchen Lama, Losang Chokyi Gyalten”.*

RESUMO

LANGER, M. Uso de agregados reciclados da construção e demolição na pavimentação de estradas rurais – um modelo de gestão integrada. 2015. 168f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2015

Este trabalho analisou as correlações da Política Nacional dos Resíduos Sólidos PNRS com o desenvolvimento econômico brasileiro, impactos sociais, ambientais resultantes e os esforços dos setores de gestão pública e privados da cadeia produtiva da construção civil, e outros representantes da sociedade, na definição de um novo modelo econômico circular. Teve como objetivo analisar a PNRS enquanto instrumento para a implantação de programas de gestão compartilhada, a logística reversa do ciclo de vida de produtos da construção e demolição e seus resíduos, a fim de entender suas limitações e possibilidades para adoção de novos sistemas e novas tecnologias verdes de acordo com os princípios da sustentabilidade. Foram utilizados documentos técnicos, legais e científicos para a construção do delineamento científico da pesquisa. Para a análise prática esta pesquisa considerou as tecnologias de processamento de resíduos da construção e demolição (RCD) - usinas de reciclagem fixa e móvel, para gerar os agregados de resíduos do concreto (ARC) e os agregados de resíduos mistos (ARM) que foram empregados nos experimentos, testando sua aplicação como material para a pavimentação de estradas rurais e vicinais com diferentes características ambientais e diferentes funções sociais e econômicas. A análise da PNRS, das ações conjuntas do poder público, setores sociais e demais atores sociais, das tecnologias de processamento dos RCD para promover sua reciclagem, reutilização e aumentar seu ciclo de vida na forma de ARC e ARM para uso na pavimentação de estradas rurais e vicinais, permitiu compreender as limitações existentes nas ações do poder público na aplicação da PNRS para promover ganhos ambientais, sociais e econômicos; os paradigmas existentes para lidar com os coprodutos oriundos da reciclagem dos resíduos da construção e demolição que estabelecem limites a sua aplicação, ainda que definidos por Lei. Observou as lacunas de conhecimento científico, técnico para o tratamento e manuseio destes materiais produtivos. Os benefícios das tecnologias disponíveis e atualmente empregadas no Brasil, ainda que limitadas. Analisou a viabilidade técnica de produção dos ARC e ARM, bem como a sua empregabilidade na pavimentação de estradas rurais e vicinais. O modelo estudado de reciclagem e reutilização, de acordo com os princípios da Logística Reversa e da Economia Circular, considerando os acordos setoriais, o ciclo de vida dos RCD comprovou a possibilidade de construir um modelo produtivo para os resíduos sólidos da construção e demolição, que contribui para a minimização de impactos sociais e ambientais, reduz o consumo de recursos naturais e energia, reduz gastos, gera ganhos econômicos para toda a rede de atores envolvidos e promove a sustentabilidade do Planeta.

Palavras-chave: Agregados de Resíduos da Construção e Demolição; Política Nacional dos Resíduos Sólidos; Cadeia Produtiva; Logística reversa; Economia Circular.

ABSTRACT

LANGER, Marcelo. Use of recycled aggregates from construction and demolition to pave rural roads - an integrated management model. 2015. 168p. (Specialization in Sustainable Buildings) – Federal Technology University of Parana. Curitiba. 2015

This current work analyzed the correlations between the Brazilian National Policy on Solid Waste (BNPSW) and the Brazilian economic development, generated by social and environmental impacts as well as the efforts of public and private managements of the civil construction productive chain, and other representatives of the society, on the definition of a new circular economic model. The main objective of this work was to check the BNPSW as an instrument for the implantation of shared management programs, the reverse logistics of the construction and demolition inputs life cycle as well as their waste products, this whole study aimed the understanding of their limitations and possibilities towards the adoption of new green systems and Technologies, according with sustainability principles. It used technical, legal and scientific documents for the construction of the scientific lineation of the current research. On a practical analysis, this current research considered the construction and demolition waste (CDW) processing – still and mobile recycling plants, in order to generate concrete residues aggregate (CRA) and mixed residues aggregate (MRA), which were used on these experiments, checking out their applicability as inputs for the paving of rural and secondary roads, with different environmental features and also different economic and social functions. The analysis of the BNPSW the social sectors and players, the Technologies on recycling the demolition and construction residues, as well as the reuse and increasing of the life cycle of the resulting products as CRA and MRA for using on the pavement of rural roads, this allowed us to comprehend the limitations of the government Power on applying the BNPSW in order to promote environmental, social and economic payback; the existent paradigms on dealing with coproduct come from the recycling of demolition and construction waste which establish limitations for their applicability, even though they have been defined by governmental laws. It has been observed the lack of technical scientific knowledge on treatment and handling of these productive materials as well as the benefits which come from the now available Technologies used in Brazil. It analyzed also the technical viability of CRA and MRA, as well as their applicability on paving rural and secondary roads. The recycling and reuse model that was studied in this current work, according to the principles of reverse logistics and circular economy , also considered sectorial agreements, the life cycle of demolition and construction waste was proved the possibility of building a productive model for demolition and construction solid waste, which contributes for the decreasing on the environmental and social impacts, reducing the consumption of energy and natural resources, reducing spend money and generating economic profit for the entire network of involved players, finally promoting the sustainability of our planet.

Key words: Recycled Aggregates of Construction and Demolition; Productive chain; National Policy of Solid Waste; Reverse Logistic; Circular Economy.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 DELIMITAÇÕES DO TEMA	11
1.2 PROBLEMAS, HIPÓTESE E PREMISSAS.	14
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo Geral	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 JUSTIFICATIVA	20
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
1.6 EMBASAMENTO TEÓRICO	26
1.7 DELINEAMENTO DA PESQUISA	27
1.8 ESTRUTURA DO DOCUMENTO	28
2 DESENVOLVIMENTO	30
2.1 MARCO LEGAL	30
2.1.1 Constituição da República Federativa do Brasil	31
2.1.2 Lei Federal Nº.6.938 de 31 de agosto de 1981	32
2.1.3 Lei Federal Nº 7.804, de 18 de julho de 1989	32
2.1.4 Resolução CONAMA 307/2002	32
2.1.5 Resolução CONAMA 448/2012	35
2.1.6 Lei Federal 12.305 de 02 de agosto de 2010	36
2.1.7 Norma Brasileira ABNT NBR 15116:2004	47
2.1.8 Norma Brasileira ABNT NBR 10.004:2004	49
2.1.9 Decreto Municipal Nº 852/2007	51
2.2 ECONOMIA DE FLUXO DE MATERIAIS E ECONOMIA CIRCULAR	52
2.3 CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	55
2.4 CADEIA PRODUTIVA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	57
2.4.1 Gerenciamento dos Resíduos da Construção e Demolição	62
2.5 LOGÍSTICA REVERSA	65
2.6 ATORES SOCIAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	68

2.7	ACORDO SETORIAL	69
2.7.1	Cadeia de atores envolvidos na gestão, administração e desenvolvimento da PNRS	70
2.7.1.1	ABRAMAT	70
2.7.1.2	ABRELPE	71
2.7.1.3	ISWA	72
2.7.1.4	ABRECON	73
2.7.2	Acordo setorial para consolidação do Plano de Logística Reversa da cadeia produtiva da construção civil no Paraná	73
2.8	AS USINAS DE RECICLAGEM	74
2.8.1	Usina Fixa de reciclagem	81
2.8.2	Usina Móvel	83
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	87
3.1	MÉTODOS	87
3.1.1	Método de levantamento bibliométrico	88
3.1.2	Levantamento de dados de campo	90
3.2	MATERIAIS	92
3.2.1	Área 1 - Empresa Florestal Vale do Corisco, Fazenda Noruega I – Arapoti, PR.	93
3.2.1.1	Usina móvel de reciclagem de resíduos sólidos	100
3.2.1.2	Material residual da construção e demolição	100
3.2.1.3	Dados do ponto experimental da área 1	101
3.2.1.4	Usina móvel de reciclagem XIV Voltas	103
3.2.2	Área 2 – Condomínio Recanto das Hortênsias, São José dos Pinhais, PR.	104
3.2.2.1	Ponto 1 de amostra da área experimental 2.	107
3.2.2.2	Ponto 2 de amostra da área experimental 2.	108
4	RESULTADOS E ANÁLISES	111
4.1	POLITICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	111
4.2	ÁREAS EXPERIMENTAIS	117
4.2.1	Resultados da área 1 do experimento de pesquisa	120
4.2.2	Resultados da área 2 do experimento de pesquisa	135
4.3	GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E	147

DEMOLIÇÃO	
4.4 AGREGADOS DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	148
5 CONCLUSÕES	150
REFERÊNCIAS	154
APÊNDICES	163

1 INTRODUÇÃO

Os fatores socioeconômicos: crescimento populacional mundial; aumento da expectativa de vida da humanidade; maior concentração e ocupação humana de áreas urbanas em todo o continente; aumento do poder aquisitivo e a transferência social para classes econômicas superiores têm levado a sociedade a mudar e a adquirir novos hábitos de vida que acabam determinando maior consumo de produtos industrializados, maior demanda habitacional e por recursos naturais, e o aumento de resíduos urbanos, sejam sólidos, líquidos ou gasosos. Neste sentido, a demanda habitacional em áreas urbanas caracteriza-se como um fator de alto impacto sobre as condições ambientais, sociais e econômicas de uma sociedade, que quando não gerenciado corretamente podem tornar-se negativo e causar danos e problemas diretos para os gestores públicos e privados, e sociedade.

1.1 DELIMITAÇÕES DO TEMA

Segundo Horton *et al.* (2014) os padrões de consumo são insustentáveis e causarão o colapso da civilização humana, também para estes autores, os danos que continuamente infligidos ao planeta são uma ameaça a todas as espécies existentes. Os ganhos na saúde e bem estar obtidos nos últimos séculos, incluindo aqueles por meio das ações em saúde pública, não são irreversíveis, podem facilmente ser perdidos, uma falha de aprendizado da lição transmitida por civilizações anteriores. O sistema econômico adotado é globalmente injusto e favorece uma pequena e rica elite sobre milhões de pessoas que possuem poucos recursos e condições de adquiri-los.

A sustentabilidade de uma cidade ou de uma área ou do planeta está relacionada a sua capacidade de suportar a intensidade de exploração e consumo de seus recursos (capacidade de carga), em suas diversas categorias de produção, os benefícios econômicos, sociais e ambientais resultantes, resíduos gerados a partir desta produção e consumo, e o tempo necessário para recuperação dos

impactos sofridos, quando possíveis de ser recuperados (UNITED NATION ENVIRONMENT PROGRAMME e INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION, 2015; CLIMATE & CLEAR AIR COALITION, 2015).

O modelo econômico fortemente empregado até a presente data (Economia Marrom) baseado somente na quantidade produzida de produtos (bens e serviços) que não considera a redução do consumo de matérias-primas, recursos naturais, energia e de resíduos determinará a destruição da vida planetária de todas as espécies, sendo necessários grandes volumes de recursos econômicos para reverter os danos causados por este modelo econômico, além dos recursos necessários para a transformação e adoção de um novo modelo econômico (UNITED NATION ENVIRONMENT PROGRAMME, 2015).

Políticas mundiais não inclusivas e não igualitárias; modelos econômicos mundiais de alto consumo e exploração dos recursos naturais; aumento da concentração urbana; e, elevada produção de resíduos tem determinado impactos e danos socioambientais a todas as nações e gerado dúvidas sobre a continuidade e sustentabilidade do Planeta (UNITED NATIONS, 2014a; UNITED NATIONS, 2014b).

As evoluções dos sistemas de produção, inclusive o sistema produtivo da construção civil e a gestão dos seus resíduos – sólidos, líquidos e gasosos – ainda estão se limitando a garantir a evolução econômica dos sistemas já economicamente desenvolvidos (UNITED NATION ENVIRONMENT PROGRAMME; INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION, 2015). E apesar de todas as tratativas aos assuntos de sustentabilidade, as políticas públicas e suas diretrizes, ainda não evoluíram, fato é que os Objetivos para o Desenvolvimento do Milênio não só estão longe de ser atingidos, mas já estão sendo reformulados.

De acordo com *World Meteorological Organization Global Atmosphere Watch (GAW) Programme* (2015) e Kintish (2015) o protocolo de Kyoto não funcionou e em 2014 as emissões de GEE atingiram a casa dos 400ppm e os problemas ambientais, as doenças e a pobreza continuam sem solução (UNITED NATION ENVIRONMENT PROGRAMME, 2015). Segundo o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI (2015) o Brasil perde oito bilhões de reais por ano porque simplesmente não recicla os produtos. Esta instituição estima que 60% a 70% dos resíduos sólidos urbanos são oriundos da construção civil e demolição e poderiam ser reutilizados.

Atualmente a construção civil apresenta-se em destaque para o desenvolvimento econômico e social brasileiro, porém também se destaca como grande causador de impactos e danos ambientais, alterando paisagens e aumentando intensamente a geração de resíduos (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015)

O tema desta pesquisa são os resíduos da construção e demolição (RCD) e tendo como delimitação a análise da Lei 12.305/2010 que apresenta a Política Nacional dos Resíduos Sólidos e sua aplicação como instrumento para a promoção de uma economia de fluxo de materiais¹ ou de modo próximo também chamada de economia circular², ou economia verde³ e/ou economia de baixo carbono⁴. Estes diferentes conceitos de economia, em síntese expressam a mesma intensão: abandonar o modelo convencional de desenvolvimento econômico linear (extração, uso e descarte) e focado simplesmente na produção, com elevados níveis de impactos negativos sociais e ambientais.

Esta pesquisa analisa a possibilidade de uso de dois tipos de resíduos sólidos da construção e demolição, quando processados e transformados em agregados de resíduos de concreto e agregados de resíduos mistos, para serem empregados como materiais de pavimentação de ruas e estradas vicinais, sendo o primeiro processado em uma usina de reciclagem móvel e o segundo processado em uma usina de reciclagem fixa, que sob os conceitos da economia circular podem atender as diretrizes da Lei 12.305 que prevê a reutilização de materiais, evitando o seu envio para aterros ou lixões.

Os materiais a serem estudados nesta pesquisa restringem-se aos resíduos da construção e demolição classe A, especificamente os derivados de cimento, minerais e concretos, e a áreas rurais e vicinais do estado do Paraná.

¹ Economia de fluxo de materiais é um modelo que quantifica os fluxos e estoques de materiais ou substâncias em um sistema econômico bem definido.

² Economia circular é um modelo circular de produção onde os materiais retornam ao ciclo produtivo por meio da logística reversa, reutilização, reciclagem, recuperação energética dos materiais ao invés de serem descartados como lixo.

³ Economia verde é definida por processos produtivos que ao ser aplicados em um local específico, contribui para a preservação de seus recursos naturais e sociais e ao seu desenvolvimento sustentável.

⁴ Economia de baixo carbono é uma conceito de modelo econômico relacionado à geração de energia, que considera as emissões de gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera, principalmente as de dióxido de carbono.

1.2 PROBLEMAS, HIPÓTESE E PREMISAS.

Segundo o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial em seu relatório elaborado para o Sindicato de Indústria da Construção Civil do Paraná – SINDUSCON/PR (2015), um grande volume dos RCD é depositado em áreas clandestinas, como terrenos baldios, várzeas, taludes, provocando impactos ambientais, comprometendo a paisagem urbana e causando transtornos ao trânsito de veículos e pedestres, e contaminando águas superficiais, obstruindo canais de drenagem e podendo gerar pontos de proliferação de insetos e vetores de doenças aos seres humanos.

Com base no tema e dados acima abordados que permitem perceber a relação entre o objeto desta pesquisa, os conhecimentos conexos e suas implicações com os problemas surgidos pela falta de tratamento e atenção do poder público ao cumprimento da Lei 12.305, esta pesquisa tem como principal questão:

Como os problemas ambientais, sociais e econômicos dos RCD podem ser tratados e minimizados com a reciclagem e transformação em agregados de resíduos, a fim de evitar seu envio a aterros sanitários ou disposição irregular no meio ambiente, prolongando seu ciclo de vida, gerando valor agregado para o desenvolvimento de uma gestão integrada?

A fim de responder à questão do problema, foi definida para esta pesquisa experimental a seguinte hipótese:

Os RCD podem ser tratados e processados com diferentes tecnologias de reciclagem a fim de transforma-los em agregados de resíduos de concreto ou mistos⁵ para uso na pavimentação de estradas vicinais e rurais.

⁵ Agregado de resíduos: Material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção ou demolição, que apresenta características técnicas para a aplicação em obras de edificação sem fins estruturais e infraestrutura e/ou pavimentação de estradas.

Segundo *United Nations Environment Programme (UNEP)* e *International Solid Waste Association (ISWA)* (2015), os fatores socioeconômicos apresentados acima na introdução deste capítulo têm determinado o aumento do consumo dos recursos naturais, demandado maior consumo energético, maior geração de resíduos, e maior ocupação territorial para o desenvolvimento das atividades humanas, causando grandes impactos negativos à preservação dos recursos naturais, a saúde humana e a qualidade de vida no Planeta.

Segundo o *Department of Economic and Social Affairs, Population Division of United Nations* (2014a) por volta de 2095 a 2100, não só a população mundial será muito maior, mas também viverá mais tempo, atingindo expectativas de vida próxima dos 89 anos nos países desenvolvidos e em torno de 81 anos nos países em desenvolvimento. Para esta mesma organização, em 2014, 54% da população mundial vivia em áreas urbanas; em 2050, 66% da população estará vivendo em áreas urbanas, e em 2100 mais de 70% da população mundial fixará suas vidas nas cidades urbanas.

De acordo com *The World Bank* (2014) estima-se que a população mundial em 2025 atingirá 8,1 bilhões de habitantes e em 2050 passará a ser de 9,6 bilhões, com aproximadamente 90% deste acréscimo de 2,3 bilhões de pessoas acontecendo e se concentrando na Ásia e África. Em 2100 da população mundial estimada para 11 bilhões de habitantes, cerca de 3 bilhões pertencerão à classe média, com condições econômicas suficientes para adquirir os bens, serviços e alimentos que desejam e aumentando o consumo de recursos naturais (UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME; INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION, 2015).

No Brasil a concentração urbana já atingiu 85% em 2014 (THE WORLD BANK, 2014) e de acordo com *Department of Economic and Social Affairs. Population Division of United Nations* (2014b) em 2050 o Brasil terá cerca de 230 milhões de habitantes e somente 20 milhões deles viverão em áreas rurais, ou seja, 91,3% da população brasileira viverão em concentrações urbanas, o que definirá também para o Brasil um aumento da taxa de crescimento dos resíduos sólidos urbanos (RSU), que segundo Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2014) já foi de 4,1%, em 2013.

O aumento do poder aquisitivo e a concentração urbana, além de demandarem maior quantia de recursos naturais têm como consequência a maior geração de resíduos urbanos, resultando também na maior ocupação territorial para a coleta, tratamento e a disposição final destes resíduos, principalmente os RSU. Conforme The World Bank (2014) enquanto a taxa de crescimento do PIB per capita mundial é da ordem de 1,2% e a taxa de crescimento da população mundial é de 1,15%, é estimado que os volumes de RSU, incluindo os resíduos da construção e demolição (RCD), cresçam à taxas maiores do que o PIB e da População mundial. Já no município de Curitiba, PR, para o período entre 2003 a 2013, observou-se um aumento de 13% para a população, enquanto o crescimento de RSU secos coletados por sua prefeitura aumentou 192% e para os RSU no sistema de coleta convencional foi registrado um aumento de 40% (SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE CURITIBA, 2015).

De acordo com *Climate & Clear Air Coalition* – CCAC (2015) até 2025 o crescimento populacional, a urbanização e mudanças nos padrões de consumo de bens e serviços da população, gerarão o dobro do volume de RSU atuais, aumentando a pressão sobre a gestão das cidades e os desafios sociais e ambientais devido a este crescimento econômico.

Os resíduos se tornaram um problema de ordem mundial (MINHAS; TANDON, 2015), e se não forem tratados adequadamente podem causar problemas a saúde pública e ambiental. Isso fortalece a compreensão de que os resíduos e sua gestão se tornaram um problema crescente ligado diretamente ao modo de produção e consumo da sociedade e em envolve a qualquer um e a todos os seres humanos (UNITED NATIONS ENVIRONEMT PROGRAMME; INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION, 2015).

Para a Câmara Brasileira da Construção Civil – CBIC (2012), com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD (v.32, 2012), em pesquisa realizada pela Fundação João Pinheiro (FJP), Centro de Estatística e Informações (CEI), o déficit habitacional brasileiro em 2012, era de 5,43 milhões de domicílios. Já para a Secretária Nacional de Habitação e segundo dados do Ministério das Cidades, Fundação João Pinheiro, em 2015, no Brasil, o déficit habitacional é 6,237 milhões de domicílios (INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DE ARQUITETURA - IBDA, 2015). Segundo Tello (2012) no Brasil a migração para

zonas urbanas, as transferências para classes sociais e econômicas superiores, tem determinado um déficit habitacional de aproximadamente 5,5 milhões de moradias e estima-se que este número chegará a 23 milhões de domicílios em 2022.

Esta realidade torna possível prever que a construção civil será um setor que continuará crescendo, mesmo com a atual crise econômica enfrentada pelo Brasil neste período (CÂMARA BRASILEIRA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2012; TELLO, 2012). Esta demanda setorial expõe também a consequência originada a partir dos esforços para suprir este déficit habitacional – a Geração dos RCD que sofrerá incrementos significativos e potencializará os danos ambientais e sociais anteriormente apresentados. Segundo Pinto (1999) e Associação Brasileira de Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição – ABRECON (2015) a produção brasileira de RCD é de $500 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, a massa específica destes RCD é de 1.200 kg.m^{-3} e um grande percentual deste volume ainda é disposto irregularmente nas vias públicas, causando problemas à gestão pública e ao planejamento urbano; e considerando os valores do déficit habitacional brasileiro, que precisarão ser contemplados, o volume de RCD crescerá nos próximos anos e com ele os impactos sociais, ambientais e econômicos sofrerão acréscimos significativos.

Em cidades brasileiras de médio porte a produção de resíduos sólidos da construção civil provenientes de novas edificações e ou demolições/reformas prediais apresenta um volume considerável, de acordo com Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo - SINDUSCONSP (2005) mais de $17.000 \text{ t.dia}^{-1}$ de RCD são geradas na cidade de São Paulo; também para Pinto (1986) no Paraná o volume de resíduo da construção civil se aproxima a $17.000 \text{ t.dia}^{-1}$, dependendo do tamanho do município e sua intensidade econômica. Normalmente em cidades de pequeno a médio porte os RCD não apresentam locais socioambientais adequados e corretos à sua deposição ou destinação final (lixões, aterros controlados e aterros sanitários)⁶.

⁶ Lixões são áreas de deposição final de todos os tipos de RSU desprovidas e qualquer infraestrutura técnica, controle ou gestão socioambiental correta; Aterros controlados são locais que apresentam algum tipo de infraestrutura técnica para acomodar os RSU, não recebem resíduos hospitalares e perigosos, porém não apresentam medidas de controle das emissões líquidas e gasosas; e os Aterros sanitários são áreas que apresentam todas as características técnicas corretas para deposição, tratamento, coleta de emissões líquidas e gasosas oriundas da decomposição dos RSU, e são monitorados e apresentam planos de controle gerencial.

O acesso a estes locais de destinação final dos RSU em sua grande maioria ocorre via modais de estradas rurais e vicinais⁷, sem pavimentação e com grande potencial de impacto ambiental, e ao mesmo tempo em que servem para atender a esta demanda, também servem para facilitar o deslocamento de populações rurais às áreas vizinhas a estes locais e às áreas urbanas.

Devido ao grande volume de modais rurais e vicinais e suas distâncias à sede do município, muitas prefeituras não tem capacidade de implantar programas de edificação, recuperação e/ou manutenção dos modais das estradas rurais e vicinais que possibilitam o acesso humano, transporte, escoamento de suas produções industriais rurais e contato com zonas urbanas ininterruptamente ao longo do ano.

Uma grande extensão de modais de estradas rurais e vicinais brasileiras apresenta-se sem pavimentação causando dificuldades ao tráfego da produção agrossilvipastoril⁸ (agrícola, florestal e pastoril) nacional, além de dificultar a vida dos moradores rurais e indústrias que encontram-se localizadas em áreas intermediárias entre as zonas urbanas e rurais e que em períodos de chuvas encontram-se impedidos de realizar suas atividades econômicas, sociais e políticas diárias.

O governo brasileiro identificando a extensão dos problemas públicos relacionados ao crescimento da população, da sua urbanização e do seu aumento de poder aquisitivo, mudança de seus hábitos de consumo e conseqüentemente da maior geração dos resíduos sólidos urbanos oriundos deste processo de crescimento, institucionalizou em 2010 a Lei 12.305 que define a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) e que tem por finalidade estabelecer metas a serem alcançadas pelo Governo Nacional, Estadual e Municipal, por meio da adoção de diretrizes que definem a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos dos geradores e poder público, a logística reversa pós-consumo, e os instrumentos econômicos aplicáveis (FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO

⁷ Modais rurais, são os trechos de rodovias que conectam áreas urbana e industrial, pontos de geração e atração de tráfego e pontos significativos dos segmentos modais, atravessando área rural. Modais vicinais, são estradas locais, destinada principalmente a dar acesso a propriedades lindeiras ou caminho que liga povoações relativamente pequenas e próximas (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA – DNIT, 2007).

⁸ Empresas que possuem atividades produtivas e industriais ligadas aos setores de produção florestal, produção agrícola e produção animal.

SUSTENTÁVEL - FBDS, 2013), estabelecendo a hierarquização para a redução, reutilização, reciclagem, recuperação energética e destinação final correta em aterros sanitários, considerando toda a cadeia produtiva dos RSU e RCD, desde o berço até o túmulo.

1.3 OBJETIVOS

Neste tópico é definido o objetivo geral que esta pesquisa pretende alcançar, e os objetivos específicos que orientam as atividades desenvolvidas por este trabalho.

1.3.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral analisar o aproveitamento de resíduos de construção e demolição na pavimentação de estradas rurais como um modelo de gestão integrada para a minimização dos impactos negativos e aumento do ciclo de vida dos resíduos sólidos da construção e demolição.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram estabelecidos os objetivos específicos abaixo apresentados:

- ✓ analisar a PNRS como instrumento capaz de contribuir para a construção de um modelo de gestão integrada, verificando os limites e possibilidades da Lei 12.305 de 2010;
- ✓ identificar possibilidades de gestão e uso dos resíduos da construção e demolição na forma de agregados de resíduos de concreto e mistos;

- ✓ descrever e analisar as possibilidades de uso dos diferentes agregados de resíduos processados, em duas áreas vicinais e rurais experimentais.

1.4 JUSTIFICATIVA

Às 10h08min do dia 18 de outubro de 2015 a população mundial era 7.332.602.360 habitantes no planeta e com crescimento de aproximadamente 4 pessoas por segundo (COUNTRYMETERS, 2015). Conforme *United Nations Environment Programme* e *International Solid Waste Association* (2015) a população mundial em 2015 será de 7,3 bilhões de pessoas, chegará a 9 bilhões ao final da próxima década e a 11 bilhões ao final do século XXI.

Este crescimento demográfico, a maior concentração da população em áreas urbanas e a maior expectativa de vida da população mundial, têm demandado maior uso dos recursos naturais para atender à necessidade por demanda energética, produção e consumo de bens, serviços e alimentos.

Segundo dados apresentados por *United Nations Environment Programme* (2015), enquanto a população, a expectativa de vida e o PIB mundial crescem, os níveis de emissão de gases de efeito estufa (GEE), a acidificação dos oceanos, o desmatamento de florestas tropicais e o consumo de água vêm aumentando, o índice de pobreza vem decrescendo (principalmente) nos últimos 30 anos; o que determina e comprova a forte pressão sobre os recursos naturais e confirma a perda de qualidade de vida do planeta.

O aumento desta produção e consumo, além dos impactos ambientais negativos, como contaminação de solos, água e emissão de gases poluentes e contribuintes ao efeito estufa, também estabelecem problemas à saúde humana, à diminuição da biodiversidade e a perda da qualidade de vida (UNITED NATIONS, 2014a). Dentre os problemas enfrentados pelos Governos estão: empobrecimento, marginalização de grupos de trabalhadores e catadores em péssimas e perigosas condições de trabalho, e geração de resíduos contaminantes oriundos dos locais de deposição final dos RSU, tais como chorume que contamina águas subterrâneas e superficiais, solos e aumenta o incidente com vetores de doenças humanas e animais (CLIMATE & CLEAR AIR COALITION, 2015).

A geração de resíduos urbanos está vinculada ao crescimento do país, tanto de sua população quanto de sua economia. Quanto maior o poder econômico (Produto Interno Bruto – PIB total e per capita) de uma nação, maior será a quantidade e a intensidade de atividades humanas realizadas, determinando maior consumo de recursos naturais, maior taxa de ocupação territorial, aquisição de bens, serviços e alimentos, e conseqüentemente a geração de resíduos, que quando não gerenciados corretamente, se transformam em agentes poluentes, em todas as fases do ciclo de vida de um produto (THE WORLD BANK, 2014). No Brasil esta relação também é percebida nas cidades e regiões com menor poder econômico (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2014).

O aumento da concentração humana em centros urbanos vem demandando aumento de investimentos nos setores da construção civil e infraestrutura municipal, estadual e federal. Este movimento de urbanização traz consigo problemas de gestão pública, como os resíduos da construção e demolição que surgem a partir das atividades da administração pública destinadas a atender a esta demanda por infraestrutura e moradia.

O consumo tem como consequência a geração de resíduos, que podem ser sólidos, líquidos e/ou gasosos. O *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC* (2006) por meio do Protocolo de Kyoto confirmou o potencial contaminante dos resíduos sólidos urbanos, quer pela geração de gases de efeito estufa (GEE) que pela contaminação de solos, águas e/ou consumo energético para a sua geração, descarte, transporte, tratamento e disposição final em lixões, aterros controlados ou aterros sanitários, e devido a esta confirmação tem influenciado a definição de políticas nacionais e internacionais voltadas a redução de geração, ao reuso, à reciclagem, à recuperação energética, a fim de evitar a destinação de resíduos aos lixões. A Alemanha seguindo os princípios do *Intergovernmental Panel on Climate Change* em 2006 encerrou seus lixões, dando destinação mais eficiente aos resíduos sólidos produzidos, como por exemplo, a geração de energia limpa e compostos orgânicos (Figura 1) e assim evitando emissões de GEE a partir dos lixões e aterros sanitários para aproveitamento do potencial energético embutido nos produtos e embalagens descartáveis (Figura 2).

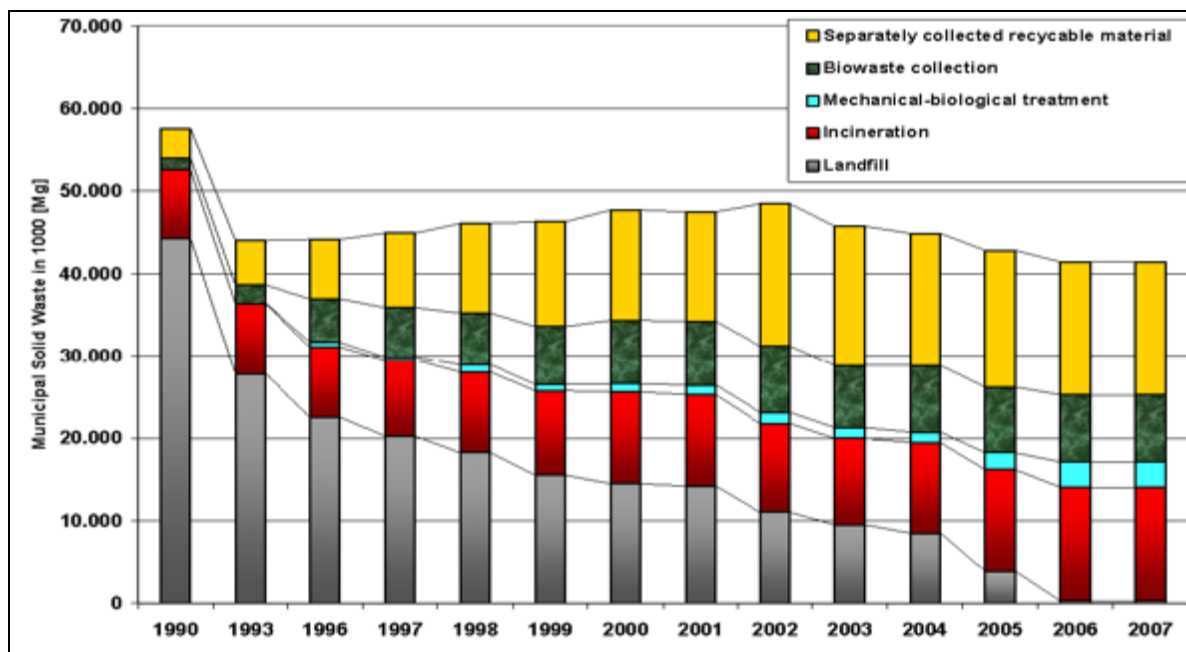


Figura 1. Gráfico de destinação de resíduos sólidos urbanos na Alemanha.

Fonte: GIEGRICH; VOGT. – Institut für Energie – und Umweltforschung Heidelberg GmbH. 2014.

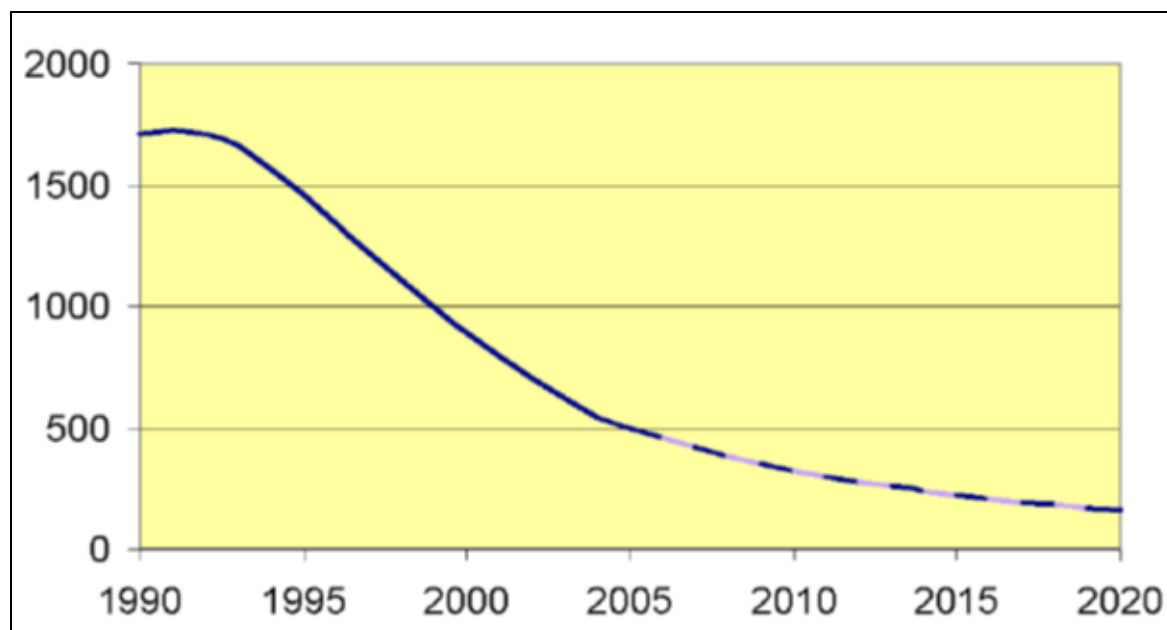


Figura 2. Produção de gás metano em aterros na Alemanha. Em milhares de toneladas por ano.

Fonte: GIEGRICH; VOGT. – Institut für Energie – und Umweltforschung Heidelberg GmbH. 2014.

De acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba (2015) na Região Metropolitana de Curitiba, no ano de 2013 foram coletados os volumes de 36.126 toneladas de resíduos sólidos por meio do programa de coleta seletiva e outras 498.383 toneladas de RSU. Já de acordo com o relatório final da logística reversa de 2015, elaborado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, e

encomendado pelo Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Paraná, na cidade de Curitiba em 2012, foram produzidas 438.620,69 toneladas de RCD pelas empresas da construção civil na Região Metropolitana de Curitiba, composta por 29 municípios e que naquela data abrigava uma população de 3.223.836.

Os ambientes construídos possuem um enorme impacto no meio ambiente, economia, saúde e produtividade, e por isso, busca-se fomentar no setor industrial a adoção de processos construtivos sustentáveis e da transformação do ambiente construído, através da educação e disseminação das práticas necessárias para a construção sustentável (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014).

Esta condição causa impactos à vida dos seus munícipes, perdas econômicas ao município e impactos ambientais significativos, por exemplo, a contaminação dos recursos hídricos locais e regionais; a poluição visual em áreas intermediárias entre a zona urbana e rural devido a deposição incorreta destes resíduos; proliferação de animais peçonhentos e vetores de doenças; acidentes humanos e muitas vezes quando do uso dos aterros sanitários ou lixões, a redução dos seus tempos de vida útil e a contaminação dos ambientes naturais e sociais de seus entornos. Estas condições adversas ao desenvolvimento das cidades apresentam dificuldades às suas administrações e à gestão pública dos RCD.

As prefeituras municipais apresentam-se diante de problemas que vão além dos problemas de gestão dos RCD, incluem a disposição ilegal dos RCD em áreas clandestinas que geram danos ambientais devido às contaminações provocadas pelo acúmulo destes resíduos quando não removidos pelo poder público, terminando por induzir a deposição de outros resíduos como os originados da poda de árvores, varrição de ruas e limpeza de terrenos, móveis e pneus e outros resíduos domiciliares; contribuindo para a proliferação de vetores de doenças humanas e animais, contaminação de águas superficiais e reservatórios aquíferos, ou ainda obstruindo as canalizações de drenagem (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015);

O fornecimento de condições de mobilidade à sua população rural, a fim de promover o desenvolvimento socioeconômico dos seus munícipes e assegurar a melhor gestão dos recursos naturais de seu território, também são problemas enfrentados pelos órgãos públicos. E da mesma maneira empresas agrossilvipastoris em sua maioria localizada em áreas rurais encontram dificuldades

de acesso as suas áreas produtivas, e em períodos de chuvas podem chegar a interromper totalmente suas atividades operacionais e comerciais.

As prefeituras destes municípios encontram grandes dificuldades para manter em ótimas condições de tráfego seus modais de estradas rurais e vicinais de acesso a estes locais. Estes modais de estradas rurais e vicinais muitas vezes também servem de acesso aos residentes rurais e/ou escoamento da indústria e da produção agrossilvipastoril. Muitos destes modais se encontram em estágios de conservação inadequado, apresentando problemas de erosão e alagamento em períodos de chuvas, infraestrutura deficitária que além de dificultar o seu uso, causam fortes impactos ambientais devido a percolação superficial de partículas sólidas a leitos de rios e outras fontes hídricas.

Da mesma forma, empresas agrossilvipastoris que normalmente possuem suas sedes produtivas em zonas urbanas encontram dificuldades para o escoamento e transporte de suas produções, uma vez que necessitam utilizar estradas vicinais particulares e públicas para o escoamento das suas produções, assegurar a interligação contínua do ciclo produtivo de seus produtos. Em sua maioria estes modais não possuem pavimentação sólida e estável, o que leva estas empresas a investirem recursos para sua pavimentação, manutenção e recuperação, deslocando assim, recursos financeiros que serviriam ao aumento da produtividade, aumento de postos de trabalhos, inovação tecnológica, eficiência produtiva e conseqüentemente a seus ganhos econômicos, à construção e manutenção de vias e estradas públicas.

Entendendo que o desenvolvimento econômico, a preservação do meio ambiente e a manutenção da qualidade de vida humana são questões que devem ser enfrentadas de forma integrada e por meio de ações conjuntas; os governos, instituições privadas e outros atores sociais têm buscado compreender melhor estes fatores e assim desenvolver instrumentos políticos públicos capazes de promover ou contribuir para a resolução total, conjunta, igualitária e integral deste desafio mundial, diminuindo distâncias sociais e econômicas.

A minimização dos impactos sociais, ambientais e econômicos definidos pelo crescimento populacional mundial e também brasileiro, passa pelo reconhecimento da necessidade de implantar ações de responsabilidade compartilhada e desenvolver parcerias para a gestão e o uso de resíduos sólidos em outras atividades econômicas e de acordo com o que estabelece a Lei 12.305 na

hierarquização de gestão, e no aumento do ciclo de vida dos resíduos sólidos urbanos e inclusive os da construção e demolição, a fim de reduzir, reutilizar, reciclar, recuperar suas energias e por fim quando não houver outras possibilidades, destina-los aos aterros sanitários.

Com base nesta lei, seus princípios, diretrizes, metas, objetivos e premissas de hierarquização para a gestão, os geradores e os gestores poderão estabelecer acordos e ações conjuntas para prolongar o ciclo de vida dos produtos e seus resíduos, como por exemplo, elaborando políticas públicas e setoriais, planos e implantando ações gerenciais, econômicas e educacionais para minimizar os problemas gerados pelos resíduos sólidos urbanos, dentre eles os da construção e demolição.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa utilizou como método o conjunto de pesquisas bibliográfica, documental, experimental, criando condições para interferir no aparecimento ou na modificação de fatos, para poder explicar o que ocorre com fenômenos correlacionados, com observação dos fatos de acordo com suas ocorrências qualitativas (RODRIGUES, 2007; GIL, 2010. p. 29).

Esta pesquisa utilizou estudos experimentais de dois modelos de aplicação práticas e implantação em duas unidades experimentais, com seleção manipulação de materiais e métodos específicos para obtenção de resultados indutivos e comprobatórios dos objetivos determinados. Sendo descritos os materiais utilizados, técnicas empregadas e procedimentos metodológicos para validação dos resultados (RODRIGUES, 2007; GIL, 2010. p.31-32).

Visando melhorar a compreensão dos leitores, na figura 1 é possível observar o fluxograma de atividades realizadas durante esta pesquisa. Porém, cabe ressaltar que as etapas definidas no fluxograma não foram completamente lineares, uma vez que com base nos resultados obtidos houve a necessidade de rever conceitos para elaboração das análises e considerações finais, sendo portanto, etapas adicionais e complementares de uma pesquisa (GIL, 2010. p.45).

No capítulo 3 são apresentadas maiores informações e detalhes da metodologia e os procedimentos metodológicos aplicados nesta pesquisa.

Na Figura 3 é possível observar o fluxo de desenvolvimento e processamento desta pesquisa de acordo com suas etapas teórico-práticas.

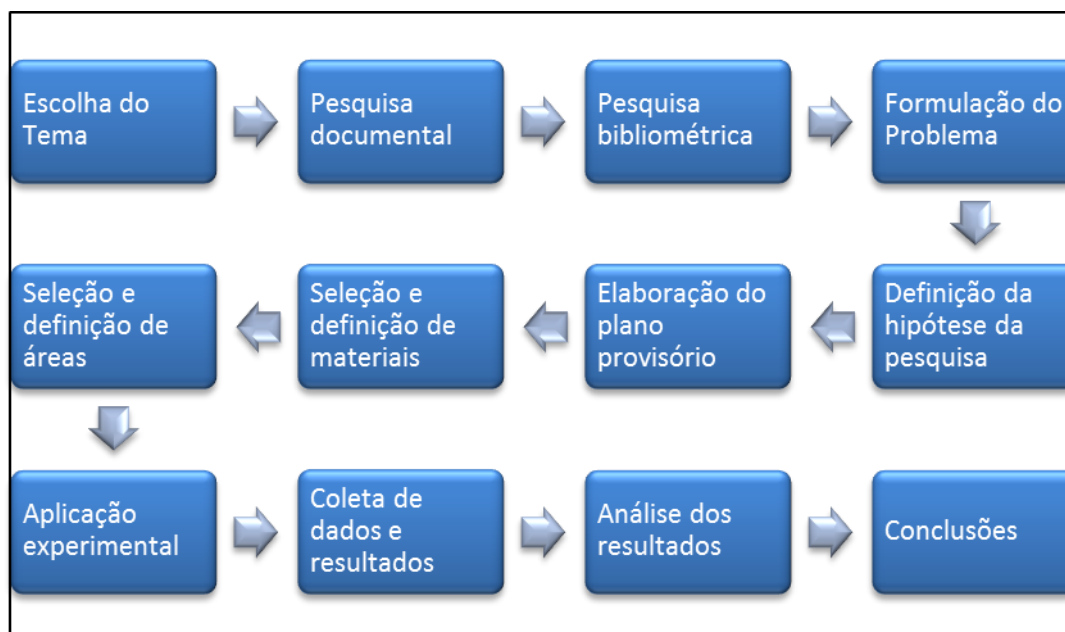


Figura 3. Fluxograma das etapas desenvolvidas em esta pesquisa.

Fonte: Adaptado de Gil (2010).

1.6 EMBASAMENTO TEÓRICO

O desenvolvimento desta pesquisa foi realizado com a construção da base do conhecimento dividida em três áreas: i) pesquisa de documentos e referenciais legais; ii) pesquisa de referências técnicas; iii) pesquisa de referências científicas. A partir desta segmentação do conhecimento os estudos teóricos foram consolidados e serviram de base para o delineamento da pesquisa e construção do racional e da lógica deste estudo.

Na pesquisa de documentos e referências foram utilizados instrumentos legais que serviram de base para a elaboração e implantação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos para o Brasil e os seus planos de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos da construção e demolição previstos na Lei 12.305/2010. Para a

definição da limitação deste estudo foi considerado o escopo internacional, nacional, estadual e municipal de abrangência das leis, decretos, resoluções, normas e outros instrumentos de amparo legal.

Para a pesquisa de referências técnicas levantadas foram considerados os diversos atores envolvidos na cadeia produtiva da construção civil, e suas relações internacionais, nacionais e estaduais, seus documentos individuais e setoriais considerando as fases de elaborações políticas, geração dos materiais da construção civil, execução de obras e destinação final dos resíduos gerados.

Na pesquisa científica foram realizados estudos bibliométricos e bibliográficos nas línguas português e inglês, utilizando como base de busca os sites da internet: Google Acadêmico, Periódicos Capes e *Scielo*. Também foram consideradas como fonte de pesquisa as relações técnicas e profissionais capazes de fornecer dados e referenciais teóricos para dar suporte e embasamento às decisões, resultados e considerações finais desta pesquisa.

1.7 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa bibliométrica foi conduzida primeiramente com exploração e tabulação dos dados no site Google Acadêmico, empregando palavras-chave na língua portuguesa e inglesa, formando um conjunto de palavras-chave que atendessem ao tema pensado para esta pesquisa.

Partindo-se do Google Acadêmico e com conceitos amplos, o conjunto de palavras Solid Waste National Policy obteve 154.000 resultados; para *Política Nacional Resíduos Sólidos* 15.000 e *Políticas Resíduos Sólidos Urbanos* 15.600 resultados de referência. Seguindo este racional, foi construído o estreitamento/delineamento da pesquisa com a adição de outras palavras-chave, até chegar a duas (02) referências para o conjunto de palavras-chave: “*Civil construction demolition waste policies circular economy chain production usine*”. Uma vez atingindo esse estreitamento da pesquisa para este site, foi realizada novamente a pesquisa, agora com uso do site Periódicos Capes, que resultou o mesmo material referencial.

Com base nos mesmos conjuntos de palavras-chave, foi desenvolvida a pesquisa por artigos, livros e trabalhos científicos no site Periódicos Capes que apresentassem um conjunto de dados e informações suficientes para a condução deste trabalho neste momento.

As pesquisas realizadas nos sites Periódicos Capes e Google Acadêmico, foram conduzidas em duas fases, sendo a primeira fase quantitativa e a segunda qualitativa por meio da análise dos resultados para avaliação da repetição de documentos resultantes.

Foram delimitados os materiais resíduos da construção civil e demolição Classe A e áreas rurais e vicinais para a aplicação desta pesquisa.

1.8 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Esta pesquisa está definida em uma estrutura de 5 partes constituídas de capítulos complementares e relacionados. No primeiro capítulo encontra-se a introdução, o tema da pesquisa, apresentação do problema, hipótese e suas premissas, dos objetivos (geral e específicos), das justificativas, dos procedimentos metodológicos e da estrutura do documento desta monografia para especialização em Construções sustentáveis, conforme já apresentada acima

No capítulo 2, está apresentado o desenvolvimento dos conhecimentos que fundamentam esta pesquisa, onde é apresentado o marco regulatório, as normas que definem os resíduos sólidos, os conceitos das diretrizes da Lei 12.305, as conceituações técnicas e as tecnologias de processamento dos resíduos sólidos da construção e demolição.

No capítulo 3, é detalhada a metodologia da pesquisa com explicação das etapas desenvolvidas e apresentadas na figura 1 acima, caracterização das áreas experimentais, das tecnologias empregadas, tipologia e classificação dos materiais empregados para obtenção dos resultados desta pesquisa.

Os dados e informações coletadas nos dois experimentos que serviram para a construção dos resultados e discussões desenvolvidas por esta pesquisa sobre a Lei 12.305/2010 e a PNRS, os resíduos da construção e demolição, e sobre os agregados de resíduos são apresentados no capítulo 4 deste documento.

No capítulo 5, estão as conclusões finais alcançadas pelo desenvolvimento desta pesquisa sobre os limites e possibilidades da Lei 12.305/2010 como instrumento de apoio ao desenvolvimento de uma economia circular e promoção da sustentabilidade do Planeta, sugestões para futuras pesquisas e respostas aos objetivos desta pesquisa.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MARCO LEGAL

O ponto de partida para o desenvolvimento desta pesquisa foi a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e dela foi realizada a leitura de outros instrumentos legais que nortearam a sua constituição e os que surgiram a partir de leituras complementares para a sua aplicação e desenvolvimento integral e total.

Após 20 anos de estudos e discussões, em 02 de agosto 2010, o Brasil seguindo as orientações do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) e das ações internacionais, principalmente as da União Europeia (UE), instituiu a Lei 12.305/2010 que define a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), e que foi regulamentada por meio do Decreto presidencial 7.404 de 23 de dezembro de 2010, e que serviu e serve para orientar ações estratégicas na área ambiental, por meio de diretrizes, estratégias e metas para os próximos anos e décadas (INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA, 2012).

De acordo com o estudo da literatura existente sobre a PNRS foi percorrido um caminho de busca nem sempre linear, uma vez que dados e referências encontradas conduziram esta pesquisa para pontos e análises que encontravam-se além do escopo e delineamento da pesquisa, mas que seu conhecimento e compreensão eram fundamentais para estabelecer a correlação correta das variáveis e fatores que as estabeleciam, além de serem fundamentais para a construção do pensamento científico, conhecimento, análise dos resultados, e elaboração das considerações finais apresentadas no capítulo 5 deste trabalho.

Como instrumentos legais foram considerados Leis, Decretos, Normas, Resoluções, Regulamentos nacionais, estaduais e municipais. Da mesma maneira acordos internacionais, ou ainda nacionais, estaduais e intermunicipais que ora servem de base para a aplicação da Lei 12.305/2010 que prevê a necessidade dos Governos estaduais e municipais apresentarem seus Planos de Gestão para os Resíduos Sólidos, incluindo os Resíduos sólidos da construção e demolição (RCD),

previstos pela PNRS e que determina que ações sejam apresentadas por eles para atender as exigências legais definidas nesta lei.

Apesar do instrumento legal estudado nesta pesquisa ser a Lei 12.305/2010, por questões de entendimento será adota a ordem de maior vigência e aplicação dos instrumentos legais para toda a extensão e aplicação da pesquisa. Contudo, este marco legal não tem objetivo de elaborar uma revisão completa dos aspectos legais norteadores da PNRS, e sim utilizar e apresentar aqueles que serviram de base para a determinação desta pesquisa ou que foram citados por autores em diferentes documentos analisados.

2.1.1 Constituição da República Federativa do Brasil

De acordo com Nagalli (2014, p.18) “diversos são os aspectos da Constituição federal brasileira que tangenciam o gerenciamento dos resíduos da construção” entretanto este autor destaca o artigo 225 (Titulo VIII – Da Ordem Social, Cap. VI – Do Meio Ambiente) que descreve que:

“todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (BRASIL, 1988).

Conforme consta no parágrafo segundo do capítulo sexto do título oitavo, para assegurar a efetividade desse direito, todo “aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.” (BRASIL, 1988). E em seu parágrafo terceiro todas “as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.” (BRASIL, 1988).

2.1.2 Lei Federal Nº.6.938 de 31 de agosto de 1981

Esta Lei foi alterada pela Lei nº 7.804 de 18 de julho de 1989. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. E devido à alteração desta Lei 6.938, a pesquisa considerará a Lei 7.804/1989 para seus estudos (BRASIL, 1981).

2.1.3 Lei Federal Nº 7.804, de 18 de julho de 1989.

Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980, e dá outras providências.

Por seu artigo primeiro a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, passa a vigorar com as seguintes alterações: [...] e no seu artigo sexto passa a vigorar com a seguinte redação [...] II-Órgão Consultivo e Deliberativo: o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, adotado nos termos desta Lei, para assessorar, estudar e propor ao Conselho Superior do Meio Ambiente - CSMA diretrizes políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais, e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida; [...] (BRASIL, 1989).

2.1.4 Resolução CONAMA 307/2002

Segundo Nagalli (2014) esta resolução foi a primeira dedicada a questão dos resíduos da construção e demolição, estabelecendo diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

A Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, publicada no DOU nº 136, de 17 de julho de 2002, Seção 1, páginas 95-96, alterada pela Resolução nº 348/04 (alterado o inciso IV do art. 3º) estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA (2002), no uso das competências que lhe foram conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, anexo à Portaria nº 326, de 15 de dezembro de 1994, e:

[...] Considerando a necessidade de implementação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil;
Considerando que a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental;
Considerando que os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas;
Considerando que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos;
Considerando a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil; e,
Considerando que a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental, resolve:

Em seu artigo primeiro estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais (CONAMA, 2002).

[...]

CONAMA (2002), em seu artigo terceiro define que os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso; (redação dada pela Resolução nº 431/11).

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (redação dada pela Resolução nº 431/11).

IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas, demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (redação dada pela Resolução nº 348/04).

No seu artigo quarto CONAMA (2002) determina que:

“os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. (nova redação dada pela Resolução 448/12).”

E em seu parágrafo primeiro: “os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. (nova redação dada pela Resolução 448/12).” E em seu parágrafo segundo: “os resíduos deverão ser destinados de acordo com o disposto no art. 10 desta Resolução”.

No seu artigo quinto CONAMA (2002) estabelece que:

“é instrumento para a implementação da gestão dos resíduos da construção civil o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos Municípios e pelo Distrito Federal, em consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. (nova redação dada pela Resolução 448/12).”

Esta resolução foi posteriormente complementada e alterada pela Resolução 448/12, que altera a redação do seu conteúdo ou revoga artigos da Resolução CONAMA 307/2002, e por se tratar da resolução que direciona as atividades de gestão e gerenciamento dos resíduos da construção civil, a seguir será apresentada a nova resolução CONAMA em vigência desde 2012.

2.1.5 Resolução CONAMA 448/2012

De acordo com Nagalli (2014) esta resolução altera a nomenclatura dos entes do sistema de gestão de resíduos da construção.

Resolução Nº 448, de 18 de janeiro de 2012, publicada no DOU Nº 14, quinta-feira, 19 de janeiro de 2012 Altera os artigos. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução Nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2012).

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2012), no uso das atribuições que lhe são conferidas pelo art. 8º da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990, e tendo em vista o disposto no seu Regimento Interno, anexo à Portaria nº 452, de 17 de novembro de 2011, e Considerando a necessidade de adequação da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, ao disposto na Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, resolve:

“Art. 1º Os artigos. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, publicada no Diário Oficial da União de 17 de julho de 2002, Seção 1, páginas 95 e 96, passam a vigorar com a seguinte redação:”

[...]

“Art. 6º Deverão constar do Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil: I - as diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local e para os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores; [...]; III - o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e reservação de resíduos e de disposição final de rejeitos;”

[...]

“Art. 8º Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil serão elaborados e implementados pelos grandes geradores e terão como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos. § 1º Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, de empreendimentos e atividades não enquadrados na legislação como objeto de licenciamento ambiental, deverão ser apresentados juntamente com o projeto do empreendimento para análise pelo órgão competente do poder público municipal, em conformidade com o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil. § 2º Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de empreendimentos e atividades sujeitos ao licenciamento ambiental deverão ser analisados dentro do processo de licenciamento, junto aos órgãos ambientais competentes.”

“Art. 9º Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas: [...].”

"Art. 10. Os resíduos da construção civil, após triagem, deverão ser destinados das seguintes formas: I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros; [...] IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. [...]"

"Art. 11. Fica estabelecido o prazo máximo de doze meses, a partir da publicação desta Resolução, para que os municípios e o Distrito Federal elaborem seus Planos Municipais de Gestão de Resíduos de Construção Civil, que deverão ser implementados em até seis meses após a sua publicação. Parágrafo único. Os Planos Municipais de Gestão de Resíduos de Construção Civil poderão ser elaborados de forma conjunta com outros municípios, em consonância com o art. 14 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010."

Art. 2º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 3º Ficam revogados os artigos. 7º, 12 e 13 da Resolução nº 307, de 2002, do CONAMA.

Desta forma a presente pesquisa toma como base a presente Resolução do CONAMA para definir suas ações e inferir suas análises e considerações finais. Entretanto, outras resoluções do CONAMA como: 431/2011; 348//2004; etc., embora não versem sobre os resíduos da construção e demolição estão relacionadas diretamente ao seu gerenciamento (NAGALLI, 2014).

2.1.6 Lei Federal 12.305 de 02 de agosto de 2010

Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, DOU 03.08.2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

Esta Lei 12.305/2010 está baseada no art. 225 da Constituição da república Federativa do Brasil de 05 de outubro de 1988, que dispõe sobre a proteção do meio ambiente, a gestão compartilhada e sobre a Lei 6.938/81 e Lei 7.804/89 que estabelecem a Política Nacional de Meio Ambiente; atende a Resolução CONAMA 307 de 2002 e Resolução CONAMA 448 de 2012 que estabeleceu princípios, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção e demolição; aos princípios do Protocolo de Kyoto de 1997, e pelo exemplo de diretrizes e políticas diretivas da União Europeia e outros países.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em seu artigo primeiro dispõe sobre diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos; as responsabilidades dos geradores (pessoas físicas

e jurídicas), do poder público, ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos.

Em seu artigo segundo a PNRS define que aplicam-se aos resíduos sólidos, além do disposto nesta Lei, nas Leis nos 11.445, de 5 de janeiro de 2007, 9.974, de 6 de junho de 2000, e 9.966, de 28 de abril de 2000, as normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa) e do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro).

De acordo com o artigo quarto da Lei 12.305/10 a PNRS reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

Em seu artigo quinto esta Lei apresenta que a PNRS integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, com a Política Federal de Saneamento Básico, regulada pela Lei nº 11.445, de 2007, e com a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005.

A Lei 12.305/2010 em seu artigo sexto define como princípios da PNRS os seguintes pontos:

- I - a prevenção e a precaução;
- II - o poluidor-pagador e o protetor-recebedor;
- III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;
- IV - o desenvolvimento sustentável;
- V - a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;
- VI - a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;
- VII - a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- VIII - o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;
- IX - o respeito às diversidades locais e regionais;
- X - o direito da sociedade à informação e ao controle social;
- XI - a razoabilidade e a proporcionalidade.

No artigo sétimo da PNRS são definidos seus objetivos, que dentre todos destaca-se os que tem interesse e relação direta com esta pesquisa:

- I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;
- II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;
- IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;
- [...]
- VI - incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- VII - gestão integrada de resíduos sólidos;
- VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;
- [...]
- X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007;
- [...]
- XII - integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- XIII - estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto;
- XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;
- XV - estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.

No artigo oitavo são definidos os instrumentos da PNRS, entre outros:

- I - os planos de resíduos sólidos;
- II - os inventários e o sistema declaratório anual de resíduos sólidos;
- III - a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- IV - o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- V - o monitoramento e a fiscalização ambiental, sanitária e agropecuária;
- VI - a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos;
- VII - a pesquisa científica e tecnológica;
- VIII - a educação ambiental;
- IX - os incentivos fiscais, financeiros e creditícios;
- X - o Fundo Nacional do Meio Ambiente e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico;
- XI - o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir);
- XII - o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (Sinisa);

- XIII - os conselhos de meio ambiente e, no que couber, os de saúde;
- XIV - os órgãos colegiados municipais destinados ao controle social dos serviços de resíduos sólidos urbanos;
- XV - o Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos;
- XVI - os acordos setoriais;
- XVII - no que couber, os instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, entre eles: a) os padrões de qualidade ambiental; b) o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais; c) o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental; d) a avaliação de impactos ambientais; e) o Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (Sinima); f) o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;
- XVIII - os termos de compromisso e os termos de ajustamento de conduta;
- XIX - o incentivo à adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados, com vistas à elevação das escalas de aproveitamento e à redução dos custos envolvidos.

O artigo nono da PNRS estabelece que na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. E estabelece em seu parágrafo:

§ 1º Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.

§ 2º A Política Nacional de Resíduos Sólidos e as Políticas de Resíduos Sólidos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios serão compatíveis com o disposto no caput e no § 1º deste artigo e com as demais diretrizes estabelecidas nesta Lei.

No seu artigo décimo define a incumbência ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, sem prejuízo das competências de controle e fiscalização dos órgãos federais e estaduais do Sisnama, do SNVS e do Suasa, bem como da responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos, consoante o estabelecido nesta Lei.

O artigo decimo terceiro estabelece que para os efeitos desta Lei, os resíduos sólidos têm a classificação abaixo apresentada.

I - quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas "a" e "b";
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas "b", "e", "g", "h" e "j";

- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea "c";
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvipastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II - quanto à periculosidade:

- a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;
- b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea "a".

Parágrafo único. Respeitado o disposto no artigo. 20, os resíduos referidos na alínea "d" do inciso I do caput, se caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

O artigo décimo quarto relaciona os planos de resíduos sólidos:

- I - o Plano Nacional de Resíduos Sólidos;
- II - os planos estaduais de resíduos sólidos;
- III - os planos microrregionais de resíduos sólidos e os planos de resíduos sólidos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas;
- IV - os planos intermunicipais de resíduos sólidos;
- V - os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos;
- VI - os planos de gerenciamento de resíduos sólidos.

Parágrafo único. É assegurada ampla publicidade ao conteúdo dos planos de resíduos sólidos, bem como controle social em sua formulação, implementação e operacionalização, observado o disposto na Lei nº 10.650, de 16 de abril de 2003, e no art. 47 da Lei nº 11.445, de 2007.

O artigo vigésimo define que estão sujeitos à elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos:

- I - os geradores de resíduos sólidos previstos nas alíneas "e", "f", "g" e "k" do inciso I do art. 13;
- II - os estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que:
 - a) gerem resíduos perigosos;

- b) gerem resíduos que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal;
- III - as empresas de construção civil, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama;
- IV - os responsáveis pelos terminais e outras instalações referidas na alínea "j" do inciso I do art. 13 e, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e, se couber, do SNVS, as empresas de transporte;
- V - os responsáveis por atividades agrossilvipastoris, se exigido pelo órgão competente do Sisnama, do SNVS ou do Suasa.

Parágrafo único. Observado o disposto no Capítulo IV deste Título, serão estabelecidas por regulamento exigências específicas relativas ao plano de gerenciamento de resíduos perigosos.

No artigo vigésimo quinto é estabelecido que o poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos e das diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta Lei e em seu regulamento.

No artigo trigésimo é instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante as atribuições e procedimentos previstos na Seção II do Capítulo III da Lei, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.

Parágrafo único. A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos tem por objetivo:

- I - compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis;
- II - promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas;
- III - reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;
- IV - incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade;
- V - estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;
- VI - propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade;
- VII - incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental.

A PNRS em seu artigo trigésimo terceiro obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

- I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;
- II - pilhas e baterias;
- III - pneus;
- IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

De acordo com o artigo trigésimo quarto da PNRS os acordos setoriais ou termos de compromissos referidos no inciso IV do caput do artigo 31 e no § 1º do artigo 33 podem ter abrangência nacional, regional, estadual ou municipal. E estabelece em seu parágrafo primeiro:

“os acordos setoriais e termos de compromissos firmados em âmbito nacional têm prevalência sobre os firmados em âmbito regional ou estadual, e estes sobre os firmados em âmbito municipal.”

A PNRS dentre outras decisões apresenta dois novos conceitos inovadores: a logística reversa pós-consumo (artigo 8) e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (artigo 30) (FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2013).

A Lei 12.305/2010 reconhece a extensão dos danos ambientais e à saúde da população causada pela falta de gestão adequada dos RSU e mesmo pelo continuo uso dos lixões e aterros controlados. E por isso instituiu a data de 02 de agosto de 2014 como prazo final para que as cidades se adequassem e encerrassem as atividades irregulares de destinação dos RSU, ou seja, os ambientalmente inadequados Lixões, os aterros controlados e outros termos de amparo legal para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, dentre eles os resíduos sólidos da construção e demolição.

Entretanto, de acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos – ABRELPE (2014) o ambiente econômico brasileiro desfavorável, contribuiu para que os municípios não cumprissem com os objetivos e metas estabelecidas pela PNRS e determinando que os lixões, aterros controlados

continuem a ser utilizados em todo o território brasileiro, e para piorar o cenário e perpetuar a degradação ambiental foi aprovado o pleito de prorrogação ao cumprimento da PNRS, o que manterá as atuais faltas de cumprimento a Lei 12.305/2010 pelos próximos anos.

De acordo com a PNRS e pelos Institutos e Associações de gestão pública e privada vem apontando a Gestão integrada do ciclo de vida total dos resíduos sólidos urbanos, e dentre suas ações as de logística reversa, como a melhor solução para a gestão e o gerenciamento de dos resíduos sólidos urbanos (RSU) (ABRELPE, 2014; ABRAMAT, 2014; ABRECON, 2015; FBDS, 2013; SENAI, 2014; ISWA, 2014).

De acordo com a *Climate & Clear Air Coalition* (2015) os lixões e aterros controlados são a terceira fonte de emissão de gases metano com aproximadamente 11% de todas as emissões deste gás. Os resíduos sólidos são também fontes significativas de chorume e emissões de carbonos negros oriundos dos sistemas de transporte dos resíduos (CLIMATE & CLEAR AIR COALITION, 2015). A PNRS orienta governos nacionais, estaduais e municipais para políticas públicas em uma nova sistemática na gestão dos resíduos sólidos com base em princípios modernos e adequados a políticas internacionais, principalmente em concordância às Leis europeias com respeito à hierarquização de procedimentos e valorização e proteção dos recursos naturais (FRICKE; PEREIRA, 2015).

De acordo com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (2015) a elaboração da PNRS utilizou as seguintes legislações ambientais:

Resolução SEMA Nº 51, de 23 de outubro de 2009 - Dispensa de Licenciamento e/ou Autorização Ambiental Estadual de empreendimentos e atividades de pequeno porte e baixo impacto ambiental; Instrução Normativa IBAMA Nº6, DE 15 de março de 2013 – Regularizar o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais - CTF/APP, nos termos desta Instrução Normativa; Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 – Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 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; Decreto nº 7.405, de 23 de dezembro de 2010 – Institui o Programa Pró-Catador, denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo criado pelo Decreto de 11 de setembro de 2003, dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências; Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011 - Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5,

no inciso II do § 3 do art. 37 e no § 2 do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei no 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei no 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei no 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências; Decreto nº 7.724, de 16 de maio de 2012 – Regulamenta a Lei no 12.527, de 18 de novembro de 2011, que dispõe sobre o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do caput do art. 5, no inciso II do § 3 do art. 37 e no § 2 do art. 216 da Constituição; Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 – Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei Nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências; 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; Decreto nº 4.281, de 25 de junho de 2002 – Regulamenta a Lei no 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências; 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; Decreto Nº 6.514/08 – Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências; Decreto nº 7.619, de 21 de novembro de 2011 – Regulamenta a concessão de crédito presumido do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI na aquisição de resíduos sólidos; Decreto nº 5.360, de 31 de janeiro de 2005 – Promulga a Convenção sobre Procedimento de Consentimento Prévio Informado para o Comércio Internacional de Certas Substâncias Químicas e Agrotóxicos Perigosos, adotada em 10 de setembro de 1998, na cidade de Roterdã - Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006 – Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências; Decreto nº 5.098, de 3 de junho de 2004 – Dispõe sobre a criação do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos - P2R2, e dá outras providências; Decreto nº 875, de 19 de julho de 1993 – Promulga o texto da Convenção sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito; Resolução CONAMA Nº404/2008 – Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos; Resolução CONAMA Nº450/12 – Altera 362/05art. 24-A à Resolução no 362, de 23 de junho de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que dispõe sobre recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado; Resolução CONAMA Nº448/12 – Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nas definições de: Aterro de resíduos classe A de preservação de material para usos futuros, área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, gerenciamento de resíduos sólidos, gestão integrada de resíduos sólidos; Resolução CONAMA Nº420/09 – Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas; Resolução CONAMA Nº375/06 – Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências; Resolução CONAMA Nº380/06 – Retifica a Resolução CONAMA no 375/06; Resolução CONAMA Nº275/01 – Estabelece código de cores para os diferentes tipos de resíduos; Resolução CONAMA Nº235/98 – Publica novo texto do anexo 10 da resolução CONAMA 23/96 sobre importação de resíduos; Resolução CONAMA

Nº08/91 – Dispõe sobre a entrada no país de materiais residuais; Resolução CONAMA Nº23, de 12/12/1996 – Dispõe sobre as definições e o tratamento a ser dado aos resíduos perigosos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito; Resolução CONAMA Nº 264, de 26/08/1999 – Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos. Resolução nº 313, de 29/10/2002 – Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Resolução nº 316, de 29/10/2002 – Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Foi alterada pela Resolução 386/06; Resolução nº 5, de 05/08/1993 – Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários; Revisão da Resolução nº 5, de 05/08/1993 – Estabelecem definições, classificação e procedimentos mínimos para o gerenciamento dos resíduos sólidos de serviços de portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários; NBR 15112:2004 – Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos, Áreas de Transbordo e Triagem. Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação; NBR 15113:2004 – Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes – Aterros. Diretrizes para Projetos, Implantação e Operação; NBR 15114:2004 – Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de Reciclagem Diretrizes para Projetos, Implantação e Operação; NBR 15115:2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos; NBR 15116:2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos; NBR 9735: 2006 – Conjunto de equipamentos para emergências no transporte terrestre de produtos perigosos; NBR 13221: 2003 – Transporte Terrestre de Resíduos.

Quando observados os acordos internacionais dos quais o Brasil é signatário a PNRS está alinhada às Leis europeias que estão fundamentadas nas seguintes diretivas: i) *Diretiva da Estrutura de Resíduos* estabelece que todos os Estados Membros da UE e da Área Econômica Europeia (Islândia, Liechtenstein e Noruega) estão submetidos aos princípios e metas introduzidos pela Diretiva de Resíduos 2008/98/EC do Parlamento e do Conselho Europeu de 19 de novembro de 2008. ii) *Diretiva da EU sobre Aterros (1999/31/EC)* obriga os países a reduzir a quantidade de resíduos urbanos biodegradáveis (RUB) que são levados ao aterro; iii) *Diretiva da UE (2000/53/EU)* sobre Veículos no Fim-da-Vida (VFV) estipula que o mantenedor/proprietário do carro deve levá-lo até uma instalação de tratamento, sem custo, para que possa ser reciclado e disposto de maneira ambientalmente sustentável; iv) *Diretiva UE (2002/96/EU)* sobre Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) que tem como objetivo aumentar as taxas de recuperação dos itens de resíduo/sucata e reduzir as quantidades deste fluxo de resíduos levados ao aterro; *Diretiva UE 94/62/EU* sobre Embalagens & Resíduos de Embalagens, que tem o objetivo de harmonizar as medidas nacionais para prevenir ou reduzir o impacto das embalagens e dos resíduos de embalagens no meio

ambiente e garantir o funcionamento do Mercado Interno, Figura 4 (INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS, 2015).

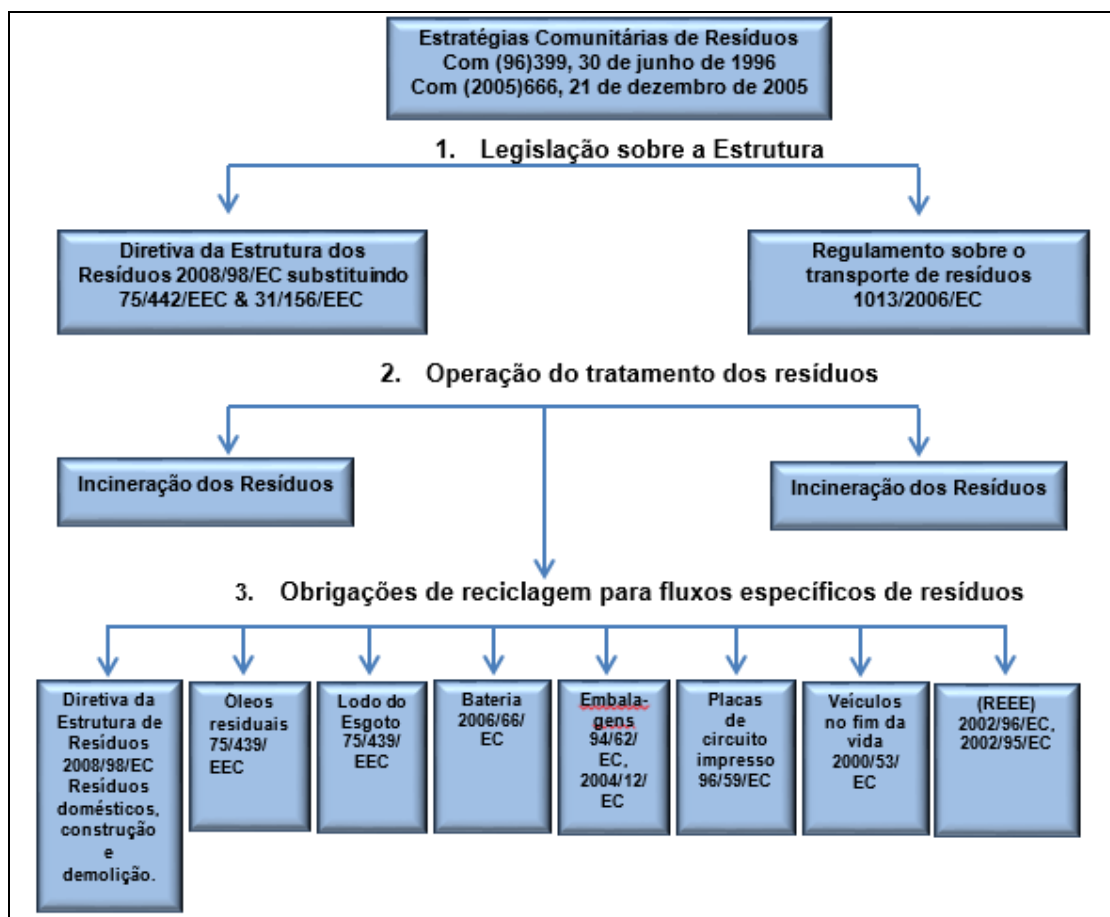


Figura 4. Estrutura da legislação europeia para gestão de resíduos.

Fonte: O autor, 2015. Adaptado de ISWA e ABRELPE (2015).

De acordo com Garé (2011) os gestores da construção ainda desconhecem a Lei 12.305/2010, ressaltando que os conhecimentos sobre Legislação e Normas ambientais em obras de construção civil, quando existem estão mais relacionados ao atendimento de programas de certificação como o LEED do que promover uma gestão mais adequada ambientalmente.

A Lei 12.305/2010 utiliza-se das definições técnicas apresentadas pelas Normas da ABNT, a fim de melhor atender às demandas da PNRS. Como exemplo de adequação técnica pode-se citar as seguintes Normas da ABNT utilizadas como referência para a elaboração e definição dessa Lei: ABNT NBR 10.004; 10.005; 10.006; 10.007 que definem resíduo sólido e dá outros termos; ABNT NBR

15116:2004 que define agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil para utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural; ABNT NBR 15114:2004 - Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem diretrizes para projeto, implantação e operação; ABNT NBR 15.112 que define resíduos volumosos; ABNT NBR 15483/2009. Aparas de papel e papelão ondulado – Classificação; ABNT NBR ISO 14040: Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Estrutura; ABNT NBR 13896/97: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação; ABNT NBR 12980/93: Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos; ABNT NBR 8419/92: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos; ABNT NBR 15849/2010: Aterros sanitários de pequeno porte - diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.

A certificação LEED busca atender aos aspectos ambientais dos princípios da sustentabilidade, considerando entre eles a gestão integrada dos resíduos sólidos da construção civil e nesta gestão busca encorajar o uso de materiais de baixo impacto ambiental (reciclados, regionais, recicláveis, de reuso, etc.) e reduz a geração de resíduos, além de promover o descarte consciente, desviando o volume de resíduos gerados dos aterros sanitários (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2015).

2.1.7 Norma Brasileira ABNT NBR 15116:2004

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

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2004) o objetivo desta Norma 15.116/2004 é estabelecer os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil, considerando sua destinação para obras de pavimentação viária em camadas de reforço de subleito, sub-base e base da pavimentação, ou revestimento primário de vias não pavimentadas; ou como matéria-prima para o preparo de concreto sem função estrutural.

Esta Norma contém prescrições de outras normas e por isso serão relacionadas a seguir:

Resolução CONAMA 307, de 05/07/2002 - Gestão dos resíduos da construção civil
 ABNT NBR 7181:1984 - Solo - Análise granulométrica
 ABNT NBR 7211:1983 - Agregado para concreto - Especificação
 ABNT NBR 7218:1987 - Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis
 ABNT NBR 7809:1983 - Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro
 ABNT NBR 8953:1992 - Concreto para fins estruturais - Classificação por grupos de resistência
 ABNT NBR 9895:1987 - Solo - índice de suporte Califórnia
 ABNT NBR 9917:1987 - Agregados para concreto - Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis
 ABNT NBR 9936:1987 - Agregados - Determinação do teor de partículas leves
 ABNT NBR 10004: 1987 - Resíduos sólidos – Classificação (substituída em 2004 pela versão 2004).
 ABNT NBR 15114:2004 - Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem ~ Diretrizes para projeto, implantação e operação
 ABNT NBR 15115:2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos
 ABNT NBR NM 26:2001 - Agregados - Amostragem
 ABNT NBR NM27:2001 - Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório
 ABNT NBR NM 30:2001 - Agregado miúdo - Determinação da absorção de água
 ABNT NBR NM 46:2003 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem
 ABNT NBR NM 53:2003 - Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água
 ABNT NBR NM248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica
 ABNT NBR NM/ISO33101:1997- Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação - Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico.

Os resíduos sólidos de construção civil são classificados como classe A, oriundos de áreas de reciclagem de acordo com a ABNT NBR 15114, na forma de agregados destinados às aplicações estabelecidas, podem ser definidos como Agregado de resíduo de concreto (ARC) e Agregado de resíduo misto (ARM), a seguir, descritos conforme consta na norma 15116:2004:

Agregado de resíduo de concreto (ARC) é o agregado reciclado obtido do beneficiamento de resíduo pertencente à classe A, composto na sua fração graúda, de no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas. Sua composição deve ser determinada conforme o anexo A e atender aos requisitos das aplicações específicas.

Agregado de resíduo misto (ARM) é o agregado reciclado obtido do beneficiamento de resíduo de classe A, composto na sua fração graúda com menos de 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas. Sua composição deve ser determinada conforme o anexo A e atender aos requisitos das aplicações específicas.

Para este estudo foram utilizados os agregados de resíduo de concreto (ARC) e os agregados de resíduo misto (ARM), somente como material de revestimento primário de vias não pavimentadas, não necessitando, portanto, das descrições de granulometria e gravimetria exigidas para uso como matéria-prima para preparo de concreto.

2.1.8 Norma Brasileira ABNT NBR 10.004:2004

Esta Norma classifica os resíduos sólidos quanto aos seus potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente, não considerando os resíduos radiativos, uma vez que são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento:

Portaria nº 204/1997 do Ministério dos Transportes
ABNT NBR 10005:2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos
ABNT NBR 10006:2004 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos
ABNT NBR 10007:2004 – Amostragem de resíduos sólidos ABNT NBR 12808:1993 – Resíduos de serviço de saúde – Classificação
ABNT NBR 14598:2000 – Produtos de petróleo – Determinação do ponto de fulgor pelo aparelho de vaso fechado Pensky- Martens
USEPA - SW 8461) – Test methods for evaluating solid waste – Physical/chemical methods

De acordo com esta Norma os resíduos são classificação em:

- a) resíduos classe I - Perigosos;
- b) resíduos classe II – Não perigosos;
 - resíduos classe II A – Não inertes.
 - resíduos classe II B – Inertes.

Esta Norma define que os resíduos classe I – Perigosos, são aqueles que apresentam periculosidade, conforme uma das seguintes características:

- i) Inflamabilidade – um resíduo sólido é caracterizado como inflamável;
- ii) corrosividade – um resíduo é caracterizado como corrosivo;
- iii) reatividade – um resíduo é caracterizado como reativo;

iv) toxicidade – um resíduo é caracterizado como tóxico se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades:

a) quando o extrato obtido desta amostra, segundo a ABNT NBR 10005, contiver qualquer um dos contaminantes em concentrações superiores aos valores constantes no anexo F da Norma;

b) possuir uma ou mais substâncias constantes no anexo C e apresentar toxicidade. Para avaliação dessa toxicidade, devem ser considerados os seguintes fatores: — natureza da toxicidade apresentada pelo resíduo; — concentração do constituinte no resíduo; — potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para migrar do resíduo para o ambiente, sob condições impróprias de manuseio; — persistência do constituinte ou qualquer produto tóxico de sua degradação; — potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para degradar-se em constituintes não perigosos, considerando a velocidade em que ocorre a degradação; — extensão em que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, é capaz de bi acumulação nos ecossistemas;

c) ser constituída por restos de embalagens contaminadas com substâncias constantes nos anexos D ou E;

d) resultar de derramamentos ou de produtos fora de especificação ou do prazo de validade que contenham quaisquer substâncias constantes nos anexos D ou E;

e) ser comprovadamente letal ao homem;

f) possuir substância em concentração comprovadamente letal ao homem ou estudos do resíduo que demonstrem uma DL50 oral para ratos menor que 50 mg/kg ou CL50 inalação para ratos menor que 2 mg/L ou uma DL50 dérmica para coelhos menor que 200 mg/kg. Os códigos destes resíduos são os identificados pelas letras P, U e D, e encontram-se nos anexos D, E e F;

v) patogenicidade – um resíduo é caracterizado como patogênico se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, contiver ou se houver suspeita de conter, micro-organismos patogênicos, proteínas virais, ácido desoxirribonucleico (ADN) ou ácido ribonucleico (ARN) recombinantes, organismos geneticamente modificados, plasmídeos, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais. Os resíduos de serviços de saúde deverão ser classificados conforme ABNT NBR 12808. Os resíduos gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos e os resíduos sólidos domiciliares, excetuando-se os originados na assistência à saúde da pessoa ou animal, não serão classificados segundo os critérios de patogenicidade.

Os Resíduos classe II - Não perigosos. Na classe II os resíduos não perigosos, são sub-classificados em:

Resíduos classe II A - Não inertes, são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes, nos termos desta Norma. Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos classe II B – Inertes, são quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

2.1.9 Decreto Municipal Nº 852/2007

Este Decreto Municipal nº852/2007 de Curitiba, PR no uso de suas atribuições legais, de conformidade com o inciso IV, do artigo 72, da Lei Orgânica do Município de Curitiba, Leis nº7.833/1991, Lei nº11.682/2006, Decreto nº1.068/2004, de acordo com a Resolução nº 307/2002 - CONAMA; dispõe sobre a obrigatoriedade da 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 de Curitiba.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002 considerando que a Política Municipal do Meio Ambiente prevê a reciclagem dos resíduos sólidos urbanos; considerando os impactos ambientais negativos causados pela disposição inadequada de resíduos da construção civil; considerando que o resultado da extração de matéria-prima virgem não-renovável dos empreendimentos minerários é danoso; considerando que, em razão do desenvolvimento socioeconômico do Município, a geração de resíduos da construção civil é contínua e sua reciclagem pode resultar em agregados para utilização nas obras e serviços de pavimentação de vias públicas e baseado no Processo nº 73.465/2007 - PMC, decreta:

No seu artigo primeiro, esta Lei determina que as obras e serviços de pavimentação das vias públicas, contratados pelo Município de Curitiba, deverão ser executados com a utilização de agregados oriundos da reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A:

§ 1º No período de 180 (cento e oitenta) dias, contado da data de publicação deste decreto, os projetos das contratações das obras e serviços de pavimentação de vias públicas deverão apresentar especificações técnicas com previsão, em caráter preferencial, da utilização dos agregados a que se refere este decreto.

§ 2º Decorrido o período estabelecido no § 1º deste artigo, a previsão de utilização dos agregados será obrigatória.

O artigo segundo prevê que nas especificações técnicas dos projetos citados no artigo anterior, deverão ser incluídos os critérios estabelecidos pelas Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, NBR15.115, de 30 de junho de 2004 e NBR15.116, de 31 de agosto de 2004.

No artigo terceiro e para os fins deste decreto, os agregados reciclados de resíduos sólidos oriundos da construção civil serão utilizados nos casos

relacionados na Tabela de Custos Unitários da Secretaria Municipal de Obras Públicas, sob o título "Insumos e Serviços com Agregados Reciclados de Resíduos da Construção".

De acordo com o artigo quarto ficam dispensados do cumprimento das disposições deste decreto as obras e serviços de pavimentação de vias:

- I - executados em caráter emergencial;
- II - em que a utilização dos agregados reciclados seja tecnicamente ou economicamente inviável;
- III - quando não houver disponibilidade no mercado, de material beneficiado com características adequadas.

Parágrafo Único - Nas hipóteses previstas neste artigo, a não utilização dos agregados reciclados deverá ser justificada por meio de estudo técnico ou econômico que demonstre a inviabilidade de atendimento dos critérios ora estabelecidos no processo da contratação

Pelo artigo quinto as Secretarias Municipais de Obras Públicas e do Meio Ambiente poderão, mediante portaria, estabelecer normas complementares para o cumprimento deste decreto.

No seu artigo sexto, é estabelecido que este decreto entrará em vigor na data de sua publicação – 15 de agosto de 2007.

2.2 ECONOMIA DE FLUXO DE MATERIAIS OU ECONOMIA CIRCULAR

A evolução da chamada Economia Marrom (*Brown Economy -Land, labor and capital*) que considera como fatores econômicos a Terra, a Mão de Obra e o Capital, é ainda focada na produtividade. Com algumas considerações sobre preservação e menor consumo dos recursos naturais, eficiência em seu consumo e sustentabilidade, surge o conceito de economia de fluxo de materiais, ou economia circular, ou ainda economia verde. A partir do conceito de Economia Verde, a *United Nations Environment Programme - UNEP* (2015) vem trabalhando e difundindo um novo conceito: Economia Verde Inclusiva (*Inclusive Green Economy*), onde se começa a falar das necessidades de observar as condições mundiais externas aos setores produtivos, ou o quanto são afetadas pela cadeia produtiva local e pelas

relações inter e intradependentes dos países Desenvolvidos, em Desenvolvimento, Emergente e Em conflito (Figura 5).



Figura 5. Evolução do sistema econômico para adoção de um sistema de desenvolvimento de acordo aos princípios da Sustentabilidade.

Fonte: O autor, 2015.

Segundo *United Nations Environment Programme* e *International Solid Waste Association* (2015) é essencial mudar o modelo econômico convencional para um modelo de desenvolvimento circular, a qual trabalha para reduzir os resíduos antes que eles sejam produzidos, mas também considera os resíduos como um recursos quando eles ocorrem, assim um gerenciamento holístico e sustentavelmente integrado será crucial para a sustentabilidade da construção civil (Modelo de Economia Verde Inclusiva). Analisando a gestão (do berço ao túmulo) dos resíduos sólidos da construção civil e demolições, sob a perspectiva da cadeia produtiva, é possível traçar algumas considerações sobre os conceitos ou suas evoluções que definem o que é eficiência ou eficácia produtiva.

Para *United Nations Environment Programme* (2015) o sistema econômico mundial (economia marrom) que determina o passo de destruição da vida no planeta precisa mudar e passar a adotar os princípios da sustentabilidade, reduzir e mitigar os impactos e danos ambientais já causados, e para isso além dos 225 trilhões de dólares necessários para o desenvolvimento das atividades econômicas serão necessários investimentos de 1 trilhão de dólares para a economia verde e 5 trilhões anuais em infraestrutura para a mudança do modelo econômico de alto impacto ambiental e social para um modelo de eficácia ambiental e social – Modelo da Economia Verde Inclusiva. Porém, o montante a investir nesta transformação econômica a fim de reverter os atuais sistemas e níveis de degradação, contaminação e destruição do meio ambiente e saúde da humanidade, é menor do

que os benefícios que se lograria com seus resultados, mas o entendimento sobre esta dicotomia está longe de ser compreendida.

Segundo Motta (2009), o modelo de desenvolvimento é caracterizado pelo alto consumo de recursos naturais e pela degradação ambiental. As limitações de quantidade de recursos naturais e as mudanças ambientais e climáticas decorrentes dessas características mostram que esse quadro é insustentável. A consciência da necessidade de um novo modelo de desenvolvimento que busque a sustentabilidade se mostra cada vez mais presente na sociedade.

As evoluções dos sistemas de produção, inclusive o sistema produtivo da construção civil e a gestão dos seus resíduos – sólidos, líquidos e gasosos – ainda estão se limitando a garantir a evolução econômica dos sistemas já economicamente desenvolvidos. E apesar de todas as tratativas aos assuntos de sustentabilidade, as políticas públicas e suas diretrizes, ainda não evoluíram, fato é que os Objetivos para o Desenvolvimento do Milênio não só estão longe de ser atingidos, mas já estão sendo reformulados.

Uma das grandes perguntas envolvidas nos atuais modelos de desenvolvimento mundial está relacionada ao reconhecimento de quem, quanto, quando e como serão pagos os valores para a recuperação dos recursos naturais a fim estabelecer o desenvolvimento sustentável e equilibrado? Ou de acordo com a *United Nations Environment Programme* (2015, p.23) “Como é possível proteger o meio ambiente, reduzir a pobreza e manter o crescimento econômico mundial?” para esta organização mundial, uma solução inovadora seria dada pela dissociação entre o uso de recursos e o crescimento econômico, buscando menor uso de terras, água, energia e materiais para manter o crescimento econômico (dissociação dos recursos); usando recursos de forma mais inteligente e eficaz em relação ao seu tempo de vida, a fim de evitar, diminuir e minimizar os impactos ambientais (dissociação dos impactos). Desta maneira estabeleceria ao longo da vida um sistema de crescimento econômico e qualidade de vida humana positivos, com aumento da eficácia no uso dos recursos naturais contínuos e diminuição dos impactos ambientais, principalmente causados pelas emissões e resíduos, nelas incluídas as geradas a partir das atividades da construção civil e do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição.

Para Wong *et al.* (2015), em seu trabalho na China, as empresas passaram a adotar práticas e técnicas de transporte e logística sob os princípios da economia

verde, ou de baixo carbono, ou sustentáveis com o objetivo de reduzir a geração de resíduos e conservar recursos naturais a fim de determinar a melhor performance destas suas atividades.

2.3 CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo Gehlen (2008), a sustentabilidade não é um conjunto de regras fixas, mas uma série de práticas que vão se aprimorando a medida que os agentes da cadeia produtiva atingem as metas iniciais. Mostra-se o papel das construtoras enquanto agentes vetores de mudanças na cadeia produtiva da construção civil. Ainda que o foco principal das iniciativas de sustentabilidade na construção tenha sido no escopo do projeto arquitetônico, o canteiro de obras, sendo a área onde as empresas construtoras têm maior poder de decisão, pode contribuir significativamente para a redução dos passivos da indústria.

O setor da construção civil, visto como agente produtor dos ambientes construídos é essencial nesse novo paradigma, devendo adotar novas práticas baseadas em conceitos coerentes com a sustentabilidade.

Para Bismarchi (2011), apesar de possuir diversas definições, o conceito mais aceito de sustentabilidade é a capacidade de atender as necessidades do presente sem impedir que as futuras gerações satisfaçam suas necessidades. Devendo-se instigar a sociedade civil a repensar seu comportamento de consumo, impactando esse pensamento diretamente sobre o comportamento de produção das empresas, incluindo as da construção civil.

A cadeia produtiva da construção civil impacta o meio ambiente, pela extração de matéria-prima, produção de materiais, construção e demolição de obra civil. Segundo Pinto (1999), a sociedade nunca consumiu tantos recursos naturais, gerando grandes quantidades de resíduos, como na atualidade. Para Sjostrom (1992) a construção civil consome entre 20% e 50% do total de recursos naturais.

A construção civil encontra-se hoje em posição de destaque, no quesito desenvolvimento econômico e social do Brasil. Segundo Nagalli (2014) a cadeia produtiva da construção civil tem se tornado uma das mais importantes atividades

econômicas e sociais no Brasil, com significativa contribuição para o PIB nacional. Em contrapartida também se encontra como grande geradora de resíduos, impactos ambientais, modificando paisagens e aumentando de maneira assustadora a sua geração de resíduos. Os impactos ambientais causados pela construção civil são observados em toda a cadeia produtiva, desde a extração da matéria-prima até o descarte final dos produtos construídos, seu reuso, reciclagem ou descarte de suas partes (TELLO, 2012).

As questões ambientais têm causado preocupação e as previsões de esgotamento de recursos naturais, matéria-prima da indústria da construção civil, provoca reflexões em toda a cadeia produtiva. O setor é levado a repensar todos os seus processos produtivos e seus meios de produção, fazendo surgir várias iniciativas em direção a uma construção sustentável, contribuindo para as ações que buscam possibilitar a sobrevivência das gerações futuras (CUNHA, 2007).

Desde os anos 90, o setor da construção civil busca desenvolver mecanismos para a minimização dos impactos ambientais, por meio de posturas proativas, com estudos mais sistemáticos e resultados mensuráveis, como reciclagem de resíduos e redução de perdas de energia (OLIVEIRA, 2002)

A indústria da construção civil, em seu processo produtivo, gera perdas estimadas em 150 quilos de resíduos por metro quadrado (AGOPYAN, 2000). O impacto em áreas urbanas é bastante significativo, provocando deterioração no meio ambiente, originando deposições irregulares, bota-foras ou aterros inertes, que se esgotam rapidamente (CUNHA, 2007).

O consumo de materiais pela construção civil nas cidades é pulverizado. Cerca de 75% dos resíduos gerados pela construção nos municípios provêm de descarte reformas e demolições, geralmente realizadas pelos próprios usuários dos imóveis. Portanto, cabe aos três eixos de estudo (Poder Público, Privado e Sociedade Civil) mudanças agressivas (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015)

Os resíduos resultantes da construção civil deverão, em breve, se tornar matéria-prima e oportunidade de negócios para muitas empresas no Paraná. Desde 1.º de junho de 2004, as construtoras são obrigadas a apresentar projetos de gerenciamento de resíduos dos empreendimentos a serem construídos, em Curitiba, com área superior a 600 metros quadrados. Sem a definição do tipo e quantidade de resíduos que são gerados, como serão feitos a triagem e acondicionamento das

sobras de material, além de sua destinação final, as empresas ficam impedidas de construir. As regras estão previstas no Decreto n.º 1.068/2004, que foi discutido com representantes do setor, quando de sua elaboração (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015)

2.4 CADEIA PRODUTIVA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os resíduos urbanos classificam-se em resíduos sólidos urbanos (RSU), construção civil e demolição (RCD) e de serviços de saúde (RSS), e segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2014) há uma relação direta entre o tamanho da população e a coleta per capita ($\text{kg.habitante}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), ou seja, quanto maior a população do município maior a coleta per capita, entretanto, essa relação apresenta-se como tendência e não como regra, uma vez que sofre interferência de culturas e tradições locais de seus habitantes, podendo apresentar que pequenos municípios gerem grande volume de produção e coleta de resíduos ou vice-versa.

Os resíduos da construção e demolição dependem do processo construtivo que deu origem a eles e o material de que são constituídos, e são compostos de fragmentos sólidos de restos de tijolos, material cerâmico, concreto, argamassa, aço, rocha, madeira e quando não tratados e/ou segregados são conhecidos como entulhos, caliças ou metralha (NAGALLI, 2014).

A adoção de uma política que incentive o reaproveitamento dos bens minerais descartáveis diminuirá o impacto ambiental pela reutilização desses bens, reduzindo-os por meio da reutilização e reciclagem dos resíduos das atividades construtivas (CUNHA, 2007).

A elaboração de políticas governamentais adequadas, que tratem a segregação dos resíduos, armazenamento, transporte, disposição final adequada, assim como a sensibilização do público e a sua formação é muito importante nos dias atuais e deve ser fortemente considerada, uma vez que a gestão integrada dos resíduos sólidos pode ser facilmente transformar um problema em uma atraente

fonte de renda para comunidades, empresas e *Stakeholders* de pequena escala (MINHAS; TANDON, 2015).

De acordo com a Lei 12.305/2010 que institui a PNRS define como resíduos da construção civil todos os materiais oriundos de atividades de construção, reformas, reparos e demolições, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis, sendo os gerados os responsáveis por sua gestão e assegurar a destinação correta. E devido a esta obrigatoriedade e responsabilidade compartilhada os números apresentados por este setor são os únicos confiáveis.

Em relação aos resíduos da construção e demolição, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2014) informa que foram coletados cerca de 45 milhões de toneladas de RCD, aproximadamente 55% de todo o RSU, apresentando aumento de 4,3% em relação aos volumes coletados em 2013. Este crescimento demonstra a necessidade de atenção especial em relação a estes resíduos e também à sua destinação final, uma vez que os municípios apenas coletam os volumes de RCD dispostos nas vias públicas, assim, os volumes de RCD gerados podem ser ainda maiores.

De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015) a população brasileira na presente data possui 204.937.723 habitantes, e a média de produção de resíduos per capita é de 1,062 kg por habitante por dia ($\text{kg.habitante}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), considerando somente os resíduos sólidos residenciais e os resíduos de limpeza urbana, quais sejam, os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços de limpeza urbana coletados por serviços públicos, excluem aqueles resíduos sob responsabilidade dos geradores, ou seja, não incluem os resíduos da indústria, saúde, da construção civil e demolição coletados por serviços privados.

Com base no relatório Panorama/2014 da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2014) a geração total de RSU em 2014, no Brasil foi de aproximadamente 215.297 milhões de toneladas por dia (t.dia^{-1}), o que representa um aumento de 2,9% em relação a 2013, índice superior à taxa de crescimento populacional no país para o mesmo período que foi de 0,9%, e que representou um volume per capita de $387,63 \text{ kg.habitante}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

O Brasil apresenta sistema de coleta dos RSU igual a 90,6% do volume total gerado e em relação a destinação adequada do RSU, o índice é de 58,4%. Já em relação ao índice de coleta seletiva, em 2014, cerca de 70% dos municípios

apresentaram alguma atividade em relação a este serviço, e muitas vezes resume-se a pontos de coleta e pequenas ações de catadores. Os maiores índices de coleta seletiva referem-se aos municípios com mais de 500.000 habitantes e encontram-se nas regiões Sul e Sudeste brasileira (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2014).

Os custos de coleta dos RSU e limpeza urbana são equivalentes a R\$119,76 hab. ano⁻¹, ou aproximadamente R\$26,5 bilhões por ano, e estes serviços do setor de limpeza urbana geraram 353.328 postos de trabalhos formais e registrados no Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2014).

Segundo The World Bank (2014) países desenvolvidos possuem taxas de consumo dos recursos naturais e geração de resíduos mais elevados do que os países emergentes e em desenvolvimento. Para *Climate & Clean Air Coalition* (2015) a grande maioria dos resíduos gerados no mundo são RSU e a quantia é de 1,3 bilhões de toneladas por ano, sendo que uma pessoa normalmente gera uma quantia equivalente a 7 vezes o seu peso no ano.

Para o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (2014) com esta crescente geração de resíduos, também cresce a preocupação com a destinação final dos RSU devido à falta de espaços físicos para a disposição e tratamento, sendo necessário realizar estudos de todo o ciclo de vida do produto ou serviço, deixando claro que esta é uma responsabilidade compartilhada de todos os atores envolvidos na cadeia produtiva.

O ciclo de vida das construções se inicia na etapa de Planejamento, etapa essencial para garantir o desempenho mais sustentável do edifício, uma vez que é neste momento que se definem o local de implantação e os objetivos funcionais, sociais e econômicos a serem atendidos pelo empreendimento. Finalizada a etapa de Concepção, inicia-se o Canteiro de obras, momento em que acontece a realização do empreendimento e quando são percebidos os impactos da construção propriamente dita. Estas etapas são as mais breves do ciclo de vida dos edifícios, entretanto, elas são fundamentais para o nível de desempenho que permanecerá na sua etapa mais longa – a etapa de Uso e Ocupação (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015).

Outra etapa extremamente relevante, em se tratando de sustentabilidade ambiental, é representada pelas atividades de Manutenção e Reforma, pois são determinantes para o aumento da vida útil das edificações e no aperfeiçoamento de seus níveis de desempenho. Estas atividades compreendem: reposição de componentes; conservação das superfícies, sistemas e equipamentos; manutenção corretiva e preventiva de equipamentos e sistemas; ações de modernização e ampliação. O ciclo de vida das construções se encerra com a Demolição ou Desconstrução, etapa que também representa o início do ciclo de outro empreendimento. É uma etapa relevante que deve ser realizada mediante um cuidadoso planejamento do desmonte, garantindo o reaproveitamento e a reciclagem da maior fração possível dos materiais e componentes existentes (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015)

A cadeia produtiva é o processo desde a origem da matéria-prima para a produção de produtos até o seu descarte final pós-consumo (do berço ao túmulo – *cradle to grave*), considerando a energia consumida e incluindo embalagens utilizadas para a acomodação de produtos, transporte e comercialização dos produtos. A política de logística reversa é um importante avanço da política nacional de resíduos sólidos (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015), serve também para a consolidação dos princípios da política de economia circular, que amplia o conceito de cadeia produtiva para “do berço ao berço” (*cradle to cradle*), e assim melhor atender aos princípios da PNRS.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção – ABRAMAT (2014) a cadeia produtiva envolve todos os estágios das matérias-primas, nos quais elas vão sendo transformadas e montadas, com o emprego de trabalho e tecnologia e enfatizam que cada material possui sua própria cadeia produtiva e assim reconhece oito cadeias produtivas envolvidas na cadeia da construção civil: madeiras; argilas e silicatos; calcários; materiais químicos e petroquímicos; siderurgia de aços longos; metalurgia de não-ferrosos; materiais elétricos; e máquinas e equipamentos para a construção, porém não incluem e nem fazem referência a cadeia produtiva da logística reversa e/ou dos resíduos oriundos destas atividades.

De acordo com Tello (2012) o ciclo de vida dos produtos empregados na construção civil pode receber diferentes abordagens e nomes ao longo de todas as atividades de produção, contempla a destinação adequada dos seus componentes

após seu uso, e também a rede de atores envolvidos, desde as que produzem os materiais, as construtoras, incorporadoras, prestadoras de serviços, as empresas do segmento do comércio, técnico-profissionais, financeiros e seguradoras, assim este autor e sua equipe adotou o conceito Cadeia Produtiva da Construção, que possuem impactos ambientais difusos e de longo prazo, de acordo com as particularidades locais do empreendimento.

É por meio desse sistema, por exemplo, que materiais recicláveis de um produto do setor da construção civil em fim de vida útil, descartado pelo consumidor, poderão retornar ao setor produtivo na forma de matéria-prima (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015).

Para o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (2015) a construção tornou-se um propulsor da economia brasileira, tendo como principais fatores o Programa Minha Casa Minha Vida, a organização da COPA 2014, as Olimpíadas 2016 e o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) que passou a gerar 8,1% do PIB nacional em 2014, e o Programa Brasil Maior (TELLO, 2012), tornando-a um dos principais ramos de produção do país. Para Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção (2014), em 2013, o valor adicionado da cadeia produtiva da construção, isto é, o PIB setorial, foi de R\$ 349,2 bilhões, o equivalente a 8,5% do PIB do país. Em termos reais, o PIB da cadeia registrou recuo de 1,7% frente a 2012.

De acordo com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (2015) o Brasil perde anualmente cerca de R\$8 bilhões devido a não reciclagem de seus produtos, os números indicam que 60% do lixo sólido das cidades vêm da construção civil e 70% desse total poderia ser reutilizado. Com base na pesquisa realizada pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição- ABRECON (2015) 75% dos RCD gerados nos municípios têm origem em reformas e demolições, realizadas, em sua maioria, pelos próprios usuários dos imóveis. Portanto, cabe aos três eixos de estudo (Poder Público, Privado e Sociedade Civil) mudanças significativas. Já para Pinto (1999) cerca de 40 a 70% do volume total de resíduos sólidos urbanos.

Em Curitiba, segundo Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba (2010) o volume de RCD é de 2.400 t.dia⁻¹ e no Paraná segundo Pinto (1987) o volume de resíduo da construção civil se aproxima a 17.000 t. dia⁻¹, dependendo do

tamanho do município e sua intensidade econômica. De acordo com o relatório pesquisa setorial 2014/2015 da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil - ABRECON a produção de RCD é de aproximadamente 500 kg.hab⁻¹.ano, e considerando a população brasileira em 2014, o volume de RCD gerado por ano é de cerca de 101.399.759 t.ano⁻¹ de RCD no Brasil, segundo John (2000) na União Europeia era de 480 kg.hab⁻¹.ano⁻¹ e no Brasil pode variar de 220kg a 670 kg.hab⁻¹.ano⁻¹. Normalmente em cidades de pequeno a médio porte os resíduos da construção civil não apresentam locais adequados e socioambientais corretos para à sua deposição ou destinação final.

2.4.1 Gerenciamento dos Resíduos da Construção e Demolição

No escopo do gerenciamento dos RCD e de acordo com a priorização determinada pela PNRS a responsabilidade compartilhada entre os atores envolvidos em todo o ciclo de vida dos produtos (cadeia produtiva e gerencial) que por meio de acordos setoriais podem estabelecer ações de priorização para a **prevenção, minimização, reuso, reciclagem, recuperação de energia, e disposição final dos resíduos sólidos urbanos** gerados na cadeia produtiva. Nas fases prevenção e minimização os produtos gerados são considerados não resíduos, pois ainda não foram utilizados, contudo, após o uso do produto, incluindo sua embalagem, inicia-se a fase considerada: “Resíduo” (Figura 6).

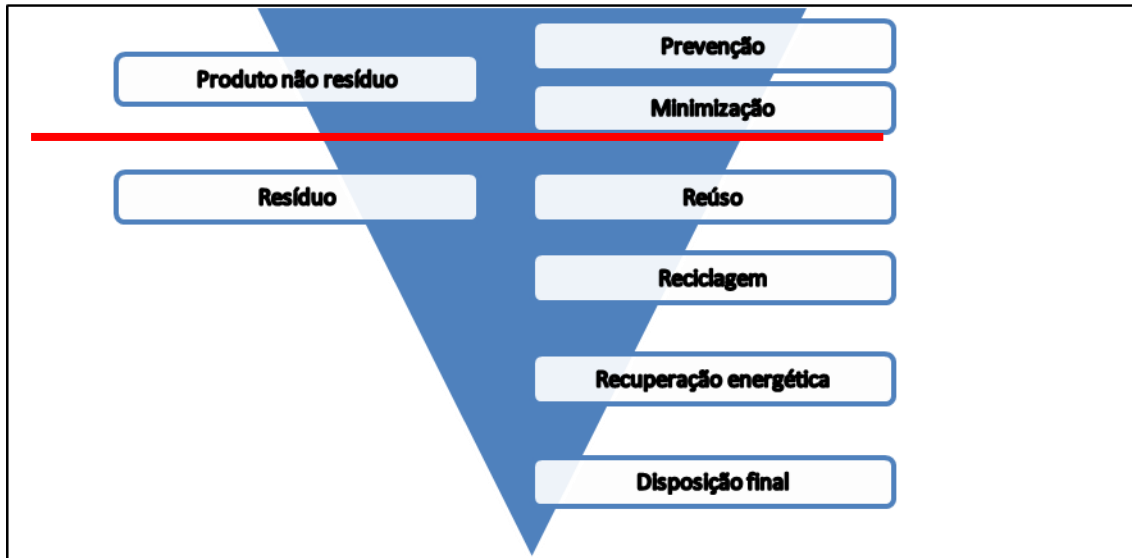


Figura 6. Fluxo de hierarquização para definição de políticas e das atividades de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos

Fonte: O autor, 2015. Adaptado de ISWA e ABRELPE (2015).

O Sistema de gestão de resíduos tem como meta reduzir, reutilizar ou reciclar, incluindo o planejamento, as responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e programar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos (NAGALLI, 2014 p.37).

Segundo estes conceitos define-se a necessidade de Governos Nacionais, Estaduais e Municipais apresentarem seus Planos de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos, Plano de Gerenciamento, que pode ser individual (Estadual ou Municipal) ou em regime de consorcio regional ou intermunicipal. Estes planos devem apresentar ações que atendam a prioridade de tratamento dos resíduos sólidos, conforme apresentado acima, incluindo a logística reversa e demais atividades de esclarecimento, educação e formação de conhecimentos e bases de compreensão a toda a sociedade brasileira, sejam os geradores, administradores, gestores e/ou a sociedade em geral (Stakeholders).

Entre as metas definidas pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) estão: a disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) das diversas fontes produtoras (domiciliares, industriais, saúde, construção civil e demolição, agrossilvipastoris); a redução do volume de RSU gerados; intensificação dos programas e atividades de reciclagem, incluindo a coleta seletiva e inclusão social de catadores; responsabilização compartilhada de toda cadeia produtiva e de

consumo pelo destino dos resíduos com a implantação de mecanismos de logística reversa; envolvimento dos diferentes atores sociais para a elaboração e execução dos planos de gestão integrada dos resíduos sólidos, vinculando-os ao repasse de recursos à implantação dos planos municipais, intermunicipais e estaduais de resíduos. E entre as metas mais imediatas previstas em lei inclui-se, por exemplo, a erradicação dos lixões até o final 2014 e os instrumentos econômicos aplicáveis (INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA, 2012).

Minhas e Tandon (2015) confirmaram em seu estudo na Índia, que por meio das técnicas de reciclagem pode haver 70% de redução de transporte dos resíduos sólidos para aterros, gerando receitas que podem compensar os custos gerados pela segregação dos resíduos, bem como podem ser adicionadas a partir da compostagem dos resíduos sólidos orgânicos.

O gerenciamento da cadeia produtiva refere-se a gestão do design, planejamento, execução, controle e monitoramento das atividades da cadeia de fornecimento com o objetivo de criar uma rede novos valores, construir uma infraestrutura para a maior competitividade, alavancagem de uma logística globalizada, sincronização do fornecimento de acordo com a demanda, gerenciando estoques de insumos, inventário de produção, acabamento de produtos desde a origem até o descarte final do produto (WONG *et al.*, 2015)

Para Minhas e Tandon (2015), o desenvolvimento de um sistema de gestão integrada dos resíduos sólidos precisa atender as cinco fases: i) definição do problema e escopo dos objetivos; ii) inventário e coleta de dados; iii) desenvolvimento de alternativas; iv) seleção de sistema; e, v) implementação metodológica.

A quantidade de resíduos gerados pelas atividades construtivas tende a crescer em decorrência de processos de renovação urbana, pela revitalização de centros urbanos e novas edificações, solicitadas pelo crescimento populacional e déficit habitacional. Os países da Europa Ocidental geram entre 0,7 e 1,0 tonelada de RCD por habitante/ano, correspondendo ao dobro dos demais resíduos sólidos gerados pela sociedade (PERA, 1996).

Já de acordo com o relatório final da logística reversa de 2015, elaborado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial e encomendado pelo Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Paraná, na cidade de Curitiba em 2012, a construção civil na Região Metropolitana de Curitiba, composta por 29 municípios,

contava com 2.788 empresas da construção civil, sendo 2.491 microempresas, possuía 2792 empresas de edifícios em execução em 2012, empregando 30.218 trabalhadores com remunerações equivalentes a R\$46.636.528,67, e possuía 566 empresas de infraestrutura que gera 26.266 postos de trabalho, e tem valor de remuneração da mão de obra empregada de R\$55.409.614,03 (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015)

2.5 LOGÍSTICA REVERSA

A logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. É por meio desse sistema, por exemplo, que materiais recicláveis de um produto do setor da construção civil em fim de vida útil, descartado pelo consumidor, poderão retornar ao setor produtivo na forma de matéria-prima (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015).

Os recursos minerais representam a matéria-prima da produção dos materiais de construção civil, e a adoção de uma política que incentive o reaproveitamento dos insumos minerais descartados por meio de sistemas de logística reversa, poderá diminuir significativamente o impacto ambiental pela reutilização e reciclagem dos rejeitos (OLIVEIRA, 2002).

Em países como Finlândia, Áustria, Suécia e Inglaterra, o desempenho é significativo, chegando a 50% de resíduo reciclado. Essa porcentagem é ainda maior se examinarmos os índices encontrados na Bélgica, Dinamarca e Holanda, que atingem 80%. Verifica-se um interesse crescente da ordem de 20% na França, Irlanda e Luxemburgo. Na Espanha, Grécia, Itália e Portugal, os índices são menos expressivos. A reciclagem já se encontra avançada em outros países desenvolvidos, como é o caso dos Estados Unidos, Canadá e Japão (CUNHA, 2007). Na Alemanha a gestão dos resíduos sólidos urbanos assegurou o fechamento dos seus aterros sanitários em 2006/2007 (GIEGRICH; VOGT, 2014).

Para Pinto (1999) por meio da Logística reversa pode-se reduzir o descarte inadequado, evitar problemas agravados pela presença dos RSU descartados inadequadamente em áreas impróprias, como por exemplo: alagamentos, deslizamentos de terras, proliferação de vetores de doenças, contaminação de solos, águas e ar, etc. Pela implantação e otimização dos aterros sanitários corretos, após assegurar a redução, reciclagem, reuso, recuperação energética pode haver a transformação de uma fonte de despesa em fonte de faturamento ou redução de despesas de deposição, pois haverá redução de custo no orçamento municipal devido a coleta e transporte até os locais para a deposição final.

Utilizando a logística reversa pode haver um ganho adicional a toda a cadeia produtiva da construção civil por meio da substituição de parte dos materiais naturais empregados na produção de concreto, argamassa, blocos, tijolos, pavimentos, etc., pelo emprego de agregados reciclados da construção civil, gerando reduções de custos na aquisição de matérias-primas, e ganhos ambientais por meio da preservação dos reservas naturais (CUNHA,2007).

O processo de reciclagem dos RCD é uma fonte alternativa para as mineradoras, que além de evitar os processos legais para licenciamento e liberação de áreas de exploração, também contribui para a redução do consumo de energia e da geração de CO₂ na produção e no transporte de matérias-primas da construção civil. Estas contribuições estão asseguradas no desenvolvimento de ações dirigidas à minimização da geração dos resíduos e no gerenciamento ambiental (PINTO, 1999).

WONG *et al.*(2015) consideram que boas práticas corporativas para a implantação de um sistema eficiente de gestão ambiental devem considerar e incluir atividades de prevenção, eliminação, redução, minimização, remediação dos danos ambientais causados pelas operações da organização. E como práticas para a redução dos problemas ambientais as corporações devem adotar novas técnicas de eco design de produtos, reciclagem e redução de resíduos, adoção de tecnologias sustentáveis, transporte e logística verde.

Segundo Angulo *et al.* (2002) e Angulo e John (2002), no Brasil somente uma pequena parcela dos RCD, potencialmente recicláveis como agregados, e que poderiam ser reutilizados em processos, é de fato reciclada, e quando o são a grande parte desse agregado reciclado produzido é destinada à pavimentação.

Para o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (2015), os benefícios sociais por meio da implantação do sistema da Logística reversa estão relacionados aos seguintes resultados: Aumento de empregos a serem gerados nas empresas recicladoras; Aumento na renda per capita dos funcionários das empresas recicladoras; Implantação de princípios de sustentabilidade; Diminuição de mão de obra utilizada em locais inapropriados devido à retirada deste pessoal de depósitos clandestinos e lixões; Geração de renda em várias cadeias participantes do sistema de Logística Reversa.

Já os benefícios econômicos serão: Vantagens econômicas pelo fato da drástica diminuição de gastos com o processamento de resíduo; O reaproveitamento de materiais acaba trazendo ganhos no processo industrial com a diminuição dos custos relativos à matéria prima; O retorno de produtos e materiais ao ciclo de negócios permite a competitividade de custos a partir de um bom gerenciamento da logística reversa; Aumento da taxa de reciclagem dos materiais; Fomento à indústria de reciclagem e cooperativas de catadores (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015).

Apesar dos avanços políticos mundiais e as ações conjuntas entre poder público e os diversos setores privados da construção civil, os conceitos Economia Circular, Economia Verde, Logística Reversa, Ciclo de Vida dos produtos, Ciclo de Vida dos resíduos urbanos, inclusive da construção civil, apresentam sobreposição e por vezes se assemelham ou se confundem, entretanto, acredita-se que estar atuando sob algum destes conceitos ou compreensões deve ser o objetivo maior, pois qualquer e todos eles estão vinculados aos princípios do *Triple Bottom Line* da Sustentabilidade.

2.6 ATORES SOCIAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Diversos atores sociais participam das atividades de elaboração de Leis, Normas, Planos e Acordos setoriais diversos atores da cadeia produtiva dos resíduos sólidos.

Segundo Cunha (2007) a categoria dos Atores Sociais envolvidos se refere à identificação das agentes envolvidas no processo de reciclagem, colaboradores, fornecedores e consumidores finais e ao estabelecimento de relações adequadas com esses atores. Para Nagalli (2014) estes atores são entes ligados ao processo de gerenciamento dos resíduos da construção que promovem direta ou indiretamente a geração e manipulação dos resíduos de uma obra, e estes atores não são somente as construtoras, mas muitos outros ligados a qualquer uma das fases de produção, transporte, destinatários, fiscalizadores e agentes de licenciamento, fornecedores, clientes, consultores, auditores e pesquisadores.

De acordo com as pesquisas de Minhas e Tandon (2015) as organizações privadas, cooperativas, organizações não governamentais e grupos de estudantes devem ser encorajados a participar da gestão dos resíduos sólidos; treinamentos devem ser providenciados, assim como campanhas. Os trabalhadores dos serviços de limpeza pública, estudantes, funcionários, administração e demais Stakeholders devem ser sensibilizados para melhorar os resultados dos programas de gestão dos resíduos sólidos, incluindo as atividades de redução, reciclagem, reuso, transformação para reutilização dos resíduos em produtos e disposição segura.

A rede de atores sociais envolvidos na cadeia produtiva da construção civil e na cadeia produtiva dos RCD envolve a Geração de empregos: diretos (mão de obra) e indiretos (caminhoneiros, carroceiros); a Sociedade: participação, e como a comunidade está sendo afetada, colaboração com as usinas de reciclagem; os Consumidores: municipalidades, população (auto construtores); e, os Fornecedores: caçambeiros, população, construtoras, coletores autônomos (CUNHA, 2007).

2.7 ACORDO SETORIAL

As ações dos governos são essenciais para ampliar o mercado de reciclagem, por meio de políticas públicas e o estabelecimento de metas, como percentagens obrigatórias de reciclagem, legislação e fiscalização apropriada; taxas ambientais para o poluidor e subsídios para o reciclador; normas técnicas sobre atividades produtoras e recicladoras; e controle de qualidade sobre as atividades recicladoras (CUNHA, 2007).

Tradicionalmente relações e acordos entre organizações e governos tem sido desenvolvidos nas últimas décadas, porém políticas regulatórias voluntárias e mais flexíveis e (*cap and trade*) tem sido adotadas para incentivar o desenvolvimento de mercado e economia em relação ao gerenciamento dos resíduos, pois além da intenção de evitar penalidades, as organizações buscam de forma voluntária o gerenciamento ambiental, das emissões de gases poluentes, envolvendo licenças, monitoramento e relatórios técnicos destas emissões, as empresas estão buscando gerenciar suas atividades com maior observação aos aspectos ambientais, a fim de atender as expectativas dos seus clientes, consumidores e *Stakeholders* (WONG *et al.*, 2015).

A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos 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 sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.

Segundo a PNRS o ciclo de vida de um produto é definido como sendo uma série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final, ou seja, o ciclo de vida de um produto é o caminho que ele percorre desde a sua fabricação até o seu descarte (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015)

Para que as usinas de reciclagem sejam plenamente viáveis, é fundamental a sua proximidade aos geradores de RCD. De acordo com John e Agopyan (2000), o sucesso das Centrais de Reciclagem se faz pela construção de uma rede de

captação de resíduos dentro da malha urbana, atraindo caçambas de coletas e coletores autônomos (CUNHA, 2007).

A participação do setor da indústria da construção civil tem sido relevante em todos os aspectos legais, sociais e ambientais da gestão dos resíduos, notadamente pela presença do Sindicato da Indústria de Construção Civil (SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE SÃO PAULO, 2005).

2.7.1 Cadeia de atores envolvidos na gestão, administração e desenvolvimento da PNRS

A cadeia de atores envolvidos na elaboração de políticas públicas, acordos setoriais, instrumentos de incentivo à implantação da PNRS, podem ser classificados de acordo com o espaço de atuação política das Leis, tratados e acordos.

A seguir são apresentados exemplos de associações entre empresas, órgãos, geradores e utilitários de serviços de gestão dos resíduos sólidos urbanos.

2.7.1.1 ABRAMAT

Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção – ABRAMAT foi fundada em 2004, tem como objetivos defender os interesses do setor, servindo como instrumento aglutinador para causas comuns, verbalizando interlocuções e caracterizando-se como organismo articulador da indústria setorial e intermediador junto ao poder público governamental e não governamental, ao setor e à sociedade e influenciando a adoção de medidas e políticas que ampliem a atividade da construção. Atua diretamente nos programas do Governo PAC e Programa Brasil Maior e mantém relações profissionais e políticas com as principais associações, centros de pesquisa, sindicatos, universidades e câmaras técnicas e comerciais para o desenvolvimento da inovação, tecnologia e sustentabilidade da Construção Civil.

Tem como associadas as principais empresas do setor, líderes em vendas, produtividade, qualidade e inovação tecnológica. Apresenta uma estrutura própria de gestão e administração. Mantém acervo de documentos técnicos e legais para consulta livre por seus associados e web visitantes, além de gerar publicações de comunicação geral e relatórios setoriais que servem de orientação ao desenvolvimento e tomada de decisões do setor, como o relatório do Perfil da Cadeia Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos, em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV Projetos).

2.7.1.2 ABRELPE

Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais – ABRELPE fundada em 1976 atua juntos aos setores públicos e privados, promovendo a permanente troca de informações, estudos como, por exemplo, o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, publicação que visa, entre outros objetivos, fornecer subsídios para a tomada de decisões no setor, e experiências destinadas ao desenvolvimento do mesmo. Atua em associação com outras instituições para elaborar e contribuir com os trabalhos técnicos de outras instituições como, por exemplo, o *Intergovernmental Panel on Climate Change* e a *International Solid Waste Association* no Brasil (ISWA) que é a única associação mundial com atuação exclusiva no setor de resíduos sólidos.

A Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais atua na produção e gestão de conhecimentos técnicos, científicos e econômicos e comerciais por meio da elaboração de documentos técnicos e relatórios setoriais. Anualmente, desde 2003, os relatórios Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, que visa apresentar dados e informações sobre a geração, classificação, categorização, coletas, reciclagem, reuso, destinações, postos de trabalho, custos e ações desenvolvidas em todo o território nacional na gestão integral dos resíduos sólidos urbanos, fornecendo números individuais dos Estados, Regionais e Nacionais.

A Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais tem exercido suas funções promotoras de conhecimentos que determinarão ou influenciarão na seleção de novos sistemas, inovação tecnológica e sustentabilidade, por meio da elaboração direta ou como contribuinte a outros documentos técnicos como: Atlas brasileiro de emissões de GEE e potencial energético na destinação dos resíduos sólidos; Manual de boas práticas no planejamento dos resíduos sólidos; caderno informativo sobre recuperação energética dos resíduos sólidos; Estimativa dos Custos para Viabilizar a Universalização da Destinação Adequada de Resíduos Sólidos no Brasil.

Em 2011 passou a atuar diretamente com a Academia por meio da Revista Academia semestral "*Conexão Academia*" A Revista Científica sobre Resíduos Sólidos, especializada na divulgação de artigos técnicos e científicos para o setor, visando disseminar o conhecimento científico sobre a gestão de resíduos sólidos, promover o desenvolvimento de técnicas, além do aperfeiçoamento dos modelos de gestão e políticas públicas. Mantém no seu portfólio de ações as edições de Prêmios: ABRELPE de estudos acadêmicos; ABRELPE de reportagem; Prêmio Eco cidade que visam incentivar o desenvolvimento e implantação de ações de gestão, governança e gerenciamento dos resíduos sólidos.

2.7.1.3 ISWA

A *International Solid Waste Association* – ISWA é uma associação internacional, não governamental, que atua pelo interesse público de promover e desenvolver o setor de resíduos sólidos e uma sociedade sustentável. Atua exclusivamente para o setor de resíduos sólidos, e tem como principal objetivo proporcionar a máxima troca de informações e experiências em âmbito global em todos os aspectos da gestão de resíduos sólidos, através da pesquisa e implementação de ações, tais como, organização de conferências e seminários especializados, estabelecimento de grupos de trabalho, edição de publicações periódicas de caráter científico, livros, relatórios e conclusões de encontros profissionais.

A *International Solid Waste Association* tem sua própria publicação científica - *Waste Management & Research*; sua revista periódica - *Waste Management World*, uma newsletter ISWA e a newsletter da União Europeia. Construiu seu perfil técnico em torno das Políticas Técnicas da ISWA, Trabalhos sobre temas chave e Documentos com o Posicionamento da ISWA. E também produziu um grande número de relatórios, elaborados pelos seus Grupos de Trabalho e Forças Tarefa.

2.7.1.4 ABRECON

Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição - ABRECON, surgiu em 2011, está sediada em São Paulo, SP e tem busca atender as necessidades das empresas recicladoras de entulho para mobilizar e sensibilizar governos e sociedade sobre a problemática do descarte irregular dos resíduos da construção e oferecer soluções sustentáveis para a construção civil.

A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição desenvolve atividades de pesquisa setorial e especialmente nas Usinas de reciclagem dos resíduos da construção e demolição.

2.7.2 Acordo setorial para consolidação do Plano de Logística Reversa da cadeia produtiva da construção civil no Paraná

Para dar atendimento a PNRS no Estado do Paraná a Secretaria Estadual do Meio Ambiente estabeleceu um acordo por meio de uma parceria técnica com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Senai e o Sindicato da Indústria da Construção Civil no estado do Paraná – Sinduscon/PR para desenvolvimento e elaboração do Plano de Logística Reversa para a cadeia produtiva da construção civil. De acordo com Senai (2014 – no prelo) este Plano de Logística Reversa conta com a participação dos seguintes atores do Setor da Construção Civil, estão

participando da elaboração do plano de Logística Reversa 4 sindicatos e seus respectivos associados: 1. Sindicato da Indústria da Construção Civil da Região Noroeste do Paraná (SINDUSCON-NOR/PR); 2. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Norte do Paraná (SINDUSCON-NORTE/PR); 3. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Oeste do Paraná (SINDUSCON-OESTE/PR); 4. Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Paraná (SINDUSCON-PR); Senai/PR; SEMA/PR e outros.

Atualmente as organizações públicas e privadas possuem uma preocupação constante com a gestão dos RCD e buscam sustentar suas decisões e ações em seis pilares de apoio interligados e envolvendo os problemas ambientais, saúde pública, capacidade e forma dos locais destinados à disposição final, escassez dos recursos naturais, políticas públicas e o cumprimento das legislações ambientais municipal, estadual e federal, além dos acordos e tratados mundiais para minimizar os impactos ambientais negativos causados pela geração e destinação final dos resíduos das atividades humanas, principalmente os RCD.

A administração pública seja ela municipal, estadual e/ou nacional enfrenta grandes desafios na gestão dos resíduos sólidos gerados pelas atividades industriais, residências e principalmente os gerados a partir da construção civil, demolições e reformas (PAULA, 2010).

2.8 AS USINAS DE RECICLAGEM

A reciclagem dos RSU e RCD é aceita mundialmente, e para os RCD de forma lenta começa a ser colocada em prática no Brasil pela implantação de Usinas de Reciclagem. No processo de reciclagem e reutilização dos RCD podem ser empregadas técnicas e sistemas em áreas de transbordo e triagem (ATT), incluindo a segregação, separação e reprocessamento para a geração de agregados reciclados que poderão ser utilizados ou em partes não estruturais de obras da construção civil ou como material de base ou pavimentação de estradas.

Por muito tempos RCD foram utilizados como material para compactação ou fechamento de aterros, porém esta prática carecia de técnica e procedimentos adequados, pois empregava os RCD sem nenhum tratamento, apenas depositando-

os em aterros ou em bota-foras (CUNHA, 2007). Devido as novas políticas públicas este procedimento está sendo abandonado ou devido ao reconhecimento de seu potencial como material para a própria construção civil, ou pela compreensão dos seus danos ambientais e saúde humana e ou ainda pela visualização do seu potencial econômico. A soma destes fatores caracteriza-se é resultado das atividades de sensibilização ambiental, e também da necessidade de um desenvolvimento sustentável. Assim, pela reciclagem dos RCD, e suas possibilidades de reutilização buscando aumentar o seu ciclo de vida, surgem as usinas de processamento dos RCD para transforma-los em agregados reciclados e alternativamente reduzir o envio destes RCD para os locais de destinação final (aterros sanitários) e por consequência prolongando o tempo de operação dos mesmos.

No Brasil o setor da construção civil começa a se sensibilizar com as questões ambientais, surgindo ações direcionadas a uma construção sustentável, preservadora do meio ambiente por meio da utilização de materiais reciclados (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014). Ainda não se encontram esses materiais no mercado em larga escala no Brasil, mas observa-se um movimento nessa direção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PUBLICA E RESIDUOS ESPECIAIS, 2014).

Constata-se isso pelo crescente interesse nas usinas de reciclagem, no Brasil, existem 310 usinas de reciclagem, tanto fixas quanto móveis. E especificamente com o avanço da tecnologia para o processamento dos RCD e maior aplicação da PNRS, inclusive na construção civil, o número destas usinas vem crescendo e aumentando a capacidade de reciclagem e produção dos agregados reciclados. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO, 2015).

Em 2002 haviam somente 16 usinas e com um crescimento médio de 3 unidades por ano até 2011. Após a Resolução CONAMA 307/2002, este crescimento médio passou a ser de 9 novas usinas por ano. De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição entre 2008 e 2013 a taxa aumentou e passou a ser de 10,6 usinas por ano, mas infelizmente devido a situação econômica brasileira atual entre 2013 e 2015 esta taxa não tem evoluído.

Antes de 2002 a maioria era pública e eram administradas por municipalidades e algumas poucas pela iniciativa privada. A partir da Resolução CONAMA 307/2002 houve um grande e importante aumento das usinas privadas, chegando a ser de 83% privada, 10% pública e 7% público/privada. Os resultados sociais e ambientais têm sido favoráveis, apesar de todas as dificuldades encontradas pelos seus administradores: técnicas, legais e sociais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO, 2015).

Para esta Associação as usinas são mais eficientes e positivas do que a gestão pública dos serviços de limpeza urbana, porém ainda há falta de mão de obra especializada para o gerenciamento e a burocracia para liberação de recursos públicos ainda é grande, demorada e acaba inviabilizando os empreendimentos. Por ser uma atividade com baixa demanda tecnológica, a administração pública tem pouco interesse, e as estratégias nacionais ainda são tímidas e continuam envolvendo catadores, enquanto em outros países estas atividades já apresentam outras formas e sistemas de gestão, assegurando 100% de eficiência e redução do envio dos RCD e demais resíduos para os aterros.

Embora ainda pouco expressivas em relação ao tamanho do nosso país, as iniciativas de reciclagem da construção civil têm sido relevantes. As usinas de reciclagem têm um grande potencial e mercado para se desenvolverem, pois, conforme estudos feitos por vários pesquisadores, existe viabilidade para esse empreendimento. (CUNHA, 2007; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO, 2015).

A usina de reciclagem (ou central de reciclagem ou área de reciclagem, definida na ABNT NBR 15 114/2004) é o espaço físico constituído de equipamentos que irão beneficiar o RCD classe A. O espaço físico constitui-se de pátios para estocagem, recebimento, manuseio e armazenamento dos materiais produzidos, de acessos para manobras de veículos e de área para administração.

No Brasil 52% das usinas produzem até $3.000\text{m}^3.\text{mês}^{-1}$ e 30% dizem ter capacidade de produção superior a $1.000\text{m}^3.\text{mês}^{-1}$, mas de acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição (2015), somente 11% delas estão atingindo este volume produtivo. Então, para esta Associação, apesar de que as 310 usinas existentes no Brasil terem capacidade produtiva nominal de $958.000\text{m}^3.\text{mês}^{-1}$, elas estão conseguindo produzir somente a

volume de $431.500\text{m}^3.\text{mês}^{-1}$. Ainda não se sabe corretamente a razão desta diferença. Em 2014 as usinas processaram $84.180.696\text{m}^3$ de RCD, que de acordo com Pinto (1999), 1 m^3 de RCD possui massa específica de 1.200kg , o que perfaz um total de $101.016.835,2\text{ t.ano}^{-1}$.

De acordo com os estudos realizados pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da construção e demolição (2015), 60% das usinas empregam de 5 a 10 funcionários; 25% emprega de 11 a 20 funcionários e 15% emprega um número superior a 21 funcionários, entretanto muitas delas não são de dedicação exclusiva, incluindo em suas atividades as operações de pedreiras convencionais, transportadoras de RCD, demolidoras, empresas de terraplenagem, e construtoras, confirmando os princípios da economia circular que prevê a formação de uma rede de ações e atividades correlatas ao processo da construção civil.

A maior parte das usinas está localizada nas maiores cidades, e somente 12% delas estão localizadas em cidades com população inferior a 100mil habitantes, mas devido os princípios da PNRS que prevê a formação de consórcios intermunicipais, a instalação de usinas fixas ou móveis em municípios ainda menores, torna-se uma realidade. Atualmente 74% das usinas são móveis e 21% são fixas, sendo que as usinas móveis foram as que mais cresceram desde 2013, pois apresentam menor demanda de mão de obra e podem facilmente locomover-se até o ponto de geração do RCD. Os agregados reciclados possuem menor custo quando comparados a matéria-prima primária. As usinas móveis são mais compactas, requerem menor espaço para operação, têm menor custo, e apresentam tecnologias inovadoras (CCM, 2015). Estas razões apresentadas geram maior atratividade econômica para a implantação de usinas móveis (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO, 2015)

Mesmo com a Resolução CONAMA 307/2002, até 2004 não existia documentação técnica (Normas Técnicas) que desse respaldo à implantação de usinas de reciclagem dos resíduos da construção. Somente a partir deste ano, que a Associação Brasileira de Normas Técnicas elaborou as NR que passaram a vigorar no Brasil. A primeira Norma técnica, que trata das diretrizes para projeto, implantação e operação de usinas de reciclagem dos resíduos sólidos da construção

civil: a NBR 15114:2004. Para a implantação de uma usina fixa de reciclagem há necessidade de investimentos em equipamentos, obras civis e montagem de equipe operacional. Já uma usina móvel tem demanda por investimento bem menor do que a fixa. Para Cunha (2007) e para a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição (2015), as avaliações básicas devem ser desenvolvidas, para se conhecer o volume gerado de RCD no município, região e estado, características principais dos resíduos (composição gravimétrica), áreas disponíveis e possibilidades de uso na industrialização e obras de pavimentação. A partir disso, efetua-se o planejamento econômico do trabalho de reciclagem. E para isso é necessário o maior envolvimento do Poder Público, a criação de políticas públicas que incentivem a formação de parcerias, acordos setoriais e ações conjuntas entre representantes do Governo e das Indústrias, uma vez que as usinas de reciclagem dos RCD apresentam forte atratividade técnica e econômica.

Apesar desta atratividade econômica, segundo a pesquisa realizada pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição (2015), os empresários citam as dificuldades para comercialização, pois ainda falta apoio do setor público para fiscalização da triagem e destinação final, ausência de legislação que incentive o consumo, carga tributária elevada, e falta de estudos e conhecimento do mercado. E apontam como possibilidades de melhoria os Editais públicos para licitação e atendimento das Leis, maior fiscalização sobre a destinação dos RCD em pequenas e grandes obras, redução do ICMS e isenção de IPTU, pois mesmo havendo decretos municipais para priorização e obrigação do uso de agregados reciclados, ainda não estão sendo cumpridos.

De modo geral, o RCD classe A, passa pela triagem, com a separação de resíduos diversos, para depois ser levado ao ponto de reciclagem (britador), onde é britado e peneirado, resultando em agregados reciclados classificados, podem ser Agregados de Resíduos de Concreto (ARC) e Agregados de Resíduos Mistos (ARM) (Figura 7) Apesar do agregado reciclado apresentar aparência bem graduada e limpa, isto não assegura a qualidade do processo de reciclagem e do produto final gerado.

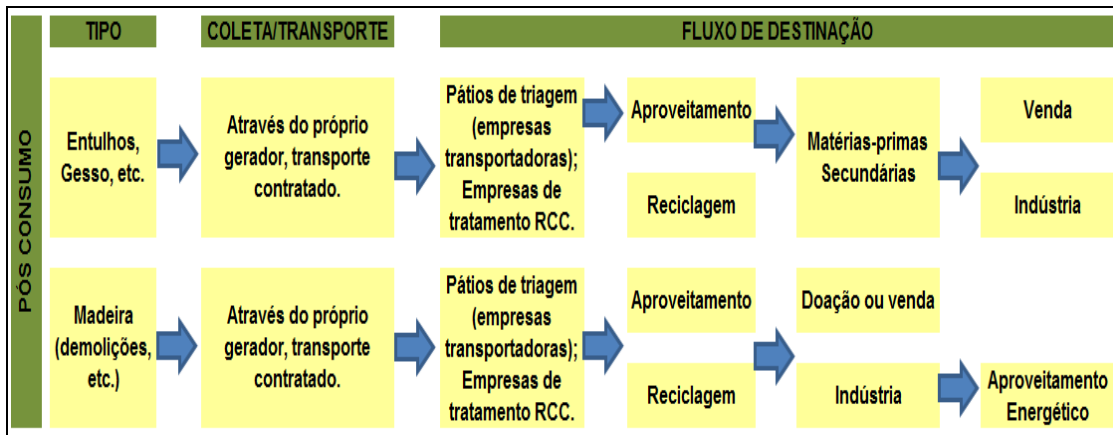


Figura 7. Fluxograma de destinação final dos resíduos da construção e demolição.

Fonte. O autor, adaptado de SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015.

Para o tratamento e processamento dos resíduos sólidos da construção e demolição (RCD) já estão disponíveis algumas soluções tecnológicas que variam em função ao tipo de RCD a ser tratado, a localização da obra, o volume de RCD, o porte e infraestrutura de uma cidade ou região (Figura 8).

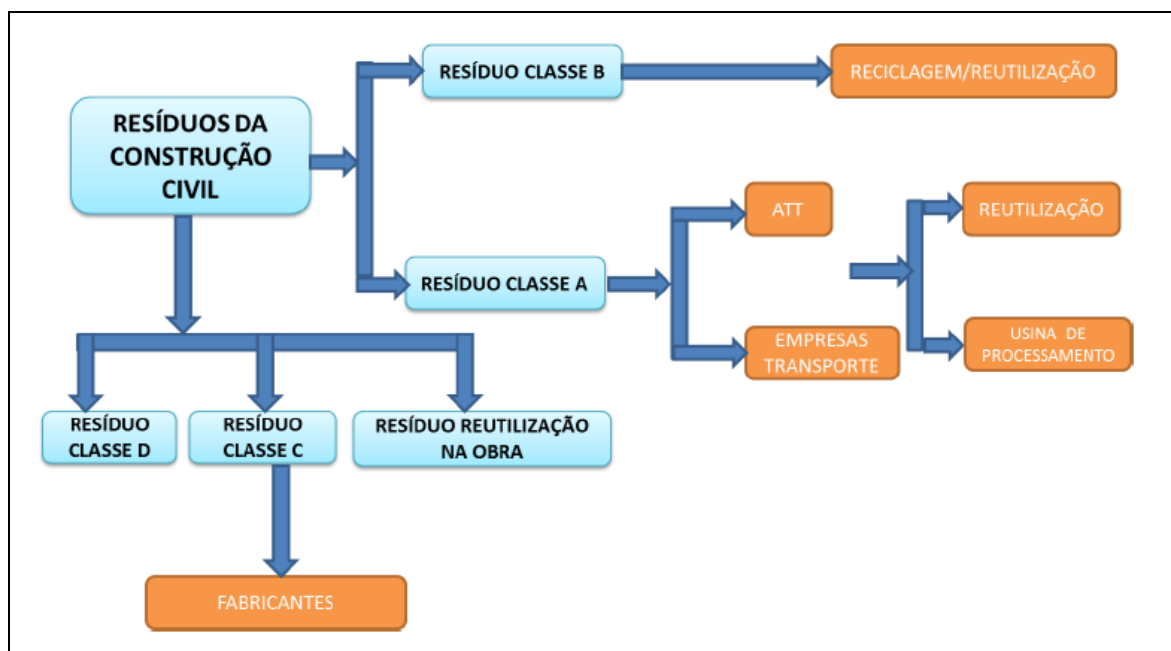


Figura 8. Fluxograma de tratamento e destinação de resíduos da construção e demolição.

Fonte: SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015.

De acordo com a Resolução do CONAMA 307 de 2002, os RCD podem ser classificados Classe A e os resíduos equivalentes da NR1701 e definidos pela Lista Europeia de Resíduos que define os seguintes resíduos:

- ✓ De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- ✓ De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc.), argamassa e concreto;
- ✓ De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- ✓ Os resíduos coletados podem então ser processados e transformados em matéria prima na própria fonte de geração ou em uma usina de reciclagem.

As usinas para tratamento dos resíduos sólidos da construção e demolição (RCD) são divididas em 2 categorias de acordo com a sua mobilidade: Usina Fixa e Usina Móvel (Figura 9).

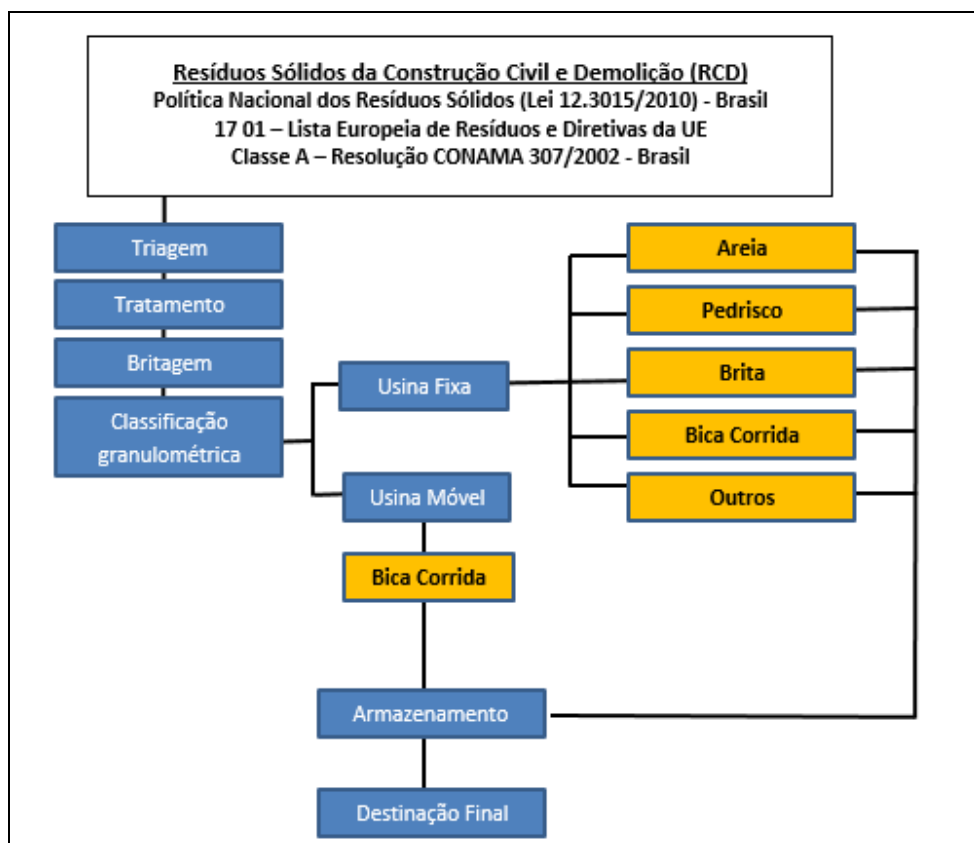


Figura 9. Fluxograma do processamento de RCD em Usina Fixa e Usina Móvel.

Fonte: o Autor, 2015. Adaptado de Portal Resíduos Sólidos, 2015.

2.8.1 Usina Fixa de reciclagem

Segundo Portal Resíduos Sólidos (2014) as Usinas Fixas (Fotografia 1) são edificadas em terreno especial e aprovado pelo Órgão Ambiental licenciador, possui área que varia em função da capacidade de tratamento e processamento da usina, ou seja, quanto maior a capacidade, maior será a área necessária para se construir.



Fotografia 1. Imagem da estrutura de uma Usina Fixa para tratamento e processamento dos RCD.

Fonte: Portal Resíduos Sólidos, 2015.

Uma Usina Fixa de processamento dos RCD apresenta as seguintes fases (Figura 10):

- i) Coleta na Obra e transporte até a Usina Fixa;
- ii) Triagem do material para retirada de outros materiais, que não são RCD;
- iii) Tratamento dos RCD para corte e liberações de metais visíveis;
- iv) Carregamento e abastecimento do britador;
- v) Britagem dos RCD;
- vi) Limpeza/retirada de contaminantes na esteira após britagem;
- vii) Classificação nas esteiras de diferentes granulometrias;
- viii) Armazenamento dos diferentes materiais gerados;
- ix) Carregamento e destinação final dos RCD gerados.

Em alguns países os processos de triagem, tratamento e limpeza são realizados por processos automatizados, sem a intervenção de trabalhadores, evitando assim, problemas de acidentes e contaminações humanas devido ao

contato e exposição à materiais contaminados por agentes prejudiciais à saúde humana.

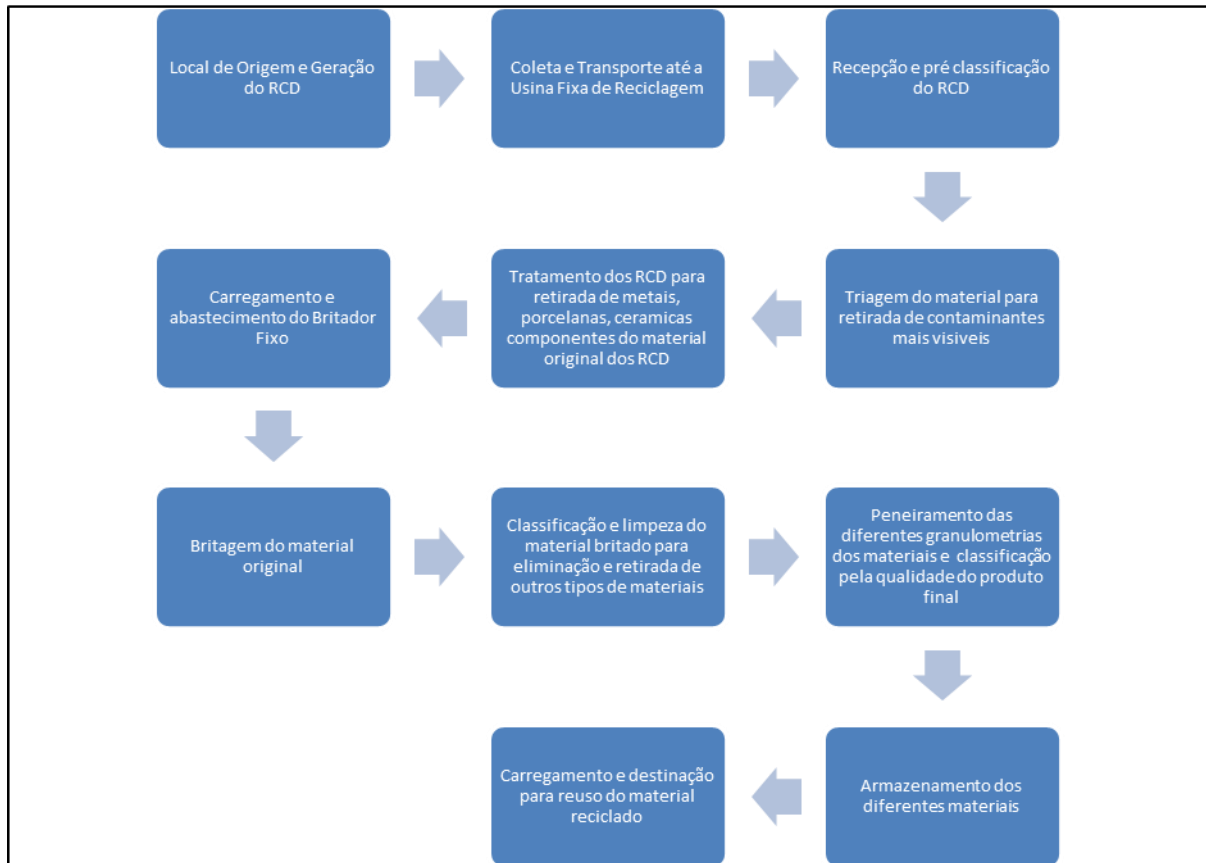


Figura 10. Fluxograma do processo de produção dos Agregados reciclados em uma Usina fixa, desde seu ponto de origem até saída da Usina Fixa de reciclagem.

Fonte: O autor, 2015.

Atualmente empregam-se as seguintes denominações aos agregados reciclados: Rachão, Bica Corrida fina, Bica corrida grossa. Brita (0, 1 e 2), Pedrisco, Areia, Para Cunha (2007) são vários os fatores podem interferir sobre esse aspecto, desde a implantação da usina até a estocagem final. Contudo, a qualidade final dos agregados reciclados é influenciada desde sua origem, pois uma vez contaminados por outros tipos de resíduos, acabam dificultando o processo e perdendo qualidade final.

Como resultados deste processo são produzidos os agregados reciclados de concreto ou mistos, definidos comercialmente como: areia, pedrisco, Brita 1 (Conjunto de fotografias 1) e rachão, bica corrida fina, bica corrida grossa (Conjunto de Fotografias 2).



Conjunto de fotografias 1. Conjunto de fotografias dos Agregado de resíduos misto, primeira fotografia da esquerda para a direita: areia; pedrisco, brita 1

Fonte: Usina de recicláveis Sólidos do Paraná – USIPAR, 2015.



Conjunto de fotografias 2. Conjunto de fotografias dos Agregado de resíduos misto, primeira fotografia da esquerda para a direita: rachão, bica corrida fina; bica corrida grossa

Fonte: Usina de recicláveis Sólidos do Paraná – USIPAR, 2015.

2.8.2 Usina Móvel de reciclagem

As usinas de reciclagem móveis de RCD (Fotografia 2) apresentam-se mais versáteis com maior mobilidade, podendo deslocar-se até o local de geração do resíduos e/ou próximo ao local onde o resíduo será aplicado, evitando assim custos para o transporte dos resíduos sólidos que serão processados, sejam eles oriundos da construção civil, ou outros tipos de resíduos e matérias-primas.

Estas Usinas Móveis variam de acordo com a sua capacidade de processamento, podendo ser mais compactas e/ou maiores para obter maior autonomia e potencial de produção. Estas maiores são compostas basicamente de 3 partes: um caminhão do tipo *Roll On Roll Off*, uma Britadeira Móvel e uma Peneira

Rotatória Móvel normalmente atracada como reboque no caminhão (PORTAL RESIDUOS SOLIDOS, 2014).



Fotografia 2. Imagem genérica de uma Usina Móvel de britagem dos RCD.

Fonte: Portal Resíduos Sólidos, 2015.

Uma Usina Móvel convencional de processamento dos RCD apresenta as seguintes fases (Figura 11):

- i) Instalação do britador no local da obra onde os RCD serão processados;
- ii) Pré-separação dos diferentes tipos de RCD;
- iii) Tratamento dos RCD para corte e liberações de metais, porcelanas, cerâmicas visíveis;
- iv) Carregamento e abastecimento do britador;
- v) Britagem dos RCD;
- vi) Classificação, limpeza/retirada de contaminantes na esteira após britagem (opcional e dependendo da tecnologia do britador);
- vii) Geração de material tipo bica corrida;
- viii) Armazenamento do material gerado ou aplicação em pontos não estruturais da obra, p.e., base para pisos de estacionamentos, calçadas, etc.;
- ix) Carregamento e destinação final dos RCD gerados, caso não sejam reutilizados no próprio local da obra.

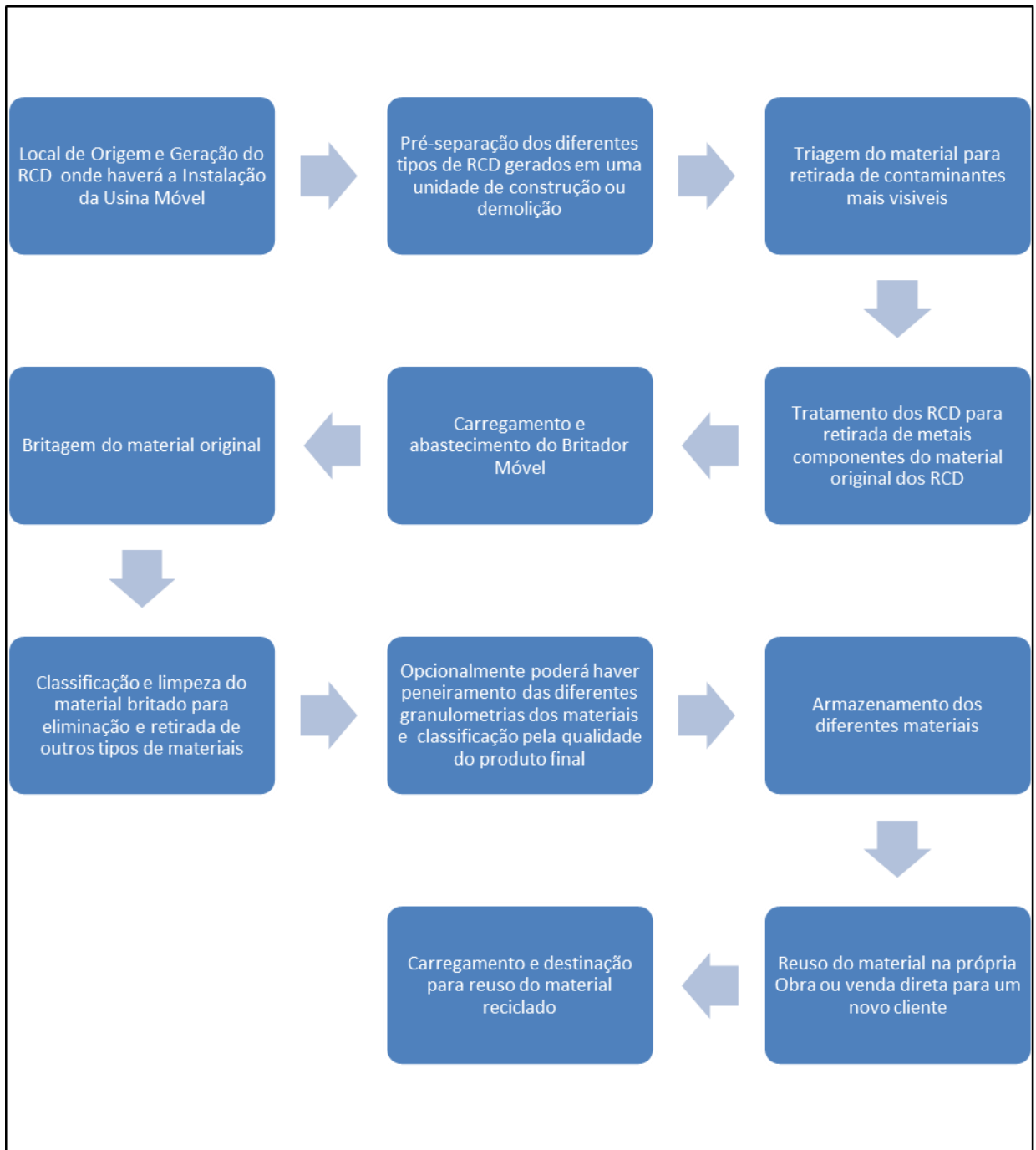


Figura 11. Fluxograma do processo convencional de produção dos agregados reciclados em uma Usina móvel instalada na Obra, desde seu ponto de origem até o reuso ou saída da Obra para de destinação final em outra obra.

Fonte: O autor, 2015.

A grande vantagem deste modelo é a sua mobilidade, podendo ser transportado para qualquer região onde seu serviço se faça necessário. Para Portal Resíduos Sólidos (2014) entre as vantagens das usinas móveis, estão:

- ✓ Sua mobilidade torna o empreendimento extremamente competitivo;
- ✓ Pode atuar em um ponto fixo ou atender grandes obras diretamente no local;
- ✓ Diminui custos de logística e construção de fundamento de base;
- ✓ Alta capacidade de adaptação geográfica do mercado;
- ✓ Versões a diesel ou energia elétrica;
- ✓ Pode ser locada completamente por empresas do setor;
- ✓ Alta capacidade de processamento.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo é apresentada e caracterizada a metodologia da pesquisa empregada para o desenvolvimento desta pesquisa. A finalidade desta pesquisa é aplicada, para a geração de conhecimentos que serão utilizados na solução de problemas concretos da vida moderna (RODRIGUES, 2007). E em relação aos seus objetivos geral e específicos esta pesquisa enquadra-se como exploratória, tendo como propósito proporcionar maior finalidade com o problema (GIL, 2010. p.27).

Com base em Gil (2010, p.26) segundo a área de conhecimento, a classificação desta pesquisa, de acordo com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), é multidisciplinar, com especialidades nas ciências da engenharia, tecnologia e gestão.

Assim, a área da ciência desta pesquisa é a pesquisa prática, exploratória qualitativa e aplicada por meio da pesquisa experimental, criando condições para interferir no aparecimento ou na modificação de fatos, para poder explicar o que ocorre com fenômenos correlacionados, com observação dos fatos de acordo com suas ocorrências qualitativas, esta pesquisa possui

Esta pesquisa utilizou estudos de casos com modelo de aplicação prático e implantação de duas unidades experimentais, com seleção de materiais e métodos específicos para obtenção de resultados indutivos e comprobatórios dos objetivos determinados. Sendo descritos os materiais utilizados, técnicas empregadas e procedimentos metodológicos para validação dos resultados.

3.1 MÉTODOS

Como métodos desta pesquisa foram definidos o levantamento bibliométrico e o levantamento de dados de campo, que a seguir serão discorridos.

3.1.1 Método de levantamento bibliométrico

Para o delineamento geral da pesquisa foram consideradas três áreas de conhecimento conexas: área legal – para levantamento e definição das bases legais para o uso de resíduos da construção e demolição; área técnica – levantamento junto a diversos atores e representantes setoriais para conhecimento de ações que vem sendo implementadas pelo setor ou em parcerias tecnológicas ou políticas com órgãos públicos e outros representantes do poder público e da sociedade; área científica – para a construção do delineamento e limitação do escopo científico, uma vez que a área de pesquisa é multidisciplinar e abrange diversas compreensões do conhecimento, da ciência e da tecnologia a serem estudadas por esta pesquisa.

Para a construção da base legal foram considerados os escopos internacional, nacional, estadual e municipal como fonte de referência principal para o norteamento desta pesquisa e os documentos legais em que ela se baseia e que melhor atendem aos objetivos desta pesquisa e servisse de base para a construção da resposta ao problema e hipótese da pesquisa.

Para a compreensão dos atores envolvidos em toda a cadeia produtiva e ciclo de vida dos produtos da construção civil, foram consultados por meio de entrevistas informais abertas alguns representantes do poder público, dos setores da construção civil, organizações e instituições envolvidas com a gestão dos resíduos sólidos da construção e demolição.

Para o delineamento científico desta pesquisa foi realizada o levantamento bibliométrico com uso das ferramentas de busca eletrônica na internet com uso dos sites Google Acadêmico, Periódicos Capes e *Scielo*. Foram consideradas as línguas portuguesa e inglesa para a construção dos referências de busca e análise dos resultados.

Este levantamento *online* foi conduzido em duas fases, sendo a primeira fase quantitativa e a segunda qualitativa por meio da análise dos resultados para avaliação da repetição de documentos resultantes.

Uma vez que o site Google acadêmico apresenta resultados mais abrangentes quanto a origem de seus dados e referências, e os resultados da Busca no site *Scielo* estavam constantes no site Periódicos Capes, este levantamento concentrou suas análises no site Periódicos Capes.

Assim, o conjunto de palavras-chave no site Periódicos Capes apresentou 38 resultados para “*Políticas Resíduos Sólidos Urbanos*”; 0 (zero) “*Políticas logística reversa construção civil demolição*” e “*Políticas logística reversa resíduos construção civil demolição*”, e 1770 resultados para o conjunto de palavras-chave “*Circular economy civil construction waste*”.

Os resultados mais significativos que serviram como bases para a consolidação desta pesquisa foram: Política Nacional de Resíduos Sólidos (78); *Solid Waste National Policy* (2747); Políticas Resíduos Sólidos Urbanos (38); Políticas Resíduos Construção Civil (13); Políticas Resíduos Construção Civil Demolição (7); Políticas Resíduos Construção Civil Demolição Economia Circular (2); Políticas Resíduos Construção Civil Demolição Economia Circular Cadeia Produtiva (1); Políticas Resíduos Construção Civil Demolição Economia Circular Cadeia Produtiva Usina (1); Políticas resíduos sólidos construção civil (6); Políticas resíduos sólidos construção civil demolição (5); Políticas logística reversa construção civil (7); Políticas logística reversa construção civil demolição (0); Políticas logística reversa resíduos construção civil (4); Políticas logística reversa resíduos construção civil demolição (0); Economia circular resíduos sólidos urbanos (12); Economia circular resíduos construção civil (23); Economia circular resíduos construção civil demolição (2); Cadeia Produtiva Economia circular resíduos construção civil demolição (1); *Civil construction waste policies* (46); *Civil construction demolition waste policies* (9); *Civil construction waste policies circular economy* (866); *Civil construction demolition waste policies circular economy* (55); *Civil construction waste policies circular economy chain production* (251); *Civil construction demolition waste policies circular economy chain production* (20); *Civil construction demolition waste policies circular economy chain production usine* (20); Logística reversa resíduos construção civil (3); Logística reversa resíduos construção civil demolição (2); *Circular economy civil construction waste* (1770); *Circular economy civil construction waste demolition* (153).

Com base na primeira fase da pesquisa bibliométrica no site Periódicos Capes foi possível perceber a baixa frequência de estudos sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos e quando considerada em conjunto com os temas como construção civil, demolição, Resíduos da Construção Civil e Demolição, logística reversa, economia circular, cadeia de produção, usina, os resultados obtidos ainda

foram de baixa frequência, demonstrando tendência a geração de uma lacuna científica.

Na segunda fase, quando o conjunto de palavras-chave foi restringindo e se aproximou do delineamento da pesquisa, houve confirmação da repetitividade dos documentos resultantes.

Com base nos resultados das duas fases desta pesquisa foi determinado o escopo deste trabalho e o delineamento da pesquisa foi estabelecido pelo conjunto de palavras-chave que mais expressou o interesse da pesquisa e representou a lacuna científica da área de concentração desta pesquisa.

3.1.2 Levantamento de dados de campo

Para a implantação desta pesquisa foram definidos os seguintes critérios divididos em dois grupos: material a ser utilizado e local de aplicação do material.

Grupo Material) para a seleção do material foram considerados critérios:

- origem do material
- tipo do material
- qualidade do material
- sistema tecnológico disponível para processamento do material
- proximidade da origem do material a seu ponto de processamento e aplicação para esta pesquisa.

Grupo Local de aplicação)

- tipo de área
- área de aplicação
- condições de relevo
- tipo de solo
- condições de uso da área selecionada

Foram realizadas algumas etapas para o levantamento e coleta de dados de campo:

Etapa 1) escolha dos locais para implantação da pesquisa.

Para o desenvolvimento desta etapa foi elaborado um projeto explicativo dos objetivos, metas e metodologia a ser aplicada por esta pesquisa. Em seguida foram realizados contatos com profissionais do setor florestal e representantes de núcleos habitacionais em áreas rurais para apresentação do projeto e verificação de viabilidade técnica para aplicação da pesquisa, uma vez que além da área a ser utilizada, havia a necessidade de obtenção do material: resíduos sólidos da construção civil com critérios específicos para a sua empregabilidade.

Etapa 2) escolha do material.

Uma vez tendo sido escolhido os locais para a implantação da pesquisa foi realizada uma busca por meio informal de entrevista com representantes técnicos das prefeituras, junta comercial, e outros profissionais e atores sociais, com o objetivo de encontrar fornecedores de resíduos sólidos da construção e demolição. Com base nas informações recebidas foram contatadas empresas setoriais da construção civil cujas atividades eram voltadas a construção e ou demolição de obra, transportadoras de resíduos da construção e demolição, ou processadoras dos RCD. Diante dos resultados alcançados foram selecionados dois fornecedores dos materiais agregados de resíduos mistos e de concreto.

Etapa 3) aplicação e coleta de dados

Com os locais e materiais selecionados foram agendadas as datas para a implantação da pesquisa, uma vez que um dos materiais precisava ser previamente selecionado, processado para posterior uso na pesquisa.

Em diferentes datas de acordo com as condições climáticas foram agendadas as aplicações dos materiais, quando então foram coletadas as seguintes informações:

- detalhamento das características dos locais de aplicação
- condições de uso da área de aplicação do material
- volumes de cada tipo de material utilizado
- preparo da área de aplicação do material
- máquinas utilizadas
- mão de obra necessária para aplicação do material
- tempos demandados para as diferentes fases da pesquisa

Etapa 4) Tratamento dos dados

Esta fase constitui-se da análise dos dados e informações coletadas, cruzamento com referências bibliográficas, confirmação de dados discrepantes, nova realização de pesquisas a documentos técnicos, legais e científicos para validação dos dados.

Etapa 5) Construção dos Resultados e Análises

Com os dados e informações tratadas e agrupadas foram selecionados os resultados relevantes para a pesquisa e construídas as suas análises.

3.2 MATERIAIS

Para a realização desta pesquisa foram definidos como materiais de pesquisa duas áreas amostrais e dois materiais oriundos de resíduos sólidos da construção e demolição, definidos como agregados de resíduos de concreto e agregados de resíduos mistos, com diferentes tipos de triagem, tratamento e processamento final, a fim de testar a possibilidade de uso destes materiais agregados na pavimentação das estradas rurais e vicinais. E a partir deste momento, serão denominados como área 1 e área 2; e material ARC 1 e ARM 2.

- a) Área 1 – Empresa Florestal Vale do Corisco, Fazenda Noruega I – Arapoti, PR, com tráfego de veículos pesados de grande porte.
- b) Área 2 – Condomínio Recando das Hortênsias, São José dos Pinhais, PR, com tráfego de veículos leves.
- c) ARC 1 – Agregado de resíduo de concreto sem triagem de seleção, processado em Usina Móvel gerando produto tipo bica corrida.
- d) ARM 2 – Agregado de resíduo misto, com triagem de seleção, tratados, processado em Usina Fixa gerando produtos tipo Brita 1 e pedrisco.

3.2.1 Área 1 - Empresa Florestal Vale do Corisco, Fazenda Noruega I – Arapoti, PR.

A área 1 selecionada foi estabelecida em uma região rural florestal na Fazenda Noruega I, com 352,55 hectares (ha) pertencente a Empresa Florestal Vale do Corisco, localizada na cidade de Arapoti no estado do Paraná, sujeita a tráfego de veículos pesados, incluindo maior frequência de máquinas pesadas, caminhões e veículos de grande porte, característicos para o transporte de cargas tipo toras de madeira em modais para atividades florestais.

A área 1 – Fazenda Noruega I é de propriedade da Empresa Florestal Vale do Corisco S.A. que pertence a holding entre as Empresas Klabin S.A. e Arauco Forest Brasil S.A., com endereço de sua sede à Rua João Cezar Beloni N°361, Caixa postal 32, CEP84200-000, Distrito Industrial Ari Franchin, na cidade de Jaguariaíva PR.

A Empresa Florestal Vale do Corisco conta com 547 colaboradores diretos e 266 colaboradores indiretos⁹. A empresa foi fundada em 19 de Novembro de 2001, o que pode ser considerada como uma empresa relativamente nova quando comparada à outras empresas florestais brasileiras.

A Empresa Florestal Vale do Corisco possui uma área total de 106.782,08 ha sob a sua responsabilidade, distribuídas em 17 municípios na região norte do estado do Paraná (11) e sul do estado de São Paulo (6), (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição das propriedades das empresas de acordo com municípios de localização, tamanho total área e da área de plantio, 2015.

Município	Estado	Área Total (ha)	Área Plantio (ha)
Apiaí	SP	285	239
Bom Sucesso de Itararé	SP	590	323
Itapeva	SP	6.436	4.121
Itararé	SP	3.317	2.112
Nova Campina	SP	1.033	343
Ribeira	SP	1.083	417
Adrianópolis	PR	1.755	1.077
Arapoti	PR	1.755	1.074
Castro	PR	263	146
Doutor Ulysses	PR	376	249

⁹ Colaboradores indiretos são definidos como todos os trabalhadores que prestam serviços para uma empresa, sem, contudo, possuir vínculo trabalhista direto com ela; possuindo relação trabalhista com outra empresa ou como autônomos, para a realização de alguma atividade específica, temporária ou contínua.

Jaguariaíva	PR	25.637	13.798
Piraí do Sul	PR	208	58
Santo Antônio do Paraíso	PR	283	180
Sapopema	PR	1.897	997
São Gerônimo da Serra	PR	288	105
Sengés	PR	43.014	25.411
Ventania	PR	19.094	8.350
Total		107.314¹⁰	59.000

Fonte: O autor, 2015. Adaptado de Vale do Corisco, Mapa temático Geolocalização2. 2015.

As áreas florestais localizadas nos municípios do Paraná e São Paulo, conforme apresentadas na Tabela 1, apresentam sua localização territorial de acordo com a Figura 12.

A área total de plantios florestais é de aproximadamente 59.000¹¹ ha, plantadas com pinus, eucalipto e outras espécies florestais; 32.611,25 ha destinados a área de preservação ambiental; 2.267,21 ha de estradas; e, 13.463,72 ha com outros usos, como aceiros¹², áreas administrativas, e outras. A área de reflorestamento é dividida em fazendas e projetos florestais. Deste total plantado, a empresa possui 32.576,23 ha com *Pinus taeda*; 121,19 ha com *Pinus elliottii*, 15.838,24 ha com *Pinus tropical*, 9.864,15 ha com *Eucalyptus spp.* e 40,09 ha com outras espécies florestais (Tabela 2).

Estes plantios florestais estão localizados nos seguintes municípios da região norte do Paraná e Sul de São Paulo, conforme pode ser confirmado na Tabela 2.

O total destas áreas plantadas com espécies florestais para diversos fins econômicos, atualmente apresenta uma produtividade de 125.000 toneladas por mês (t.mês⁻¹), ou um estoque de madeira de aproximadamente 1.500.000 toneladas por ano (t.ano⁻¹) de madeira comercial, que servem para o abastecimento industrial de Fábricas de Papel e Celulose da Holding, Serrarias e Laminadoras locais e da região.

¹⁰ Os valores para a área total da empresa apresentam divergências de acordo com as fontes técnicas da empresa que forneceram os dados; fontes: departamento técnico florestal (106.782,08 ha; departamento de cartografia 107.314 ha).

¹¹ A área de plantio apresentada pelo departamento técnico florestal 60.843,13 ha, é diferente da área informada pelo departamento de cartografia da Empresa 59.000 ha. Essa divergência pode estar ocorrendo devido ao tempo necessário para transmissão das informações entre os departamentos, uma vez que áreas de efetivo plantio apenas são informadas após a conclusão do estabelecimento de um novo projeto, e também às constantes adequações instrumentais que afetam a precisão da informação final.

¹² Áreas sem cobertura vegetal nos limites das propriedades para segurança e prevenção contra incêndios florestais.

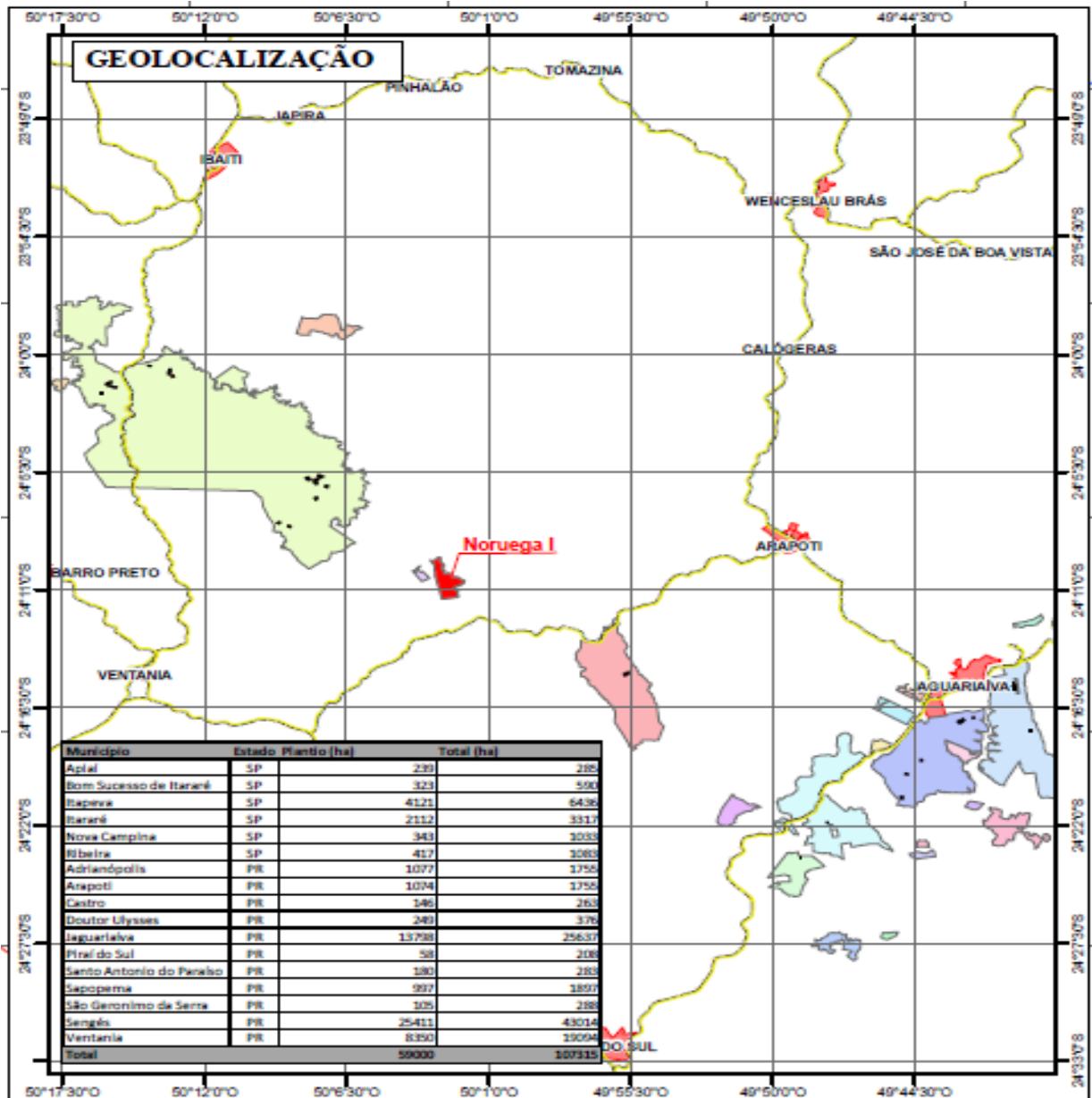


Figura 12. Mapa de localização da Área 1, Fazenda Noruega I no município de Arapoti, PR.

Fonte: Empresa Vale do Corisco, 2015.

Tabela 2. Descrição do uso do solo da Empresa Vale do Corisco, 2015.

Descrição do Uso do solo	Área (ha)	Área (%)
Reflorestamento <i>Pinus taeda</i>	32.576,23	30,51%
Reflorestamento <i>Pinus elliottii</i>	121,19	0,11%
Reflorestamento <i>Pinus</i> tropicais	15.838,24	14,83%
Reflorestamento <i>Eucalyptus</i> spp.	9.864,15	9,24%
Reflorestamento outras sp	40,09	0,04%
Área de preservação permanente	13.742,85	12,87%
Reserva Legal	18.868,39	17,67%
Estradas	2.267,21	2,12%
Outros usos	13.463,72	12,61%

Total	106.782,08	100,00%
-------	------------	---------

Fonte: O autor, 2015. Gerada com base nas informações recebidas do departamento técnico florestal da Empresa Vale do Corisco.

Os regimes de manejo¹³ definidos pela empresa são de 15 anos para o Pinus e 7 anos para o Eucalipto. Para o Pinus a empresa emprega um sistema de manejo com corte raso e desbastes¹⁴ em intervalos de período de crescimento, que variam em função das produtividades de cada sítio florestal¹⁵ (CARVALHO; *et al.*, 1999; CALDEIRA *et al.*, 1996; TONINI; SCHNEIDER; FINGER, 2006) e reforma de plantio por meio do corte raso final a cada 15 anos. Para o eucalipto o sistema de manejo florestal sustentável é de talhadia¹⁶ com corte raso a cada 7 anos, condução de rebrota e corte final a cada 21 anos aproximadamente, e substituição de todas as cepas¹⁷ da espécie manejadas.

As estimativas de tempo (regime florestal) são definidas em função da interação do conjunto de variáveis: *edáficas* (qualidade do solo, tipo do relevo, tipo do terreno, declividade), *altitudes e declive do terreno* (relevo), *climáticas* (regime hídrico, temperatura, ocorrência de temperaturas extremas positivas e negativas, seca do ápice da planta causado ou por calor e déficit hídrico, ou por geada – frio intenso), *ocorrência de sinistros* (fogo, vendavais, etc.), *fenômenos ambientais* (pragas, doenças, infestações de plantas daninhas, etc.), *genéticas* (qualidade produtiva e adaptabilidade da espécie), e associadas *as técnicas de manejo* (sistema e regime) adotadas para a condução dos reflorestamentos. O conjunto e a interação destas variáveis vão determinar as taxas de crescimento dos povoamentos, incremento e oferta de madeira anual para o mercado. Também as condições e oportunidades de mercado poderão ampliar ou reduzir os regimes de

¹³ Termo técnico estabelecido para determinar os períodos de condução de crescimento e as intervenções quando necessárias.

¹⁴ Termo técnico para definir as atividades de interferência nas áreas plantadas, quando se reduz o número de árvores em crescimento, medidos em função do Nº de árvores por unidade de hectare.

¹⁵ Local onde estão estabelecidos os plantios florestais, e que apresentam um índice de produtividade medido e definido em função da altura (m) da árvore dominante (SELLE; SCHNEIDER; FINGER, 1994; CALDEIRA *et al.*, 1996; TONINI; SCHNEIDER; FINGER, 2006).

¹⁶ Regime de manejo que consiste da intervenção humana pelo corte de 100% das árvores existentes em uma determinada área, e com posterior condução de rebrota da cepa da árvore que permaneceu no local, esta operação ocorre, devido a capacidade de rebrotar de algumas espécies florestais, como por exemplo, o Eucalipto.

¹⁷ Região do caule da planta deixado rente ao nível do solo, no momento do corte raso, que devido a característica morfológica da espécie permitirá o surgimento de brotos que serão conduzidos até formar novas árvores.

manejo, a fim de garantir as maiores taxas de retorno interno ao investimento florestal.

No seu escopo de atividades, realiza silvicultura (plantio, preparo de solo, combate a formiga, aplicação de herbicida mecanizado e manual, tratos culturais, adubação mecanizada e manual, entre outras), sendo o sistema de plantio do Pinus manual com uso de pá chilena, sem subsolagem e plantio direto e para o Eucalipto o sistema de plantio é manual com subsolagem; Colheita (Mecanizada e semi mecanizada); Estradas (construção e manutenção).

A Empresa Vale do Corisco é uma empresa certificada pelo Conselho de Manejo Florestal do Brasil (FSC) em todas as suas atividades de gerenciamento florestal; possui programas de segurança do trabalho (avaliação e acompanhamento da segurança dos trabalhadores); e conta ainda com um departamento comercial totalmente dedicado a venda de madeira produzida em suas florestas para indústrias e serrarias locais e regionais.

Considerando as técnicas (sistemas e regime) de manejo sustentável, as práticas silviculturais adotadas pela empresa para a condução do desenvolvimento de seus reflorestamentos, a empresa estima a existência de um volume em estoque para 7 anos de aproximadamente 22.500.000 toneladas de madeira comercial.

A empresa emprega determinados padrões de estradas, classificados em estradas Principais, Secundárias, Terciárias, Contornos, Aceiros, com Largura Média dos leitos de rodagem nos modais das estradas variando de 4,0 m de largura útil e 6,0 m de largura total considerando as sarjetas. Para Engenharia Civil (2015) as estradas de rodagem desempenham funções econômicas e sociais, podendo ser classificadas de acordo com diferentes critérios, porém a mais importante é a classificação segundo características técnicas, pois permite definir seus limites geométricos de traçado rodoviário como urbanas e rurais, segundo a sua proximidade à aglomerados populacionais; quanto a função de mobilidade e acesso que exercem na malha viária (modal), assim se classificam em Arteriais (classes: principal, primária e secundária), Coletoras (classes: primárias e secundárias), e Locais; quanto a jurisdição podem ser federais, estaduais, interestaduais e municipais conforme o território onde estão localizadas; quanto a utilização podem ser: pioneiras, vicinais, turísticas, comerciais ou estratégicas; quanto ao tipo de

tráfego podem ser: tráfego leve, médio e pesado; quanto a orografia podem ser definidas como vias em região plana, ondulada, montanhosa e escarpada.

Já para Engenharia Civil (2015) o problema do traçado de uma estrada é determinado pela necessidade ou conveniência da ligação entre dois pontos, sendo os fatores que influenciam e determinam o traçado de um modal de estrada são a topografia, condições geológicas e geotécnicas, hidrologia, existência de benfeitorias, e a interferência no meio ambiente. E este autor cita ainda que outros fatores secundários que influenciam no traçado da estrada e na definição de outros elementos constituintes dos modais das estradas são os interesses sociais, locais, estratégicos regionais ou mesmo nacionais.

Com base nas informações acima apresentadas e suas características, limitações aos diferentes tipos de uso, cuidados ambientais, a empresa estabeleceu o plano de ocupação e uso do solo para a Área 1 – Fazenda Noruega I, conforme é possível observar na Figura 13 abaixo apresentada.

De acordo com Vanzela; Hernandez e Franco (2010) o tipo de uso e da ocupação dos solos influencia fortemente nos níveis de escoamento superficial e aporte de partículas de solos (sedimentos sólidos) no leito dos mananciais, e com isso podem alterar a qualidade e a disponibilidade da água para consumo humano e uso em suas atividades produtivas. Com o objetivo de dar melhor infraestrutura, arquitetura e engenharia para os modais das estradas, e minimizar problemas e danos ambientais, a empresa sempre que necessário lança mãos dos seguintes elementos componentes especiais, como:

- ✓ Pontes / Pontes Mistas, com bases em concreto armado e vigas e tablado em madeira de eucalipto;
- ✓ Pontes de madeira, com bases construídas com rachão (resíduos de rochas minerais) nas cabeceiras e vigas e tablado de madeira de eucalipto;
- ✓ Bocas de Lobo, com cabeceiras Pré-moldadas em concreto armado para tubulações com diâmetro mínimo de 60 cm. E para tubulações com diâmetros acima de 60 cm são utilizados os rachão e/ou construídas as alas de proteção na própria obra.

A área experimental definida como Área 1 – Fazenda Noruega I contém 352,55 hectares, e está localizada no município de Arapoti, PR., sendo o uso do solo definido como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Descrição do uso do Solo da Fazenda Noruega I, no município de Arapoti, PR.

Descrição do Uso do Solo	Área (ha)
Reflorestamento	113,72
Corte Raso	89,07
Corte em andamento	50,43
Capoeira	72,62
Estradas	21,95
Redes elétricas	4,40
Total	352,55

Fonte: O autor, 2015. Adaptado de Vale do Corisco, Mapa temático Uso do Solo Noruega I. 2015

O relevo é um aspecto bastante importante para a decisão das construções dos modais das estradas, pois dependendo do recorte do relevo os modais podem apresentar declividade acima do padrão aceitável para as estradas florestais.

A área 1 – Fazenda Noruega I apresenta como altitude maior 820 m e na altitude menor 660 m, não representando declividades acentuadas. De acordo com LEE (2000) a declividade máxima de uma estrada florestal deve ser de 12° para evitar problemas de rodagem e também danos ambientais como perdas de materiais sólidos particulados, gerando pontos de erosão, pelo escoamento superficial destes particulados que acabarão em fontes hídricas, impactando-as e ou contaminando-se, além de provocarem assoreamento dos leitos hídricos.

A empresa adota padrão de declividade de modais para estradas com no máximo 12° e no mínimo 2° de declividade, para facilitar o escoamento leve e superficial de águas, evitando o acúmulo de águas pluviais, sem causar danos aos leitos de rodagem e retirada de material de cobertura.

3.2.1.1 Usina Móvel de Reciclagem de Resíduos Sólidos

O material aplicado no experimento foi oriundo de resíduos de demolição, caracterizado como concreto armado, tendo sua pré-classificação e posterior britagem, em britador móvel CCM6240 para bica corrida (Conjunto de fotografias 3)



Conjunto de fotografia 3. Usina móvel utilizada para produzir o ARC empregado no ponto experimental da área 1, localizada em área de empréstimo contratada pela Empresa Florestal Vale do Corisco, no município de Arapoti, PR.

Fonte: Jean Mileski, 2015

3.2.1.2 Material Residual da Construção e Demolição

O agregado de resíduos aplicado na área experimental foi oriundo de demolição de uma obra localizada em Jaguariaíva, PR, e apresentou composição derivada de concreto, assim este material passa a ser identificado como ARC 1 (Conjunto de fotografias 4).



Conjunto de fotografias 4. Material ARC gerado a partir da demolição de obra na cidade de Jaguariaíva, PR. Detalhes do material depositado ao solo; no interior da caçamba de transporte e

dimensões heterogêneas das partículas residuais variando entre 10 a 60cm de comprimento, vulgarmente chamados de “rachão”, e após britagem passaram a dimensões ainda heterogêneas entre 7 a 35cm.

Fonte: Jean Mileski, 2015

Em relação ao material resultante da britagem do concreto, Agregado de resíduos de concreto (ARC), foi constatado que devido a falta de experiência da empresa prestadora do serviço de britagem as dimensões do ARC continuaram heterogêneas após a britagem, porém com dimensões menores dos agregados individuais.

3.2.1.3 Dados do ponto experimental da área 1

O experimento foi implantado em agosto de 2015, na Área 1 – Fazenda Noruega I, da empresa Vale do Corisco, no município de Arapoti, PR. O local de aplicação está situado nas coordenadas 50°2'28,280"W e 24°10'53,851"S no modal da estrada rural florestal secundária de acordo com a Figura 13.

No Conjunto de fotografias 5 podem ser observadas as condições iniciais da área de implantação da pesquisa. Chama-se a atenção para a falta de pavimentação e condições de solo e problemas observados na área selecionada.



Conjunto de fotografias 5. Modal da estrada rural na Fazenda Noruega I da Empresa Florestal Vale do Corisco, em Arapoti, PR. Detalhes das condições e tipo de solo da área experimental 1.

Fonte: O autor, 2015.

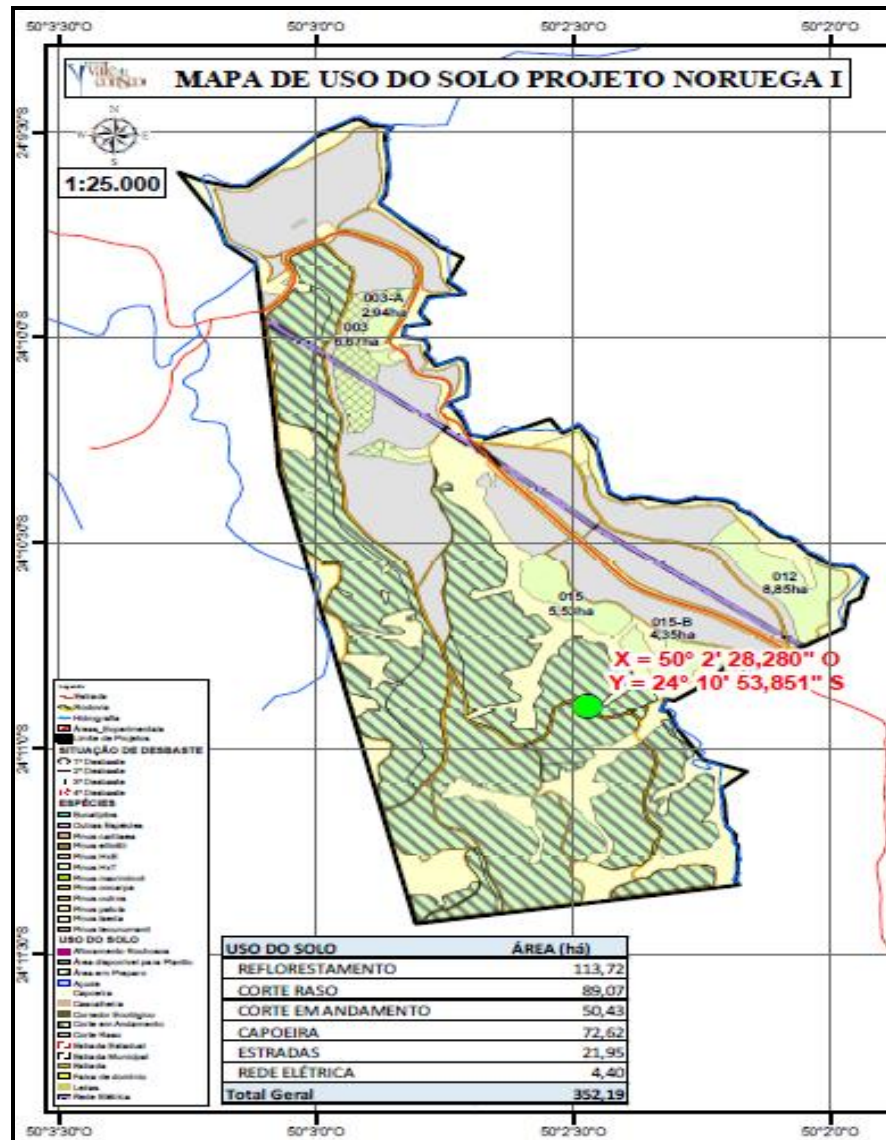


Figura 13. Mapa de uso do solo da Área 1, Fazenda Noruega I com identificação (ponto verde) e coordenadas de localização (em vermelho) da área experimental, no município de Arapoti, SC.

Fonte: Vale do Corisco, 2015.

No Conjunto de fotografias 6 são observadas as características do terreno da área selecionada para a implantação do experimento desta pesquisa, com os detalhes do material constituinte dos solos, características dos tráfegos à que o terreno está sujeito.



Conjunto de fotografias 6. Modal da estrada rural na Fazenda Noruega I da Empresa Florestal Vale do Corisco, em Arapoti, PR. Condições do leito de tráfego do modal da estrada rural onde foi instalado o experimento desta pesquisa, apresentando as características do material constituinte do solo, ausência de pavimentação e resistência do terreno.

Fonte: O autor, 2015.

3.2.1.4 Usina móvel de reciclagem XIV Voltas

Para a obtenção do material agregado de resíduo de concreto (ARC) empregado na área 1 desta pesquisa, foi utilizada uma usina móvel da Empresa de Terraplenagem XIV Voltas, prestadora de serviços para a produção e transporte de material e máquinas para a pavimentação de estradas rurais e vicinais para a Empresa Florestal Vale do Corisco, que também realiza serviços de locação de máquinas, construção e manutenção de estradas e seus elementos constituintes, como pontes, cabeceiras de pontes, boca de lobo, valas, caixas de contenção de águas pluviais, etc. (Conjunto de fotografias 7)



Conjunto de fotografias 7. Detalhes da Empresa XIV Voltas, prestadora de serviços de terraplenagem e construção de infraestrutura rural geral.

Fonte: O autor, 2015.

3.2.2 Área 2 – Condomínio Recanto das Hortênsias, São José dos Pinhais, PR.

A área 2 selecionada foi um condomínio residencial com tráfego leve a moderado, porém com maior intensidade de rodagem e exigência de acabamento

plástico de maior qualidade e estética, visto ser uma área residencial e com maior interferência de julgamento por seus moradores (Conjunto de fotografias 8).



Conjunto de fotografias 8. Conjunto de imagens da entrada do condomínio e mapa de localização das chácaras individuais.

Fonte: O autor, 2015

O condomínio foi fundado em 1994 e possui uma área total de 550 hectares (ha), sendo estabelecido um loteamento com 108 chácaras individuais entre 20 a 24mil m² ou 2,0 a 2,4 ha cada, e 200 hectares de reserva legal. Com cerca de 6,6 km de modais viários e largura aproximada de 5 a 6 metros, o conjunto de modais possui uma área total aproximada de 39.600 m² ou 3,96 hectares. O condomínio ainda possui uma área de administração e uso comum equivalente a 50 hectares (Tabela 4).

Na Tabela 4 são descritas as estruturas básicas do condomínio em relação ao uso do solo.

Tabela 4. Distribuição da ocupação do solo do condomínio residencial Recanto da Hortênsias em São José dos Pinhais, PR.

Ocupação da área	Quantidade	Área (ha)	Total
Chácaras	108	2 a 2,4	230
Estradas	6,6	4 a 6	39,6
Aceiros	1	4	30,4
Reserva Legal	1	200	200
Área de Preservação Permanente - APP	1		50
Total	1	550	550

Fonte: dados fornecidos pelo síndico do Condomínio Recanto das Hortênsias, 2015.

Fonte: o Autor, 2015.

O Condomínio Recanto das Hortênsias é uma área privada de chácaras residenciais, destinada à moradia permanente ou ao lazer, está localizado na BR 277, Km 57,5 no município de São José dos Pinhais, no Estado do Paraná, com coordenadas geográficas -25,5592957S e -49,0028735W (Figura 14).



Figura 14. Imagem da localização do Condomínio com identificação da entrada de acesso aos pontos da área experimental 2, desta pesquisa (seta vermelha).

Fonte: Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-25.5592957,-49.0028735,29.17m/data=!3m1!1e3> Acesso em 03/10/2015

A manutenção dos modais das estradas normalmente ocorre de 2 a 3 vezes por ano, variando em função da maior ou menor ocorrência de eventos climáticos, tais como a precipitação pluviométrica, e também da intensidade de tráfego e rodagem, uso e ocupação dos modais. O tipo de solo, a declividade do terreno, o tipo de material de cobertura (recapeamento) utilizado para a confecção dos modais, a engenharia e arquitetura do leito de rodagem do modal também interferem no número, frequência e intensidade de manutenções necessárias a fim de determinar a qualidade e resistência do leito de rodagem do modal da estrada.

Em visita prévia foram selecionados dois pontos amostrais para instalação do experimento. Estes pontos tinham como características os problemas de

resistência do leito de rodagem do modal, apresentando buracos com acúmulo de água e perdas constante de materiais de cobertura (recapeamento) (Conjunto de fotografias 9).

Para a área 2 desta pesquisa foram selecionados dois pontos de amostra a ser implantada para avaliar sistemas e tipos de materiais agregados de resíduos misto diferentes. No ponto 1 de amostra, foi utilizado o ARM tipo brita 1, oriundo de uma usina de reciclagem fixa. No ponto 2 de amostra, foram utilizados os ARM tipo brita 1 e pedrisco, ambos oriundos de uma usina de reciclagem fixa.



Conjunto de fotografias 9. Exemplo de problemas encontrados nos leitos de rodagens dos modais de estradas internas do Condomínio Recanto das Hortênsias. Detalhe de buracos, pontos de erosão, perdas de materiais e acúmulo de águas pluviais.

Fonte: O autor, 2015.

3.2.2.1 Ponto 1 de amostra da área experimental 2.

O ponto 1 de amostra da área experimental 2 no Condomínio Recanto das Hortênsia está localizado no modal da estrada do lote 13, e apresenta um traçado côncavo, de moderada inclinação o que facilita o acúmulo de água pluvial sobre o leito de rodagem do modal da estrada (Conjunto de fotografias 10).



Conjunto de fotografias 10. Imagens do leito de rodagem em frente ao lote 13 do Condomínio Recanto das Hortênsias, com pontos de erosão e perda de materiais devido ao acúmulo de água.

Fonte: O autor, 2015.

Na Figura 15 é possível identificar a localização do ponto amostral por meio da imagem de satélite, relacionando-o com outros modais de estradas do condomínio.

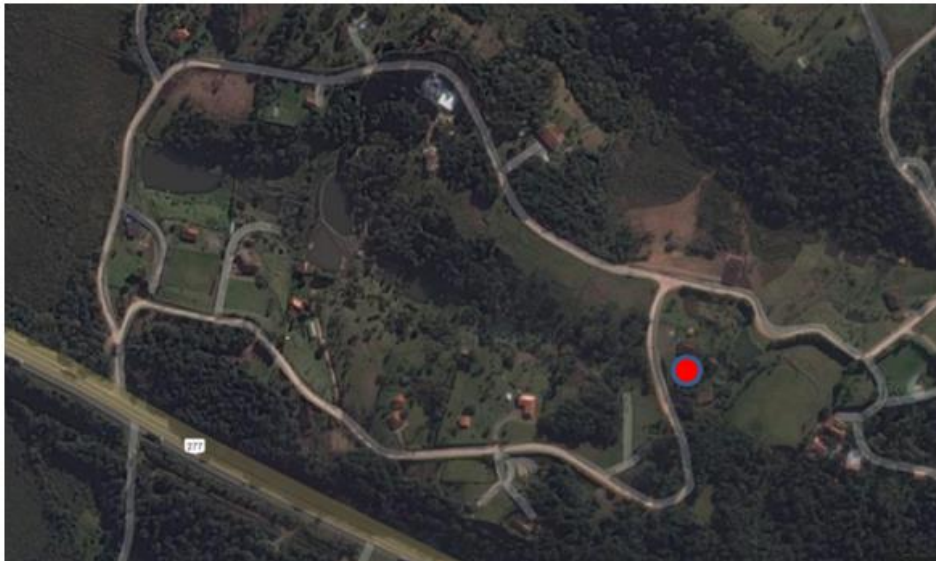


Figura 15. Imagem o Google Earth com identificação do lote 13 (ponto em vermelho) e os pontos de tratamento do leito da estrada de circulação.

Fonte: Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-25.5641295,-49.0037734,209m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em 03/10/2015

3.2.2.2 Ponto 2 de amostra da área experimental 2.

O ponto 2 de amostra experimental da área 2 no Condomínio Recanto das Hortênsias está localizado no modal da estrada do lote 55 e apresenta um traçado plano, com inclinação inferior a 2% o que dificulta o escoamento e saída da água pluvial do leito de rodagem do modal da estrada (Conjunto de fotografias 11).



Conjunto de fotografias 11. Conjunto de imagens do leito de rodagem do modal da estrada em frente ao lote 55 do Condomínio Recanto das Hortênsias, com pontos de acúmulo de água, e elementos de infraestrutura da estrada que bloqueiam a saída da água.

Fonte: O autor, 2015.

Na Figura 16 é possível identificar a localização do ponto amostral por meio da imagem de satélite, relacionando-o com outros modais de estradas do condomínio.



Figura 16. Imagem do Google Earth com identificação do lote 55 (ponto vermelho) e os pontos de tratamento do leito da estrada de circulação.

Fonte: Disponível em: <https://www.google.com.br/ma_ps/@-25.5627735,-48.9995594,422m/data=!3m1!1e3>. Acesso em 03/10/2015.

O material agregado de resíduos mistos (ARM) tipo brita 1 e pedrisco utilizados nesta área experimental 2, foi produzido na Usina de reciclagem USIPAR do tipo fixa, localizada no município de Almirante Tamandaré na Região Metropolitana de Curitiba, PR à 42 km de distância do local de aplicação do material. Para a aplicação do experimento, os responsáveis administrativos disponibilizaram sua equipe de construção e manutenção de modais de estradas rurais e vicinais, contratada para serviços permanentes (Conjunto de fotografias 12).



Conjunto de fotografias 12. Detalhes da empresa prestadora de serviços de construção e manutenção da infraestrutura dos modais de estradas do Condomínio Recanto das Hortênsias.

Fonte: O autor, 2015.

O período de desenvolvimento da pesquisa foi de outubro de 2014 à outubro de 2015, incluindo todas as suas fases e etapas, desde a elaboração do projeto, contado com empresas e atores envolvidos no gerenciamento dos resíduos sólidos da construção e demolição até a implantação e coleta de dados para a conclusão desta pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Resolução do CONAMA nº307/2002 os resíduos da construção e demolição utilizados nesta pesquisa foram classificados como de Classe A, de acordo com as alíneas “a - de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem”, “b - de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto” e “c - de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras”.

Os resíduos da construção civil do tipo Classe A não poderão ser dispostos em aterros de resíduos urbanos, nem em áreas de bota fora, ou encostas, nem próximos a corpos d'água, ou lotes vagos e nem em áreas protegidas por Lei, e de acordo com o artigo Décimo da Resolução do CONAMA 448/2012, estes resíduos após triagem, deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados.

4.1 POLITICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A análise da PNRS como instrumento capaz de contribuir para a construção de um modelo de economia de fluxo de materiais, permitiu estabelecer as considerações que a seguir serão apresentadas.

Os principais instrumentos estabelecidos pela Lei 12.305/2010 são:

- ✓ fechamento dos lixões e aterros controlados (que apesar de ainda não implementados, esta é a meta estabelecida, a exemplo das diretivas da União Europeia);
- ✓ responsabilidade compartilhada;
- ✓ ciclo de vida dos produtos, tanto para os produtos como para os seus resíduos (do berço ao túmulo);
- ✓ logística reversa;
- ✓ gestão integral dos resíduos sólidos urbanos;

- ✓ plano de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos por consórcios municipais;
- ✓ instrumentos financeiros para o apoio, desenvolvimento e implantação dos Planos Estaduais, Municipais, Regionais e intermunicipais para a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos (GIRSU);
- ✓ princípios de hierarquização das ações a serem implementadas para a GIRSU a fim de incentivar a população a promover práticas de redução;
- ✓ reuso;
- ✓ reciclagem;
- ✓ recuperação energética; e,
- ✓ evitar ou reduzir ao máximo a quantidade de RSU à ser enviados para os aterros sanitários.

Dos instrumentos definidos por lei, esta pesquisa observou que a compreensão de ciclo de vida, responsabilidade compartilhada, gestão integral dos resíduos sólidos urbanos, logística reversa e a reciclagem são as diretrizes que apresentam maior aderência as atuais ações de mercado e governo.

O fechamento de lixões, a criação de instrumento financeiro de incentivo, o reuso dos RCD, a elaboração de Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos e o controle ao descarte e destinação final dos RSU e RCD, ainda estão muito longe de serem cumpridos.

A recuperação energética e a hierarquização das ações a serem implementadas estão muito distantes dos entendimentos e compreensão dos atores envolvidos, principalmente dos entes de gestão e governança de todo o processo.

Como limites da Lei 12.305 que define a PNRS, foram identificados:

- ✓ A PNRS não cumpriu com a sua meta de fechar todos os lixões e aterros controlados existentes no território brasileiro;
- ✓ mesmo não definindo ações específicas para os RCD, a PNRS serve de base para o desenvolvimento de modelo de gestão integrada dos resíduos da construção e demolição;
- ✓ apesar de estabelecer a criação de instrumentos financeiros para o cumprimento de suas metas e promover sistemas de gestão que favoreçam a reciclagem, reuso, recuperação energética RSU, incluindo os RCD, a PNRS não cumpre com seus termos de Lei, fazendo com que os geradores

e empresários da cadeia produtiva dos RCD e recicladores tenham suas ações empresariais desfavorecidas e desencorajadas, conforme relata a ABRECON, 2015;

- ✓ a PNRS não prevê a logística reversa para os resíduos da construção civil;
- ✓ a PNRS apesar de ter suas bases nas Leis internacionais europeias, ela é bastante tímida para as premissas de recuperação energética dos produtos e também dos próprios aterros ou locais de destinação final dos RCD;
- ✓ a PNRS cita mas não explora a proposição de construção de consórcios intermunicipais para a elaboração e Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos, bem como não define instrumentos financeiros para o seu incentivo;
- ✓ a PNRS apesar de mencionar a preferência para municípios e estados que cumprirem a Lei e terem implantadas suas políticas e planos de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos, da construção civil, industriais, domiciliares, hospitalares e outros, não foram encontradas evidências que comprove a sua execução, pelo contrário muitos relatos setoriais, confirmam a dificuldade para a obtenção de recursos e prioridades para recebe-los, quando solicitados.

Comparando a estrutura legislativa da União Europeia (UE) para resíduos com a Lei 12.305/2010, e reconhecendo que esta Lei utiliza as diretivas da UE para a definição de seus termos, verifica-se que a PNRS não cumpre com suas propostas legais.

A PNRS estabelece a necessidade de uma estrutura de gestão integrada, incluindo acordos setoriais para a gestão do ciclo de vida total de um produto (do berço ao túmulo) para a logística reversa dos produtos, embalagens e de alguns resíduos, contemplando os princípios da UE e também atendendo a outros tratados internacionais, como o *Intergovernmental Panel on Climate Change*, *United Nations Environment Programme - UNEP*, *The Climate and Clear Air Coalition – CCAC to reduce short-lived climate pollutants*; etc., porém, ela apresenta as seguintes lacunas:

- i) não estabelece a necessidade da logística reversa dos resíduos da construção civil;
- ii) não contempla a recuperação energética dos materiais como definido no capítulo 2 da estrutura da legislação europeia da Figura 2, e aborda somente questões de recuperação energética dos gases gerados nos aterros; e,
- iii) mesmo tendo sido elaborada para atender a demandas e acordos internacionais, e servir como fonte de energia alternativa e limpa para consumo humano e desenvolvimento de atividades industriais, além de reduzir a demanda territorial e problemas de impactos ambientais e saúde humana, a PNRS não define instrumentos para a sua implantação efetiva.

Da mesma maneira, ainda que a Lei 12.305/2010 apresente e estabeleça diretrizes de incentivo ao desenvolvimento de gestão e responsabilidade compartilhada em todo o ciclo de vida dos produtos não há compreensão e nem incentivos para o seu atendimento e exploração econômica da recuperação energética dos resíduos sólidos, que são claramente observados nas Diretivas da UE.

Ainda que estabelecidas como prioridades na hierarquização das atividades a serem estabelecidas nos Planos de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos (PGIRSU), bem como a recuperação dos gases efeito estufa (GEE) emitidos pela decomposição dos resíduos nos aterros controlados e sanitários, não são estabelecidas ações e definições para desenvolvimento de um modelo de economia de fluxo de materiais, economia circular, ou economia verde e que promova benefícios a sustentabilidade, tais como:

- ✓ redução de área territorial para disposição final dos RSU;
- ✓ geração de energia limpa por meio da incineração dos RSU;
- ✓ redução das emissões de GEE devido ao transporte, decomposição natural dos resíduos;
- ✓ redução de poluição e contaminação de águas superficiais, lençóis freáticos e solos;
- ✓ perda da biodiversidade e danos à saúde humana – diretos e indiretos.

A PNRS estabelece a responsabilidade compartilhada e incentiva a formação de acordos setoriais e ou acordos intermunicipais, entretanto ainda é necessária a criação de instrumentos financeiros para facilitar a implantação das atividades que atendam a Lei 12.305/2010, pois de acordo com os dados levantados nos estudos sobre as associações brasileiras de materiais de construção, reciclagem, gestão de resíduos, sindicatos setoriais, instituições nacionais e internacionais, as políticas públicas e ações dos governos ainda são deficitárias, sejam em relação as capacidades técnicas das prefeituras e estados para a elaboração dos Planos requeridos por esta Lei que viabilizem a obtenção dos recursos disponíveis à implantação dos mecanismos nela previstos, ou em suas execuções.

Com base no artigo trigésimo da Lei 12.305/2010 que define os princípios da PNRS para responsabilidade compartilhada de todo o ciclo de vida dos produtos, inclusive dos materiais da construção civil e seus resíduos, e atendendo ao artigo Nono desta Lei, esta pesquisa permitiu observar a possibilidade de atender a PNRS de acordo com a priorização de gestão por ela estabelecida e por meio de estudos complementares é possível:

- ✓ reduzir os materiais e matérias-primas consumidas na construção civil por meio da adoção de processos construtivos de menor impacto;
- ✓ reciclar os resíduos sólidos produzidos nas fases de geração dos materiais da construção civil, manutenção de edifícios e desconstrução e destinação final após consumo;
- ✓ reciclar os RCD por meio de segregação, tratamento, reprocessamento, separação e destinação final a um novo ciclo econômico produtivo, como por exemplo uso dos ARC e ARM na pavimentação das estradas;
- ✓ destinar o menor volume de RCD à aterros sanitários licenciados por órgãos públicos, após ter cumprido todas as possibilidades anteriores, a exemplo das políticas e ações desenvolvidas na Alemanha; e,
- ✓ por meio de outros estudos – confirmar o potencial de energia embutida dos resíduos da construção e demolição, através de sistemas termoelétricos de incineração para cogeração energética ou como material comburente e constituintes em indústrias cimenteiras e para outros fins energéticos.

Com base nos princípios, diretrizes, objetivos, metas e instrumentos definidos pelos diversos artigos da Lei 12.305/2010 que institui a Política Nacional dos Resíduos, algumas possibilidades puderam ser melhor estudadas:

- ✓ construção de alianças entre os diversos entes da geração e do gerenciamento da cadeia produtiva da construção civil e dos resíduos sólidos da construção e demolição;
- ✓ elaboração de instrumentos políticos e financeiros para incentivar investimentos privados e públicos em novas tecnologias, novas unidades de tratamento e processamento dos RCD;
- ✓ definição de cargas tributárias e impostos reduzidos para a cadeia de produtiva de resíduos, a exemplo da isenção de IPI para montadoras e exportadoras;
- ✓ criação de incentivos prediais e territoriais para implantação de usinas de tratamento, separação, reciclagem, reuso, recuperação energética e produção de novos produtos gerados a partir dos RCD, como por exemplo os ARC e ARM, a exemplo do ICMS ecológico;
- ✓ elaboração de políticas públicas para o desenvolvimento de novos sistemas construtivos de baixo impacto, baixo consumo e alta eficiência ambiental, com menor geração de resíduos, redução de embalagens;
- ✓ estabelecimento de acordos setoriais e públicos para o desenvolvimento de sistemas operacionais de gestão integrada das obras, interligando todos os agentes do gerenciamento e separação dos RCD no interior ou exterior da obra, a exemplo do programa de governo de Jundiaí, SP;
- ✓ promoção de ações de reciclagem na própria obra por meio da seleção de materiais, identificação de reuso direto, reprocessamento ou recuperação energética, tratamento e processamento para transformação em novos materiais para uso na própria cadeia produtiva da construção civil ou em obras públicas e sociais, como sub-base, base, contra piso, calçadas, drenagem, fabricação de artefatos etc.,
- ✓ desenvolvimento de ações de incentivo e premiação para melhorar e intensificar a participação de toda a sociedade, Stakeholders e dos próprios entes envolvidos na produção, transporte, manuseio e descarte final dos

produtos e seus resíduos, por meio de programas educacionais, conforme estabelece a PNRS;

- ✓ realização de atividades técnicas, visitas profissionais, estudantis e de todos os atores sociais a exemplos benchmarking em inovação tecnológica e de gestão que estão reduzindo a pegada ecológica da cadeia produtiva da construção civil, bem como de outros setores;
- ✓ implementação de disciplinas educacionais em todos os níveis de ensino humano, técnico e científico para a capacitação e formação de cidadãos e profissionais com maior habilidade na gestão dos RCD.

4.2 ÁREAS EXPERIMENTAIS

Para a apresentação dos resultados foi estabelecida uma estrutura organizada de acordo as variáveis do experimento:

- a) Áreas de localização do experimento (área 1 e 2);
- b) Tecnologia para produção do material de pavimentação (usina móvel e usina fixa);
- c) Materiais para pavimentação de estradas rurais e vicinais (basáltico, ARC e ARM).

A seguir serão apresentados os resultados gerais das áreas 1 e 2, e após serão apresentados os resultados específicos para cada

As atividades de engenharia e arquitetura de modais de estradas vicinais ou rurais foram estabelecidas por diferentes atividades a fim de assegurar a qualidade do leito de rodagem do modal. Por esta razão foram observadas as seguintes características: ângulo de abaulamento do modal para evitar o acúmulo de água sobre o leito de rodagem do modal; design do modal para evitar o cruzamento de águas pluviais superficiais; construção de valas para o escoamento livre das águas pluviais, e redução da declividade do modal.

Para assegurar estas características estruturais foram realizadas as seguintes operações: diagnóstico situacional; análise rápida do solo; escarificação; deposição do material sobre o leito do modal; distribuição do material para recapeamento e pavimentação do modal; abaulamento da estrada com o material de

cobertura com formação de valas para escoamento das águas pluviais; compactação do material de cobertura.

As operações de pavimentação dos modais rurais e vicinais foram baseadas em etapas, a seguir apresentadas na Figura 17.

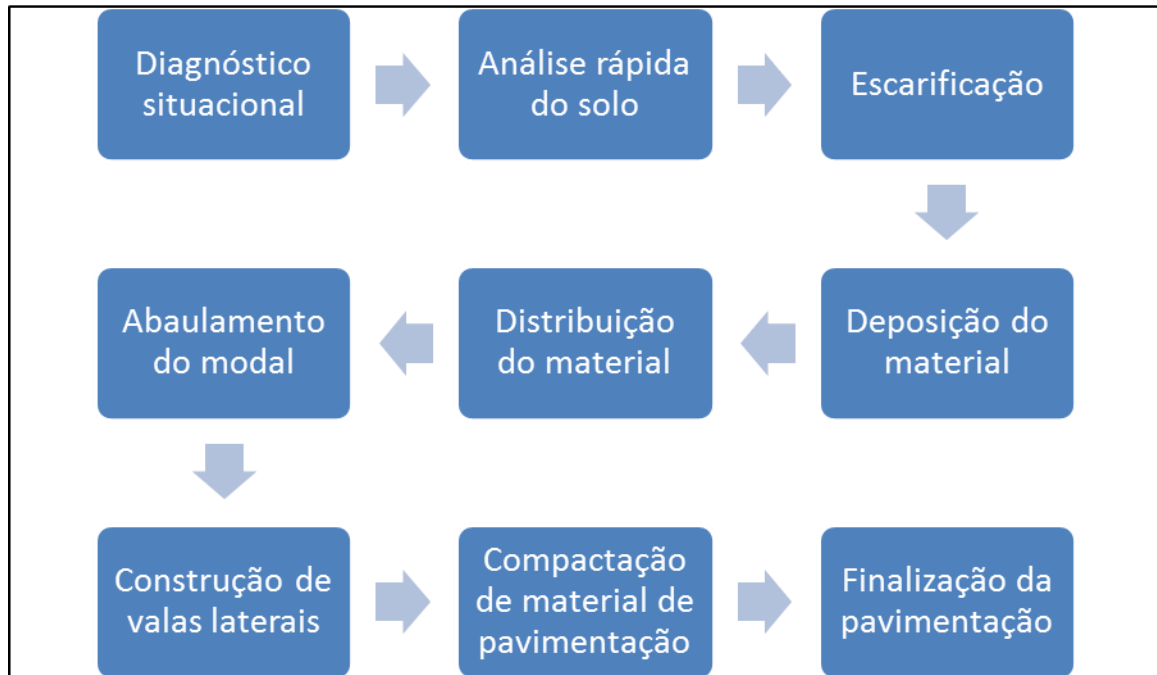


Figura 17. Fluxograma de operações para a pavimentação dos leitos de rodagem dos modais de estradas vicinais e rurais.

Fonte: O autor, 2015.

Para melhor compreender as atividades de pavimentação dos leitos de rodagem dos modais de estradas rurais e vicinais, será apresentada uma definição rápida de cada uma de suas etapas de operação:

- ✓ *Diagnóstico situacional*, levantamento das medidas do modal, identificação dos problemas existentes, análise da engenharia e arquitetura do modal, condições de operação e seleção de tecnologia local, material de cobertura, e sistema construtivo a ser empregado;
- ✓ *análise rápida do solo*, para esta pesquisa foi considerada a análise rápida do solo, com base nas informações existentes de classificação do solo e determinação das principais características que permitiram a obtenção do tipo de solo, estrutura do terreno do modal e características edafológicas especiais que devem ser consideradas para as decisões gerenciais e

operacionais, uma vez que não esta análise não limitaria a realização do experimento na área selecionada;

- ✓ *escarificação*, revolvimento das camadas superficiais, que dependendo da tecnologia disponível pode atingir profundidades das camadas do solo de até 20cm, sendo 10cm, a profundidade ideal para uma pavimentação em estradas rurais para evitar a grandes movimentações da base já estabilizada e em termos genéricos, entretanto variará em função do relevo, solo, material a ser utilizado e intensidade e peso do tráfego;
- ✓ *deposição do material*, consiste na colocação do material a ser utilizado para a pavimentação, na forma de pilhas entre 1 e 1,5m de altura ao longo ou às margens laterais dos modais das estradas;
- ✓ *distribuição do material*, consiste na dispersão do material para a pavimentação a fim de formar a base ou o revestimento final do modal da estrada;
- ✓ *abaulamento*, a limitação técnica desta atividade depende do somatório das variáveis identificadas como relevantes na etapa do diagnóstico situacional, em termos gerais emprega-se 2% como ângulo de desnível do centro às laterais do modal;
- ✓ *construção de valas*, esta operação é muito importante, pois assegurará a saída rápida das águas pluviais do leito do modal;
- ✓ *compactação*, esta atividade é fundamental, pois serve para aglutinar e incorporar o material de recapeamento ao material edáfico existente natural no modal da estrada a ser tratado;
- ✓ *finalização*, após todas as atividades terem sido finalizadas, é necessário realizar vistorias para encontrar pontos que precisam ser refeitos ou que requerem maior atenção dos responsáveis pela obra.

A seguir serão apresentados os registros fotográficos das diversas etapas consideradas e aplicadas na realização desta pesquisa.

4.2.1 Resultados da área 1 do experimento de pesquisa

Conjunto de fotografias 13. Material oriundo de resíduos da construção e demolição (RCD) coletados na cidade de Jaguariaíva, PR. Detalhes das características do processo e material. Da esquerda para a direita: sua disposição no pátio da empresa gestora de resíduos; dimensão inicial do RCD de concreto armado; material disposto em caçamba para transporte até a Usina móvel; exemplo de material sendo processado na usina móvel.



Conjunto de fotografias 13. Material de resíduos da construção e demolição (ADC). Deposição no pátio da empresa de demolição em Jaguariaíva, PR.; dimensão do RCD; RCD acomodado em caçamba para transporte até a usina móvel; usina móvel em operação de britagem para produção de RCD.

Fonte: Jean Maliski, 2015.

Conjunto de fotografias 14. Usina de reciclagem de resíduos sólidos da construção e demolição para produção de Agregado de Resíduo de Concreto (ARC) pertencente a empresa prestadora de serviços de construção de estradas, produção de materiais sólidos e terraplenagem XIV Voltas Terraplenagem, contratada pela Empresa Florestal Vale do Corisco, em Arapoti, PR.



Conjunto de fotografias 14. Usina móvel para o processamento de agregado de resíduos de concreto (ARC). Deposição no pátio da empresa prestadora de serviços de terraplenagem XIV Voltas em pilhas; comparativo dimensional da partícula do ARC com objeto capacete.

Fonte: Jean Mileski, 2015.

Conjunto de fotografias 15. Detalhes das características do solo, condições de sombreamento, engenharia e padrão do leito de rodagem do modal das estradas rurais da Área 1 do experimento desta pesquisa, situada na Fazenda Noruega I, da Empresa Florestal Vale do Corisco em Arapoti, PR.



Conjunto de fotografias 15. Características do leito de rodagem do modal da estrada rural na Área 1 do experimento desta pesquisa. Detalhes de solo, engenharia e arquitetura da estrada, padrões de construção, largura, e sombreamento.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 16. Modal da estrada rural na Fazenda Noruega I, no ponto de aplicação do ARC, com detalhes das erosões laminares, superficial e profunda no leito de tráfego do modal de estrada rural da Fazenda Noruega I da Empresa Florestal Vale do Corisco, Arapoti, PR.



Conjunto de fotografias 16. Características do leito de rodagem do modal da estrada rural na Área 1 do experimento desta pesquisa. Detalhes de solo com pontos de erosão do tipo laminar, superficial, profunda e formação de veio de compactação por máquinas e veículos.

Fonte: O autor, 2015

Conjunto de fotografias 17. Detalhes da escarificação do leito de rodagem do modal da estrada rural, para descompactação do solo. Esta operação permite a descompactação do solo em sua camada superficial, neste exemplo de 0 – 10 cm, para que o material ARC a ser empregado na pavimentação da estrada possa ter melhor incorporação ao solo e também melhorar a trabalhabilidade do mesmo.



Conjunto de fotografias 17. Escarificação do leito de rodagem do modal da estrada rural na Área 1 do experimento desta pesquisa. Detalhes do processo de descompactação da camada superficial do solo, realizado por uma máquina moto niveladora. Profundidade de escarificação aproximada de 10cm.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 18. Fases do sistema construtivo da pavimentação do modal da estrada vicinal na Fazenda Noruega I, da Empresa Florestal Vale do Corisco, com aplicação do ARC. A primeira fotografia mostra o momento em que é realizada a escarificação (revolvimento da camada compactada do leito de rodagem

do modal); deposição do ARC sobre o leito do modal; pilhas de ARC distribuindo ao longo do modal da estrada que receberia o experimento; distribuição do ARC.



Conjunto de fotografias 18. Sistema construtivo da escarificação à distribuição do material antes da compactação.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 19. Após escarificação, caminhão caçamba basculante fazendo deposição dos ARC sobre o leito de rodagem do modal da estrada rural na Área 1 do experimento desta pesquisa.



Conjunto de fotografias 19. Deposição de material ARC para pavimentação do leito de rodagem do modal da estrada rural da Área 1 do experimento desta pesquisa. Detalhes da formação de pilhas de aproximadamente 1 a 1,5m de altura, para posterior distribuição.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 20. Detalhe dimensional do ARC em pilha e na camada de cobertura da pavimentação do leito de rodagem do modal de estradas rurais na Área 1 da Fazenda Noruega I da Empresa Florestal Vale do Corisco, em Arapoti, PR.



Conjunto de fotografias 20. Características dimensionais do agregado de resíduos do concreto (ARC), após britagem em Usina Móvel e espessura da camada de material utilizado para pavimentar o modal da estrada rural e vicinal da Área 1 do experimento desta pesquisa. Comparação métrica e visual ao objeto lapiseira de 15cm de comprimento.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 21. Distribuição do material ARC sobre o leito de rodagem do modal da estrada rural da Fazenda Noruega I, em Arapoti PR. No detalhe da fotografia central pode-se observar a operação linear e contínua de deposição do ARC no leito da estrada pelo caminhão caçamba basculante e em seguida a máquina moto niveladora em operação para distribuição do material ao longo do modal.

Esta máquina tem como característica principal a mobilidade de sua lâmina que permite a distribuição do material de acordo com os objetivos propostos, neste caso assegurar a maior concentração do material na parte central do leito da estrada para garantir o ângulo de abaulamento da estrada. Ao realizar a atividade de distribuição do ARC, ocorre a mistura e incorporação do mesmo ao solo para a sua melhor acomodação no leito de rodagem do modal.



Conjunto de fotografias 21. Distribuição do material ARC sobre o leito de rodagem do modal da estrada rural da Área 1 do experimento desta pesquisa. Detalhes da concentração do material na região central do leito do modal para garantir a angulação do abaulamento necessário de aproximadamente 2%.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 22. Sistema de compactação do material ARC para garantir a homogeneização do material e solidez do leito de rodagem do modal da estrada rural da Área 1. Podem-se observar os diferentes níveis de compactação do material ARC, sem devida ordem. Sistema realizado por máquina rolo compactador.



Conjunto de fotografias 22. Compactação do material ARC sobre o leito de rodagem do modal da estrada rural da Área 1 do experimento desta pesquisa. Detalhes da formação da camada de cobertura do leito do modal (espessura aproximada de 6 a 10cm) com mistura, aglutinação e acomodação do ARC ao solo escarificado.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 23. Detalhes do resultado final da operação de pavimentação do leito de rodagem do modal da estrada rural na Área 1 do experimento desta pesquisa. Detalhes do padrão de compactação, abaulamento do leito de rodagem do modal, formação de vala para escoamento superficial de águas pluviais, e desagregação do ARC para sua melhor mistura, aglutinação, incorporação com o solo escarificado. Também é possível observar a fratura do material como resultado da compactação, o que pode diminuir o potencial de resistência da pavimentação, ou melhorar a aderência e unidade ao leito de rodagem do modal da estrada rural, entretanto, estes resultados somente poderão ser confirmados com o monitoramento mínimo de 1 ano, para se verificar o comportamento do material sob diferentes condições climáticas e intensidade de tráfegos.



Conjunto de fotografias 23. Resultado final da pavimentação do modal da Área 1 do experimento desta pesquisa, assegurando a angulação (abaulamento do leito de rodagem), formação de vala lateral para escoamento de águas pluviais superficiais, aglutinação do material ARC ao solo escarificado.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 24. Detalhe do material basáltico existente na região de Arapoti e convencionalmente utilizado para construção e pavimentação de estradas rurais e vicinais na Empresa Florestal Vale do Corisco. Detalhes das dimensões das partículas utilizadas na pavimentação das estradas.



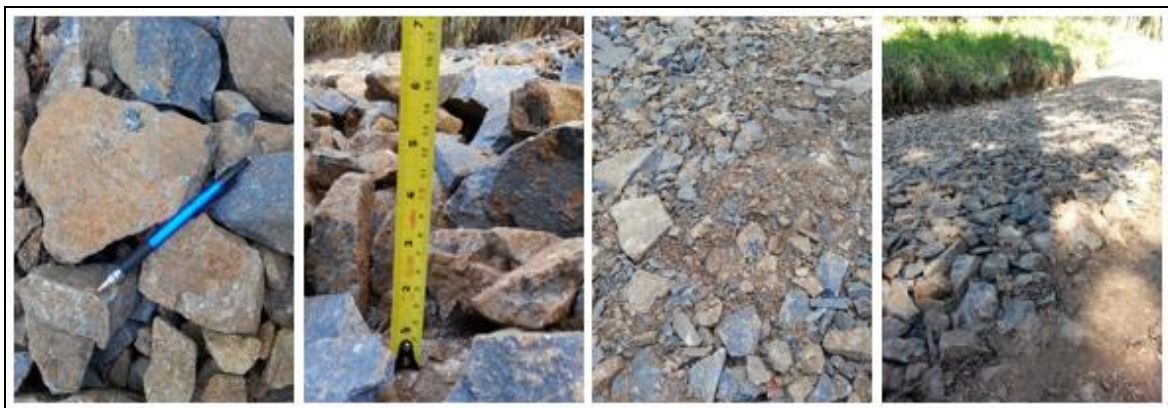
Conjunto de fotografias 24. Compactação do material ARC sobre o leito de rodagem do modal da estrada rural da Área 1 do experimento desta pesquisa. Detalhes da formação da camada de cobertura do leito do modal (espessura aproximada de 6 a 10cm) com mistura, aglutinação e incorporação e acomodação do ARC ao solo escarificado.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 25. Detalhes do material basáltico convencionalmente utilizado para a pavimentação de estradas rurais e vicinais na região de Arapoti, PR. Pode-se observar o tamanho das partículas de basalto e a

espessura de 6 a 10cm da camada de pavimentação do leito do modal da estrada rural da Área 1 do experimento desta pesquisa.

Detalhes do sistema de acabamento, após compactação, com baixa mistura, aglutinação e incorporação do material basáltico utilizado. Observa-se que o basalto por ser um material de maior resistência não cede a compactação da mesma forma que o ARC, também menor índice de fragmentação, mantendo-se menos incorporado ao solo, o que pode determinar maior instabilidade para a sua permanência no leito de rodagem do modal da estrada rural, e talvez propiciar condições de rodagem veicular mais favoráveis a deslizos, que somente poderão ser confirmados com o monitoramento mínimo por um ano.



Conjunto de fotografias 25. Detalhes do material basáltico: dimensão das partículas, espessura da camada de pavimentação, mistura, aglutinação e incorporação do material na pavimentação do modal após compactação da Área 1 do experimento desta pesquisa.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 26. Detalhes da deposição do material ARC após britagem a ser utilizado na pavimentação do leito de rodagem do modal de estradas rurais e vicinais. Dimensão comparativa a um capacete protetivo. Identificação de contaminantes ferrosos no concreto armado. Redução da dimensão do ARC de 10 a 15cm para 4 a 6cm, após britagem na Usina Móvel.



Conjunto de fotografias 26. Detalhe da pilha de deposição do ARC após britagem, para ser encaminhado a Área 1 do experimento, detalhe dimensional e presença de ferros da estrutura do material original dos RCD (concreto armado). Dimensão das partículas de ARC após britagem na Usina Móvel.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 27. Nas fotografias dos próximos três conjuntos de imagens 27a, 27b e 27c, podem ser observados os diferentes materiais contaminantes presentes na material ARC e que podem apresentar danos operacionais, gerenciais, financeiros, além de contaminações ambientais e problemas sociais e econômicos aos usuários dos modais rurais e vicinais com uso deste material para a pavimentação dos modais. Este problema poderá ser resolvido por processos tecnológicos de classificação em esteiras vibratórias, imãs, ou fluxo de ar para retirada de materiais contaminantes dos ARC e ou ainda por sistemas gerenciais que empregam mão de obra para seleção e separação de materiais e diferentes tipos de resíduos contaminantes, destinando-os a reciclagem, uma vez que são materiais inertes em sua maioria e com alto potencial para reciclagem.



Conjunto de fotografias 27a. Material contaminante no agregado de resíduos do concreto. Ferros constituintes do concreto armado, plástico e borracha.

Fonte: O autor, 2015.



Conjunto de fotografias 27b. Material contaminante no agregado de resíduos do concreto. Ferros constituintes do concreto armado e plásticos.

Fonte: O autor, 2015.



Conjunto de fotografias 27c. Material contaminante no agregado de resíduos do concreto. Ferros constituintes do concreto armado e plásticos. Comparativo ao objeto lapiseira de 15cm de comprimento.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 28. Imagens comparativas entre as partículas resultantes da britagem na Usina Móvel dos materiais basáltico e agregado de resíduo do concreto. Observa-se que as características dimensionais dos materiais utilizados na pavimentação de estradas rurais, convencional (partícula de basalto) e experimental (ARC) são semelhantes, utilizando-se uma lapiseira de 15cm de comprimento como objeto de comparação, que permite observar padrões semelhantes de heterogeneidade da fragmentação das partículas de ambos os materiais.



Conjunto de fotografias 28. Comparação dimensional entre os materiais basálticos e ARC.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 29. Imagens comparativas entre as partículas resultantes da britagem na Usina Móvel dos materiais basáltico e agregado de resíduo do concreto. Observa-se que as características dimensionais são semelhantes, utilizando-se uma capacete aproximadamente 30 cm de comprimento x 20cm de largura como objeto de comparação.



Conjunto de fotografias 29. Comparação dimensional entre os materiais basálticos e ARC.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 30. Comparação dos resultados finais de pavimentação com material basáltico e ARC empregadas na pavimentação dos modais rurais da Área 1 do experimento desta pesquisa, localizado na Fazenda Noruega I, da Empresa Florestal Vale do Corisco, em Arapoti, PR.



Conjunto de fotografias 30. Observação do resultado final da pavimentação do modal de estradas rurais na Área 1 do experimento desta pesquisa, com os diferentes materiais de pavimentação: partículas de basalto (convencional) – foto da esquerda e agregado de resíduos de concreto (ARC) empregado neste experimento – foto da direita.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de imagens 31. Revisão das fases da pavimentação da Área 1 do experimento desta pesquisa, desde sua estrutura inicial sem pavimentação até a pavimentação concluída com material ARC. Demonstração de todo o sistema de pavimentação de um modal de estrada vicinal na Fazenda Noruega I, da Empresa Florestal Vale do Corisco.

Primeira fotografia da esquerda demonstra o estágio de conservação do leito do modal, onde se pode observar a compactação de solo superficial; após é realizada a escarificação, em seguida a distribuição do ARC para posterior compactação do material ARC para pavimentação do modal vicinal; o sistema também faz aplicação e abaulamento do leito de rodagem do modal da estrada, para escoamento superficial de águas pluviais, e também construção das valas laterais para escoamento da produção e rodagem de manutenção das florestas, resultado final da pavimentação no sistema construtivo da pavimentação do modal da estrada estudada com uso de agregada de resíduos do concreto (ARC).

É possível observar a trabalhabilidade do material ARC utilizado na pavimentação das estradas vicinais.



Conjunto de fotografias 31. Fases de pavimentação de um modal de estrada rural da Área 1 do experimento desta pesquisa. Na ordem do canto superior esquerdo ao canto inferior direito: características do solo e padrão do modal sem pavimentação; distribuição do material ARC; características da aglutinação do material ARC ao solo; compactação do material ARC; vala para escoamento das águas pluviais superficiais; configuração final do leito de rodagem do modal da estrada rural na Área 1 do experimento desta pesquisa.

Fonte: O autor, 2015.

O leito de rodagem dos modais da área 1 de experimento desta pesquisa apresentou as seguintes características:

- ✓ Largura do modal da estrada, $L_m = 6,0\text{m}$;
- ✓ largura do leito de rodagem do modal da estrada, $L_r = 4,0\text{m}$;
- ✓ comprimento do modal, $C = 70,0\text{m}$;
- ✓ volume total de material aplicado, $V = 48\text{m}^3$;
- ✓ área total de aplicação, $A = C * L_r = 70 * 4 = 280\text{m}^2$;
- ✓ espessura média da cobertura confeccionada com o material aplicado, $E = V / A = 48 / 280 = 0,171\text{m}$.
- ✓ área total de aplicação – $L * C * E = 4 * 70 * 0,17 = 47,88\text{m}^3$.

Como resultados entre o sistema construtivo convencional e o sistema alternativo com material oriundo de RCD podem ser observados as seguintes condições:

- ✓ o material ARC oferece melhor incorporação e acomodação plástica no leito de rodagem do modal da Área 1 do experimento desta pesquisa;

- ✓ as espessuras das camadas resultam semelhantes;
- ✓ as granulometrias (dimensões das partículas) são semelhantes, apresentando o mesmo padrão de dispersão, uma vez que o britador móvel foi o mesmo utilizado para a produção de ambos os materiais;
- ✓ a capacidade de acomodação e trabalhabilidade do ARC apresenta-se mais positiva e favorável a pavimentação, entretanto é necessário o monitoramento do experimento para confirmar seu comportamento e resistência ao tráfego de máquinas pesadas e outros veículos e equipamentos;
- ✓ o ARC apresentou índice de contaminantes, como: plástico, borracha, tecidos e ferros, estes oriundos principalmente da estrutura do concreto armado, porém como o sistema de britagem deste material foi realizado pela primeira vez pela empresa prestadora de serviços de construção de estradas, produção de material e terraplenagem XIV Voltas, o material ARC resultante não teve um tratamento adequado que permitisse a eliminação por catação manual dos ferros encontrados na amostra do material ARC utilizado;
- ✓ o material ARC mostrou-se viável para uso na pavimentação de modais de estradas rurais, porém é necessário maior tratamento, seleção e cuidados para evitar a sua contaminação por plásticos, metais, ferros, borrachas, tecidos e outros contaminantes, a fim de melhorar a qualidade final do ARC, evitar problemas de contaminação ambiental, evitar danos materiais (pneus furados e outros acidentes), evitar problemas operacionais, gerenciais e financeiros por danos aos sistemas de engenharia de máquinas e veículos;
- ✓ conforme informação do proprietário da usina móvel, a empresa produtora do britador é brasileira e esta desenvolvendo tecnologias para melhorar a classificação do material resultante da britagem, para garantir a melhor homogeneidade do ARC ou qualquer outro material britado, e também promover um sistema de eliminação dos contaminantes por imãs, ar, e ou peneiramento;
- ✓ apesar do resultado positivo para este momento da pesquisa, para melhor qualificações dos resultados desta pesquisa, são necessários testes laboratoriais para comparação qualitativa e quantitativa dos diferentes materiais para uso na pavimentação dos modais rurais, e também acompanhar por maior período de tempo a área 1 do experimento desta pesquisa para levantar outros dados, informações e resultados que visem

confirmar ou apresentar melhorias para o uso dos ARC na pavimentação de estradas rurais e vicinais.

Como resultados entre os materiais utilizados podem ser estabelecido o seguinte Quadro 1 comparativo dos diferentes materiais para pavimentação de estradas rurais:

Quadro 1. Análise comparativa entre os sistemas construtivos Basalto x ARC

Ponto de análise	Sistema Basalto	Sistema ARC
Sistema produtivo do material particulado	Extrativo de alto impacto ambiental	Disponível para consumo, sem demandar novos recursos naturais
Granulometria	5 a 15cm - heterogênea	5 a 15cm - heterogênea
Pureza	Sim	Não
Trabalhabilidade	Menos plástica	Mais plástica
Custos do material (não inclui transporte e aplicação)	Elevado Cerca de R\$35,00.m ⁻³	Sendo residual, mais barato, quando de fácil acesso. Para o experimento cerca de R\$20,00.m ⁻³
Custos de mão de obra	Não apresentado	Não apresentado
Tipo de usina	Móvel	Móvel
Durabilidade	Alta	A comprovar
Manuseio	Médio a baixo	Alto
Plasticidade	Média a baixa	Alta
Contaminantes	Inexistente	Presentes quando não tratados e separados adequadamente
Manuseio	Exige maior numero de horas e tem maior desgaste dos equipamentos	Menor número de horas e consome menor volume de insumos e apresenta menor desgaste das máquinas
Resistencia	Alta	A comprovar
Facilidade de Obtenção	Exige processos burocráticos legais, licenças ambientais para obtenção e exploração de jazidas do minério a ser utilizado, e esta sendo mais difícil encontrar fonte de boa qualidade Baseado no artigo 225 da Constituição	De fácil obtenção, desde que haja ações poder publico, e participação do setor. Exige licenças mas normalmente são mais fáceis pois apresenta o amparo da Lei 12.305/2010 que facilita a instalação e operação.

	Federal do Brasil, de 1988. Na resolução do CONAMA 307/2002	
Característica de acabamento do leito de rodagem	Menos compacta	Mais compacta
Ganhos ambientais	Reduz a erosão e escoamento superficial de partículas sólidas do solo	Reduz a erosão e escoamento superficial de partículas sólidas do solo, reduz a pressão sobre áreas de disposição final dos RCD, contribuir para evitar a disposição ilegal dos RCD nos "bota fora". Reduz a degradação ambiental devido a exploração de jazidas de minério; reduz as emissões de GEE devido a redução de horas máquinas para exploração e transformação de materiais naturais.
Tipo de tecnologia empregada para a produção	Simple e robusta de baixa complexidade tecnológica	Simple e robusta de baixa complexidade tecnológica
Legislação	Constituição Federal da Republica do Brasil de 1988 Resolução CONAMA 307/2002 Código Florestal ABNT NBR outras	Constituição Federal da Republica do Brasil de 1988 Resolução CONAMA 307/2002 Código Florestal ABNT NBR outras

Fonte: O autor, 2015.

4.2.2 Resultados da área 2 do experimento de pesquisa

Para a condução do experimento desta pesquisa na área 2 foram selecionados dois pontos amostrais, sendo o primeiro definido como ponto 1 e o segundo definido como ponto 2.

Foram empregadas as técnicas construtivas que atendem aos princípios da Lei 12.305/2010 e demais leis, decretos e documentos legais e técnicos setoriais, além dos princípios da construção sustentável, buscando a eficiência de atendimento aos aspectos sociais, ambientais e econômicos.

Conjunto de fotografias 32. Vista geral de diferentes modais das estradas vicinais internas da Área 2 do experimento desta pesquisa. Detalhes dos condições de traçado e rodagem dos modais das estradas.



Conjunto de fotografias 32. Modais das estradas internas da Área 2 do experimento desta pesquisa, em São José dos Pinhais, PR. Detalhes de engenharia, arquitetura, elementos constituintes dos modais, e material utilizado para pavimentação dos leitos de rodagem dos modais vicinais.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 33. Mapa informativo da localização dos lotes residenciais individuais e desenho dos modais das estradas vicinais da Área 2 do experimento desta pesquisa e localização dos pontos 1 (lote 13) e ponto 2 (lote 55) para aplicação da pesquisa.



Conjunto de fotografias 33. Mapas com os modais vicinais da Área 2 do experimento desta pesquisa, e a localização dos pontos 1 e 2.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 34. Características dos diferentes padrões de pavimentação e estruturas de engenharia e arquitetura dos modais de estradas vicinais da Área 2 do experimento desta pesquisa. Pode-se observar os pontos de erosão laminar e superficial em diferentes pontos dos leitos de rodagem dos modais

das estradas vicinais da Área 2 do experimento desta pesquisa, com diferentes materiais de pavimentação; acúmulo de material particulado de solo devido ao transporte via escoamento pluvial; pontos de acúmulo de água no leito de rodagem do modal, e características dos materiais e tipos de pavimentação utilizados na área experimental 2.



Conjunto de fotografias 34. Modais das estradas internas da Área 2 do experimento desta pesquisa, em São José dos Pinhais, PR. Detalhes de engenharia, arquitetura, elementos constituintes dos modais, e material utilizado para pavimentação dos leitos de rodagem dos modais vicinais, acúmulos de material transportado pelas chuvas, pontos de erosão laminar e superficial.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 35. Situação do leito de rodagem dos modais vicinais da área 2, engenharia e arquitetura do leito do modal erosão laminar, com acúmulo de água pluvial o que ocasiona erosão profunda e perda de material particulado com conseqüente transporte para leitos de rios ou fontes de recursos hídricos e sua contaminação ambiental. Também se pode observar a retirada de material de infraestrutura da estrada – meia manilhas de concreto utilizadas para engenharia de valas laterais nos modais das estradas vicinais da Área 2.



Conjunto de fotografias 35. Modais das estradas internas da Área 2 do experimento desta pesquisa, em São José dos Pinhais, PR. Detalhes de engenharia, arquitetura, elementos constituintes dos modais, e material utilizado para pavimentação dos leitos de rodagem dos modais vicinais, pontos de erosão laminar e superficial devido ao acúmulo de águas pluviais.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 36. Operação de escarificação do leito de rodagem do modal das estradas vicinais da Área 2. É possível observar a presença de água pluvial acumulada e tonalidades negras do solo escarificado, indicando solo argiloso com carga orgânica. Também se pode observar que para este ponto a escarificação foi pontual, outra técnica de construção a fim de otimizar recursos e minimizar os impactos oriundos da operação.



Conjunto de fotografias 36. Operação de escarificação otimizada nos pontos do modal com necessidade a fim de minimizar custos, e também evitar maiores impactos ambientais pelo revolvimento de grande quantidade de solo devido a chuvas ocorridas na véspera da aplicação do experimento.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 37. É possível observar os problemas causados por erros de engenharia e arquitetura no momento de construção e manutenção dos modais das estradas da Área 2, que favorecem a ocorrência de erosão laminar nas laterais do leito da estradas; o cruzamento das águas pluviais devido ao traçado e ausência de abaulamento do leito de rodagem dos modais da Área 2, permitindo o transporte de material de cobertura e pavimentação das estradas vicinais.

Também é possível observar que os elementos constituintes das estradas como, por exemplo, as valas nas laterais para escoamento das águas pluviais, muitas vezes, quando mal empregadas servem de obstáculo ao escoamento natural da água e favorecem a formação de erosão laminar, ou acúmulo de água que poderá infiltrar no leito de rodagem do modal e contribuir negativamente para a resistência e manutenção das boas condições de tráfego e menor impacto ambiental deste elemento da construção civil que compõe os ambientais de mobilidade.



Conjunto de fotografias 37. Pontos de erosão laminar; cruzamento de águas pluviais e acumulo de água pluvial nas laterais do leito de rodagem dos modais de estradas da Área 2 do experimento desta pesquisa.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 38. Deposição de material agregado de resíduos mistos (ARM) do tipo brita 2 a ser utilizado para formação da base de pavimentação do leito de rodagem do modal no ponto 2 da Área 2. Na continuidade das operações foi realizada a distribuição homogênea do ARM para a pavimentação do modal. Para a realização desta atividade foram utilizadas um caminhão tipo caçamba basculante, um trator de pneus com pá e garfo e um rolo compressor para compactação do material sobre o leito do modal das estradas da Área 2.



Conjunto de fotografias 38. Pilhas de material agregado de resíduos mistos (ARM) tipo brita 1 depositado no leito da estrada para ser incorporado ao solo escarificado e formação da base de pavimentação do ponto 2 da Área 2 do experimento desta pesquisa. E operação de distribuição do material.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 39. Sistema de distribuição do material ARM no leito de rodagem do modal do ponto 2 da Área 2 do experimento desta pesquisa.

Observa-se a gramatura e homogeneidade do material ARM tipo brita 1 produzido pela usina fixa. Após a atividade de distribuição foi realizada a compactação do material ARM para a pavimentação do ponto 2 da Área 2.



Conjunto de fotografias 39. Sistema de distribuição e compactação do material ARM para pavimentação do leito de rodagem do modal das estradas vicinais no ponto 2 da Área 2 do experimento desta pesquisa.

Fonte: O autor, 2015

Conjunto de Fotografias 40. Apresentando o aspecto final do leito do modal da estrada rural no ponto 2 da área 2, com aplicação do material ARM tipo brita 1, onde observa-se a homogeneidade da pavimentação e o abaulamento do leito de rodagem do modal.



Conjunto de fotografias 40. Aspecto final com material ARM tipo brita 1 utilizado na confecção da base do leito do modal da estrada no ponto 2 da Área 2.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 41. Granulometria do material ARM tipo brita 1 aplicado sobre o leito de rodagem do modal no ponto 2 da Área 2 do experimento desta pesquisa. Pode-se comparar a homogeneidade e dimensão do ARM ao objeto

lapiseira. Também é possível observar a homogeneidade na aplicação, distribuição e acomodação do material ARM utilizado para este ponto 2 da Área 2.



Conjunto de fotografias 41. Detalhe da granulometria do ARM do tipo brita 1, aplicado no leito de rodagem do modal no ponto 2 da Área 2 do experimento desta pesquisa.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 42. Material ARM tipo pedrisco aplicado sobre o material ARM tipo brita 1 para dar melhor acabamento ao leito de rodagem do modal no ponto 2 da Área 2 do experimento desta pesquisa. É possível observar a capacidade de acomodação deste material e sua compactação.



Conjunto de fotografias 42. Características dimensionais do material ARM tipo pedrisco, já compactado. Detalhe do material ARM tipo pedrisco sendo distribuído sobre o material base ARM tipo brita 1, para melhor acabamento. Modal do ponto 2 da Área 2.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 43. Aspecto final da pavimentação do leito do modal da estrada vicinal no ponto 2 da Área 2, após aplicação do material ARM tipo brita 1 na base do leito de rodagem e em sequência aplicação do material ARM tipo

pedrisco para cobertura e acabamento final da pavimentação neste ponto. Detalhe da capacidade de compactação do ARM tipo pedrisco, após compactação com rolo compactador, demonstrando sua capacidade de acomodação e conformação ao ângulo de curvatura do leito de rodagem (abaulamento) do modal do ponto 2 da Área 2 do experimento desta pesquisa.



Conjunto de fotografia 43. Granulometria e compactação do material ARM tipo pedrisco. Aspecto final da pavimentação do leito de rodagem do modal do ponto 2 da Área 2 do experimento desta pesquisa.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 44. Material contaminante do tipo plástico PVC encontrado no material ARM tipo pedrisco, porém com baixa frequência. Ponto de aplicação do material ARM tipo brita 1, sobre os pontos de acúmulo de água, fora dos pontos de experimento desta pesquisa. Este material foi aplicado para atender a uma solicitação do condomínio, sem fins de pesquisa, entretanto serviu de orientação e confirmação das operações realizadas na construção da estrada, pois a simples colocação do material ARM tipo brita 1 no buraco de acúmulo de água pluvial não resolve o problema e nem evita a formação de novos problemas.



Conjunto de fotografias 44. Material contaminante tipo plástico PVC encontrado no ARM tipo pedrisco, e ponto de acúmulo de água pluvial em algum modal das estradas vicinais do condomínio, fora dos pontos 1 e 2 de experimento para esta pesquisa.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 45. Aspectos de acabamento final das margens do leito de rodagem do modal dos pontos 1 e 2 do experimento desta pesquisa. Confeção de pequena vala para melhorar o escoamento das águas pluviais nas laterais dos leitos de rodagem dos modais de estradas vicinais.



Conjunto de fotografias 45. Detalhes de acabamentos manuais realizados nas laterais dos leitos de rodagem dos modais nos pontos 1 e 2 (com meio manilha de concreto como material de construção da vala para escoamento de águas pluviais) da Área 2 do experimento desta pesquisa.

Fonte: O autor, 2015.

Conjunto de fotografias 46. Detalhe da operação de pavimentação do ponto 1 da área 2, semelhante às operações realizadas no ponto 2, ou seja, diagnóstico; análise rápida do solo; escarificação; deposição; distribuição e compactação do material ARM tipo brita 1, observando correções de engenharia e arquitetura para atender ao ângulo de 2% para o abaulamento da estrada; correção do traçado da estrada para evitar o cruzamento de águas pluviais sobre o leito de rodagem do modal; confecção de vala nas laterais do modal para escoamento da água e evitar o transporte de material particulado ARM de cobertura do leito de rodagem do modal; e evitar acúmulo de água e erosão, tanto laminar quanto profunda.

Entretanto neste ponto não foi aplicado o material ARM tipo pedrisco sobre o material ARM tipo brita 1, assim será possível avaliar durante o período de monitoramento a qualidade do comportamento e resistência destes materiais para estes diferentes acabamentos. Observa-se a confecção manual de vala especial para escoamento de águas pluviais superficiais para evitar o seu acúmulo sobre o leito de rodagem do modal do ponto 1 da Área 2 do experimento desta pesquisa.



Conjunto de fotografias 46. Operações de pavimentação no ponto 1 da Área 2 do experimento desta pesquisa.

Fonte: O autor, 2015.

O leito de rodagem dos modais nos pontos 1 e 2 da área 2 de experimento desta pesquisa apresentaram as seguintes características:

Ponto 1

- ✓ Largura do modal da estrada, $L_m = 4,0m$;

- ✓ largura do leito de rodagem do modal da estrada, $L_r = 4,0\text{m}$;
- ✓ comprimento do modal, $C = 30,0\text{m}$;
- ✓ volume total de material aplicado, $V = 14\text{m}^3$;
- ✓ área total de aplicação, $A = C * L_r = 30 * 4 = 120\text{m}^2$;
- ✓ espessura média da cobertura confeccionada com o material aplicado, $E = V / A = 14 / 120 = 0,117\text{m}$.
- ✓ área total de aplicação – $L * C * E = 4 * 30 * 0,117 = 14,0\text{m}^3$.

Ponto 2

- ✓ Largura do modal da estrada, $L_m = 5,0\text{m}$;
- ✓ largura do leito de rodagem do modal da estrada, $L_r = 5,0\text{m}$;
- ✓ comprimento do modal, $C = 50,0\text{m}$;
- ✓ volume total de material aplicado, $V = 28 \text{ m}^3$;
- ✓ área total de aplicação, $A = C * L_r = 50 * 5 = 250\text{m}^2$;
- ✓ espessura média da cobertura confeccionada com o material aplicado, $E = V / A = 28 / 250 = 0,112\text{m}$.
- ✓ área total de aplicação – $L * C * E = 5 * 50 * 0,112 = 28,0\text{m}^3$.

Considerando os quatro materiais considerados: Basáltico, ARC, ARM tipo brita 1 e ARM tipo pedrisco aplicados nas duas áreas de experimento desta pesquisa e as duas tecnologias de produção do ARC e ARM (usina móvel e usina fixa) é possível definir os seguintes pontos de consideração sobre os resultados obtidos:

- ✓ como o objetivo desta pesquisa era verificar a possibilidade de reciclagem para uso operacional em pavimentação de estradas rurais e vicinais dos RCD para a produção de agregados de resíduos de concreto e mistos para a orientação à um modelo de economia circular, alguns aspectos de características do material, metodologia de aplicação, avaliação ambiental e qualidades do sistema não foram considerados neste momento, uma vez que o foco era identificar os limites e possibilidade que os resíduos sólidos da construção e demolição apresentam para atender a Lei 12.305/2010 que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, e fomenta ações políticas e empresariais para a consolidação de uma economia de fluxo de materiais;
- ✓ a usina móvel pode obter desempenho e produtividade tão eficiente pode ser tão viável técnica e economicamente quanto a fixa, desde que se observe as

qualidades dos materiais a serem processados e as características do empreendimento;

- ✓ a usina móvel é versátil permitindo seu transporte para atender obras de diversos tamanhos e em diferentes condições locais;
- ✓ a tecnologia de ambas as usinas é semelhante, o que varia são suas características individuais de porte, estrutura de operação e sistema de tratamento dos resíduos pré-processados e dos agregados pós produção, uma vez que um sistema móvel também pode acoplar esteiras e outras operações para melhorar a qualidade do agregado de resíduos de concreto e mistos resultantes do processo de britagem;
- ✓ os custos de aquisição, operação e manutenção das usinas móveis são menores, entretanto suas capacidades produtivas também são inferiores às das usinas fixas;
- ✓ as condições operacionais e a qualidade visual final da pavimentação utilizando os ARM tipo brita 1 e tipo pedrisco, não apresentaram diferenças;
- ✓ não houve necessidade de adicionar material químico aglutinante para a finalização da operação em nenhuma das duas áreas experimentais;
- ✓ os ARM também podem apresentar problemas de contaminantes de plástico, papel, metal e outros resíduos inertes;
- ✓ para as condições técnicas dos materiais agregados de resíduos mistos (ARM), foi utilizado material de laudo técnico dos ARM fornecido pela Empresa USIPAR, mas que não pode ser divulgado devido seu caráter de sigilo;
- ✓ os tratamentos em usinas móveis e fixas apontam possibilidades positivas para o desenvolvimento da logística reversa dos RCD e com maiores estudos das suas características operacionais e qualitativas, podem auxiliar na determinação da viabilidade técnica e econômica dos ARC e ARM para a construção de um modelo de economia de fluxo de materiais, ou também conhecida como economia circular, economia de baixo carbono e/ou economia verde.

4.3 GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Por meio das ações e processos de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos definidos na PNRS ou no caso desta pesquisa, reciclagem e gestão integrada dos resíduos da construção e demolição, é possível desenvolver um modelo de economia circular com ganhos socioambientais comprovados para toda a cadeia produtiva da construção civil.

Em relação a gestão dos RCD para produção de agregados de resíduos agregando valor a cadeia produtiva dos resíduos da construção e demolição, foi possível observar que:

- ✓ apesar dos esforços empregados por parte dos geradores dos resíduos, seja do setor empresarial ou cidadãos, as condições econômicas atuais tornaram-se um grande empecilho a implantação das metas da PNRS para a responsabilidade compartilhada de todos os entes de gerenciamento dos RCD,
- ✓ ainda faltam apoios do setor público para a fiscalização das atividades de triagem, tratamento, implantação de sistemas de recuperação energética dos resíduos; reciclagem e disposição final adequada e somente em aterros sanitários;
- ✓ cabe ressaltar que uma vez os limites tendo sido reconhecidos há ainda a necessidade de maiores estudos para dar robustez e completeza aos resultados obtidos, para que estas oportunidades e limites se tornem possibilidade de geração de ganhos e benefícios para todos os atores envolvidos na cadeia produtiva dos diversos produtos e seus resíduos.

A gestão integrada dos resíduos sólidos pode contribuir para diminuir o consumo dos recursos naturais, demanda energética, as emissões de poluentes, contaminantes e GEE oriundas das destinações finais dos RCD em locais inadequados (lixões e aterros controlados) ou ilegais (bota fora) proibidos por lei.

A redução dos impactos ambientais da cadeia produtiva da Construção Civil e dos RCD pode contribuir a minimização das mudanças climáticas, melhorar significativamente a saúde humana, o meio ambiente e gerar cobenefícios

econômicos, inclusive melhorando a qualidade de vida das comunidades locais e de toda a sociedade e Planeta.

4.4 AGREGADOS DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Em relação aos agregados de resíduos da construção e demolição, definidos por Lei e utilizados como material para esta pesquisa, considera-se que o uso dos ARC e ARM gerados a partir das usinas fixa e móvel, possuem potencial de uso na pavimentação de estradas rurais e vicinais.

O uso dos agregados de resíduos pode gerar ganhos ambientais, sociais e econômicos, não só para empresas agrossilvipastoris, prefeituras, empresas do setor da construção civil, gestores públicos ambientais, mas também a toda a sociedade diretamente beneficiada pela reciclagem dos RCD e bem como por contribuir para a diminuição das atividades mineradoras para produção de material para pavimentação das estradas rurais e vicinais, uma vez que estas atividades de mineração apresentam alto impacto ambiental.

Segundo os estudos realizados para a construção do conhecimento desta pesquisa e implantação dos experimentos, há desconhecimento dos atores envolvidos na gestão dos RCD e dos ARC e ARM em relação:

- ✓ a capacidade técnica humana para gestão e manuseio dos RCD e dos agregados de resíduos da construção e demolição;
- ✓ dificuldades para obtenção de materiais livres de contaminantes;
- ✓ falta de atuação do poder político que limita o gerenciamento do processo, desde a obtenção dos diferentes RCD até o potencial de uso;
- ✓ há falta de compreensão das possibilidades de uso dos ARM e ARC, que vão além da pavimentação de estradas, podendo ser utilizados em subbase, base, contrapiso de parques, estacionamentos, calçadas, áreas de drenagem, e outros elementos da construção civil não estruturais;
- ✓ e dos benefícios diversos, para todos os municípios brasileiros, independente de seus portes socioeconômicos.

Reduzindo os resíduos sólidos da construção e demolição (RCD) por meios construtivos mais eficientes, bons sistemas de gestão dos RCD nas obras e em todo o ciclo de vida dos materiais da construção civil e de seus resíduos haverá ganhos a todos os atores da cadeia produtiva.

Assim considera-se que os resultados obtidos nesta pesquisa apontam para oportunidades de reciclagem dos RCD e produção de agregados de resíduos da construção e demolição (ARC e ARM) possíveis de uso na pavimentação de estradas rurais e vicinais, que através de análises em laboratórios e mais criteriosas por meio de monitoramento mínimo de um ano, será possível definir e confirmar os limites e possibilidades para a construção de um modelo de economia de fluxo de materiais residuais classe A da construção e demolição, que permitirá prolongar o seu ciclo de vida e apontar soluções viáveis técnica, econômica, social e ambientalmente.

No conjunto de fotografias 47 é apresentado o modelo circular de gestão integrada dos resíduos sólidos da construção e demolição, desde seu ponto de geração até seu ponto de destinação final, cabendo ressaltar a mudança na destinação final dos RCD uma vez que estes são reciclados e transformados em ARC e ARM, prolongando seu ciclo de vida e passando a ser empregados na pavimentação de estradas rurais.

Por este modelo simplificado abaixo apresentado, demonstra-se a capacidade de atender as premissas da reciclagem e reuso de acordo com a PNRS, e desta forma demonstrando um modelo de gestão integrada dos resíduos sólidos da construção e demolição, que ao invés de serem destinados aos aterros sanitários, são reprocessados e reutilizados na forma



Conjunto de fotografias 47. Fotografias exemplificando simplificadaamente o ponto inicial de geração dos resíduos sólidos da construção e demolição e seus sucessivos estágios de tratamento, até serem convertidos em agregados de resíduos e posterior aplicação na pavimentação de estradas rurais.

Fonte: O autor, 2015.

5 CONCLUSÕES

Este capítulo final apresenta as contribuições desta pesquisa, atendimento aos objetivos definidos e recomendações para pesquisas futuras relacionadas à temática deste estudo.

Acredita-se que esta pesquisa tenha contribuído para o entendimento da aplicação dos princípios que definem a Política Nacional dos Resíduos Sólidos ao:

- ✓ identificar os benefícios e limitações das diferentes tecnologias empregadas para a produção dos agregados de resíduos e os fatores que contribuem para o sucesso do uso de resíduos da construção e demolição na pavimentação das estradas rurais e vicinais;
- ✓ desmistificar conceitos e limitações para o desenvolvimento da logística reversa dos resíduos sólidos da construção civil, da gestão integrada com responsabilidade compartilhada de toda a cadeia produtiva dos materiais da construção civil e de seus resíduos;
- ✓ contribuir para a maior compreensão de todos os benefícios da gestão correta do ciclo de vida dos resíduos sólidos da construção e demolição;
- ✓ contribuir para a maior compreensão das causas dos impactos negativos determinados por uma gestão limitada do ciclo de vida dos resíduos sólidos da construção civil;
- ✓ promover o entendimento sobre os limites da aplicação dos instrumentos políticos na governança dos resíduos sólidos urbanos e nas relações com seus atores sociais para a promoção e o desenvolvimento de uma economia circular;
- ✓ por meio das usinas de processamento dos RCD é possível transformar resíduos de concreto, puros ou misturados com outros resíduos da construção e demolição Classe A, gerando produtos agregados de resíduos da construção e demolição tecnicamente viáveis para uso como material de revestimento, recapeamento de leitos de rodagem dos modais das estradas vicinais e rurais, para tráfego de baixa, média e alta compreensão e intensidade;

- ✓ com o uso das usinas de processamento e reciclagem dos RCD fixas ou móveis, que por meio da logística reversa e dos princípios da economia circular, permitem a produção de produtos agregados de resíduos, que se não reciclados, reprocessados e reutilizados, causariam impactos ambientais, danos à saúde humana e perdas econômicas.

Por meio destas ações acima identificadas no desenvolvimento desta pesquisa foi possível confirmar os benefícios apontados pela PNRS para reduzir os impactos sociais e ambientais e desenvolver modelos de gestão integrada, servindo de indicativos para construção de sistemas econômicos circulares e de baixa emissão de carbono, contribuindo para uma aproximação aos princípios da Sustentabilidade, especificamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, para 2030, definidos pela ONU, em setembro deste ano.

Para confirmação da capacidade ou potencial de uso dos ARC e ARM como material para pavimentação de estradas rurais e vicinais, sugere-se que sejam implantados experimentos que permitam a coleta de variáveis de resistência dos agregados; capacidade plástica de acomodação; resistência à intempéries climáticas; índice de compactação; reação e relação a diferentes tipos de terrenos; declividades; tipos de solos; índices pluviométricos extremos; comparação quantitativa e qualitativa a outros materiais convencionalmente utilizados para pavimentação de estradas rurais e vicinais; testes laboratoriais para determinações de especificações técnicas qualitativas e quantitativas; análises para determinações mais precisas da composição gravimétrica dos RCD e dos ARC e ARM; análise químicas e de reação à calor; água e frio; entre outros.

Repetir os experimentos com variações referentes ao conhecimento técnico dos atores envolvidos na gestão da cadeia produtiva, com e sem treinamento e repasse de informações, para avaliar a qualidade dos agregados de resíduos resultantes, uma vez que ainda foram encontrados contaminantes nos materiais utilizados para esta pesquisa.

Nos agregados de resíduos mistos, oriundos da usina de reciclagem do tipo fixa os contaminantes encontrados foram de menor tipo e número, entretanto nos agregados de resíduos de concreto oriundos da usina de reciclagem do tipo móvel os tipos de contaminantes foram mais variados e em maior quantidade, e atribui-se a

isso o fato de ter não ter havido uma triagem mais rigorosa e por ter sido a primeira vez que os gestores da usina móvel trabalharam com os resíduos da construção e demolição. Portanto, acredita-se que com treinamento mais criterioso, estes desvios de qualidade dos agregados sejam minimizados.

Desenvolver os experimentos com maior tempo de observação e monitoramento para verificar os fatores que podem determinar o sucesso ou suas limitações de uso.

Elaborar planilhas para coleta de dados e informações econômicas, sociais e ambientais mais precisas para toda o ciclo de vida dos produtos e resíduos utilizados;

Realizar a avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida (ASCV) completa de todos os fatores envolvidos no processo, desde inventário de emissões, avaliação de impacto, avaliação dos processos produtivos dos ARC e ARM, comparando-se com sistemas que utilizam materiais convencionais para a pavimentação de estradas e outros uso dos ARC e ARM.

Medir performances técnicas das diferentes tecnologias empregadas nas usinas fixa e móvel, considerando as diferentes possibilidades de materiais, condições ambientais e socioeconômicas das regiões onde os RCD são gerados e processados.

As tecnologias empregadas para a reciclagem dos resíduos sólidos da construção e demolição, tanto a usina de reciclagem móvel quanto a fixa apresentaram grande capacidade para produção dos agregados de resíduos e uso para o tratamento dos resíduos da construção e demolição, apresentando-se como uma excelente ferramenta de apoio a gestão integrada dos resíduos da construção e demolição e assim promover a extensão do ciclo de vida dos materiais residuais da construção civil.

O uso dos ARC e ARM se mostraram positivos para a pavimentação de modais de estradas rurais, com boa facilidade de uso e aplicação e com capacidade de adequação as condições específicas dos terrenos onde aplicados.

O emprego dos agregados para a pavimentação provou ser um método viável para ampliar o ciclo de vida dos resíduos da construção e demolição e assim contribuir para o desenvolvimento de um modelo de gestão integrada para estes resíduos, contribuindo para redução de danos e impactos negativos ao meio

ambiente e sociedade, e evitando custos operacionais e gerenciais para obtenção de matéria-prima para produção de materiais de pavimentação de estradas rurais.

Diante das informações obtidas para a consolidação desta pesquisa referentes ao crescimento da população e economia mundial, e os impactos sociais e ambientais que serão causados devido ao aumento de consumo de recursos naturais, a intensificação da urbanização e a demanda habitacional o tema, objetivos, hipótese e resultados desta pesquisa apresentaram-se pertinentes e relevantes como pontos de apoio para a construção de um modelo de gestão integrada para os resíduos da construção e demolição, uma vez que confirma que os princípios da gestão integrada, ou economia de baixo carbono ou ainda economia verde inclusiva, podem ser indicadores para desenvolver soluções, para minimizar e até mesmo impedir a catástrofe mundial total no desenvolvimento das atividades humanas que estão determinando a insustentabilidade da vida no planeta.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V. Estimativa da qualidade de entulho produzido em obras de construção de edifícios. In: III Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil: Práticas recomendadas. São Paulo, 2000.

ANGULO, S.C.; JOHN, V.M. Normalização dos agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos e a variabilidade. In: IX Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 2002, Foz do Iguaçu. ENTAC 2002. Florianópolis : Infohab Antac NPC UFSC, 2002. p. 1613-1624.

ANGULO, S.C.; ULSEN, C.; JOHN, V.M.; KAHN, H. Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD. In: V Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, p.293-307. São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2014. Conselho de Administração 2015 – 2018. São Paulo, SP. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO – ABRAMAT. 2014 Perfil da Cadeia Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos. São Paulo, SP. Brasil. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Número de referência ABNT NBR 15116:2004. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro. Brasil. 2004. 12 p.

_____. NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Número de referência ABNT NBR 15113:2004. Rio de Janeiro. Brasil. 2004. 12p.

_____. NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Número de referência ABNT NBR 15114:2004. Rio de Janeiro. Brasil. 2004.7p.

_____. NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. Número de referência ABNT NBR 15115:2004. Rio de Janeiro. Brasil. 2004.10p.

_____. NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Número de referência ABNT NBR 10004:2004. Rio de Janeiro. Brasil. 2004. 71p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – ABRECON. Relatório Pesquisa Setorial 2014/2015. A reciclagem de resíduos da construção civil no Brasil. São Paulo. SP. Brasil. 2015.

BISMARCHI, L. F. Sustentabilidade e inovação no setor brasileiro da construção civil: um estudo exploratório sobre a implantação da política pública baseada em desempenho. Luis Felipe Bismarchi /Maria Cecília Loschiavo dos Santos. 2011. 173p. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo. Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental. São Paulo. 2011

BRASIL [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil; texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais nº1/1992 a 68/2011, pelo Decreto Legislativo nº 186/2008 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão nº1 a 6/1994. – 35.ed. – Brasília: Câmara dos deputados, Edições Câmara, 2012. 454 p. – (série textos básicos; n.67).

BRASIL (2011). LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ministério do Meio Ambiente, 2011.

CALDEIRA, M. V. W.; TONINI, H.; HOPPE, J. M.; WATZLAWICK, L. F.; SELLE, G. L. Definição de sítios em povoamentos de *Pinus elliottii* engelm. na região de Encruzilhada do Sul, RS. In.: Ciência Florestal, Santa Maria, v.6, n.1, p.1-13. 1996.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Encargos previdenciários e trabalhistas no setor da construção civil: análise nacional. Brasília: CBIC, 2009. 32p. il.

CARVALHO, A. P. de; MENEGOL, O.; OLIVIERA, E.B. de; MACHADO, S.A.; POTTER, R.O.; FASOLO, P.J.; FERREIRA, C.A.; BARTOSZECK, A. Efeitos de características do solo sobre a capacidade produtiva de *Pinus taeda*. In.: Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 39, p.51-66, jul./dez. 1999.

CATERPILLAR. Escavadeira de esteira Caterpillar 323DL. 2015. Disponível em: <http://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/excavators/medium-excavators/17277774.html>. Acesso em: 15/10/2015.

CCM MÁQUINAS. Britador móvel CCM 6240. 2015. Disponível em: <http://www.ccmmaquinas.com.br/maquina/britador-movel-ccm6240/21/britador_8/1/2>. Acesso em 15/10/2015.

CLIMATE & CLEAR AIR COALITION (CCAC) to reduce short-lived climate pollutants. Mitigating SLCPs from the Municipal Solid Waste Sector. Disponível em: <www.new.ccacoalition.org/en/initiatives/waste>. Acesso em 10/10/2015.

COUNTRYMETERS. População mundial. 2015. Disponível em: <<http://countrymeters.info/pt/World>>. Acesso em: 18/10/2015 às 10:08.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) – Resolução CONAMA número 307, de 05 de julho de 2002.

CUNHA, N. A. Resíduos da construção civil análise de usinas de reciclagem. Dissertação Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007. 166p. il.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA. Terminologias rodoviárias usualmente utilizadas. Ministério dos Transportes. Versão 1.1. 2007. 17p.

DOOSAN. Pá carregadeira Doosan DL 300A. 2015. Disponível em: <<http://www.renco.com.br/wp-content/uploads/2014/09/DL300A.pdf>>. Acesso em: 15/10/2015.

ENGENHARIA CIVIL. Estradas. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/geziel19/apostila-estradas-de-rodagem-i>>. Acesso em 03/10/2015.

FRICKE, K.; PEREIRA, C. A Alemanha como protagonista do desenvolvimento socioambiental em gestão de resíduos. In: Gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos, transferência de experiência entre a Alemanha e o Brasil - Parte I. Technische Universität Braunschweig. Braunschweig – 2015.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL – FBDS. Diretrizes para uma economia verde no Brasil II. Resíduos Sólido Urbanos Desafios e Metas da Política Nacional dos Resíduos. FBDS. São Paulo. SP. Brasil. 2013.

GARCIA, A. R.; MACHADO, C. C.; SILVA, E.; SOUZA, A. P. de; PEREIRA, R. S. Volume de enxurrada e perda de solo em estradas florestais em condições de chuva

natural. Sociedade de Investigação Florestais. In.: Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.27, n.4, p.535-542, 2003.

GARÉ, J. C. Contribuições da construção civil brasileira para o desenvolvimento sustentável / José Carlos Garé. Orientadora: Raquel da Silva Pereira. Dissertação – (Mestrado). Universidade Municipal de São Caetano do Sul - USCS, 2011. xviii, 164 f.: il

GEHLEN, Juliana. B. Construção da sustentabilidade em canteiros de obras: um estudo no DF. 2008. Dissertação (mestrado) — Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. 2008

GIEGRICH, J.; VOGT, R. Waste management and its influence on climate change. In: 2º Congresso Técnico Brasil Alemanha Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos Urbanos. Florianópolis. SC. Brasil. 2014.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. Editora Atlas S.A. São Paulo, 2010. 160p.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. Certificação LEED. Materials & resources (Materiais e Recursos). 2015. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php>>. Acesso em: 15/09/2015.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. Guia para sua obra mais verde: guia prático sobre construções sustentáveis nas cidades. São Paulo. Green Building Council, 2014. 24p.

HORTON, R.; BEAGLEHOLE, R.; BONITA, R.; RAEBURN, J.; MCKEE, M.; WALL, S. From public to planetary health: a manifesto. *The Lancet*, London. V.383. 2014. Disponível em: <www.thelancet.com>. Acesso em 10.09.2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA. Déficit habitacional: 6,273 milhões de domicílios. 2015. <http://www.forumdaconstrucao.com.br/ibda.php>. Acesso em 20/09/2015

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA. N°145 - Plano Nacional de Resíduos Sólidos: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrossilvipastoris e a questão dos catadores. 2012. Disponível em: < http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=13917>. Acesso em 25/10/2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Projeção da População do Brasil e das Unidades de Federação. Disponível em: <www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 13/10/2015 às 20:09:40

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5. Waste. 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>>. Acesso em 12/05/2009.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION – ISWA; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. Manual de Boas Práticas no Planejamento. São Paulo, SP. Brasil. 2015.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2000. 113p.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: Seminário de resíduos sólidos e domiciliares. São Paulo. CETESB, 2000.

KINTISCH, ELI. Feature: Choosing a climate future in Paris. Latest news. Science AAAS. 2015. Disponível em: http://news.sciencemag.org/climate/2015/11/feature-choosing-climate-future-paris?utm_campaign=email-news-latest&et rid=5137614_6&et cid=124471. Acesso em 30/11/2015.

LEE, S. H. Introdução ao projeto geométrico de rodovias. Parte 1. In: Projeto geométrico de estradas. programa especial de treinamento em Engenharia Civil – UFSC. Florianópolis, SC. Brasil. 2000. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/bertainocenciaandreguambe/191-apostila_estradas?related=1>. Acesso em 20/05/2015.

MINHAS, M.; TANDON, K. Integrated solid waste management systems for environmental sustainability at institutional level – Case Study. In: International Journal on Occupational Health & Safety, Fire & Environment – Allied Science. V. 5 ISSUE 1 JULY-SEP, (020-026). 2015.

MINISTÉRIOS DA ECONOMIA, DA AGRICULTURA, DESENVOLVIMENTO RURAL E PISCAS, DA SAÚDE E DAS CIDADES, ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E AMBIENTE. Portaria nº 209/2004 de 3 de Março. Lista Europeia de Resíduos. DIÁRIO DA REPÚBLICA — I SÉRIE-B. nº 53 — 3 de Março de 2004.

MIRANDA, L.F.R.; ANGULO, S.C.; CARELI, E.D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. In: Revista ambiente construído, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009.

NAGALLI, A. Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil / André Nagalli. – São Paulo: Oficina de textos, 2014.

NICOLAU, S.H.F. Potencial de uso de resíduos da construção civil de João Pessoa como agregados miúdos em concretos. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Paraíba Centro de Tecnologia – UFPB/CT, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana. João Pessoa. PB. 2008. 114f. il.

OLIVEIRA, M. de. Materiais descartados pelas obras de construção civil: Estudo dos resíduos de concreto para reciclagem. Tese de doutorado na área de concentração em Geociências e Meio Ambiente, Rio Claro, 2002.

PAULA, P.R.F. de. Utilização dos resíduos da construção civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural. Dissertação (Mestrado) Universidade Católica de Pernambuco. Pró Reitoria Acadêmica. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2010. 131f il.

PERA, J. State of the art report: use of waste materials in construction in western Europe. In: Seminário sobre reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção. São Paulo, 1996. Anais. São Paulo (PCC-EPUSP), 1996. p.1-20.

PINTO, T.P.P. Utilização de Resíduos de Construção: estudo do uso em argamassas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1986, 137f.

PINTO, Tarcísio. de P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia da Construção Civil. 1999. 189 p.

PORTAL RESIDUOS SOLIDOS. Reciclagem de Resíduos Sólidos da Construção Civil. 2014. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-daconstrucao-civil/>>. Acesso em 06/10/2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. Decreto Municipal 852/2007. Dispõe sobre a obrigatoriedade da 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 de Curitiba. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2007/85/852/decreto-n-852-2007-dispoe-sobre-a-obrigatoriedade-da-utilizacao-de-agregados-reciclados-oriundos-de-residuos-solidos-da-construcao-civil-classe-a-em-obras-e-servicos-de-pavimentacao-das-vias-publicas-contratadas-pelo-municipio-de-curitiba.html>>. Acesso em: 15/05/2015.

RODRIGUES, W.C. Metodologia científica. Faetec/IST. Paracambi. 2007. Disponível em: <file:///C:/outubro%202015/CECONS/MONOGRAFIA/Willian%20Costa%20Rodrigues_metodologia_cientifica.pdf>. Acesso 10/08/2015.

MOTTA, S.R.F. Sustentabilidade na construção civil: crítica, síntese, modelo de política e gestão de empreendimentos. 2009. 122p. Orientadora: AGUILAR, M.T.P. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Engenharia Curso de Pós-graduação em Construção Civil. Belo Horizonte. 2009.

SABNIS, G.M. Green building with concrete: sustainable design and construction. CRC Press. Taylor & Francis Group. 2 ed. Boca Raton. 2016. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=vOv5CQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 10/07/2015.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE CURITIBA, PR. Plano de gestão integrada de resíduos sólidos. 2010. Disponível em: <http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2010/00082071.pdf>. Acesso 02/10/2015

SELLE, G.S.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Classificação de sítio para *Pinus taeda* L., através da altura dominante, para a região de Cambará do Sul. RS. Brasil. In.: Ciências Florestais, Santa Maria, v.4, n.1, p. 77-95,1994.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Relatório final da logística reversa. Senai STI. Curitiba. Brasil. 2015. 133p. il.(no prelo)

SJOSTROM, C. Durability and sustainable use of building materials. In:Sustainable use of materials. J. W. Llewellyn & H. Davies Ed. London, BRE/RILEM, 1992.

TELLO, R. Guia CBIC de boas práticas em sustentabilidade na indústria da Construção / Rafael Tello; Fabiana Batista Ribeiro. – Brasília: Câmara Brasileira da

Indústria da Construção; Serviço Social da Indústria; Nova Lima: Fundação Dom Cabral, 2012. 160p.

THE WORLD BANK. World development indicators, 2014. International bank for reconstruction and development / The World Bank. Washington DC. 2014. Publishing and Knowledge Division. Washington. DC. USA.

TONINI, H.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. S. Curvas de índice de sítio para povoamentos clonais de *Eucalyptus saligna* Smith. para a depressão central e serra do sudeste, Rio Grande do Sul. In.: Ciência Florestal, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 27-43. 2006.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352). New York. 2014a.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. Urban and Rural Areas 2014. New York. 2014b.

UNITED NATION ENVIRONMENTAL PROGRAMME; INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. Global waste management outlook. United Nation Environmental Programme. UNITED NATIONS ORGANIZATION Disponível em: <<http://www.un.org/spanish/News/story.asp?NewsID=26703#.ViOaOX6rTIV>>. Acesso em: 08/10/2015.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. Uncovering Pathways Towards an Inclusive Green Economy: a summary for leaders. Coord. Angeline Djampou. 2015.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. In.: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.1, p.55–64. Campina Grande, PB, UAEA/UFCA. 2010.

WONG, CHRISTINA W.Y.; VENUS LUN L.Y.; LAY, KEE-HUNG; CHENG, T.C.E. Environmental Management – The Supply Chain Perspective. Springer.2015. 137p. il.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. WMO GREENHOUSE GAS BULLETIN. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2014 Global Atmosphere Watch (GAW) Programme.

Atmospheric Environment Research Division. Research Department, Geneva. v. 11
2015.

Apêndice A



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
 Sistema de Bibliotecas

DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Autor¹: Marcelo Langer _____

CPF¹: 569.034.569-53 _____ Código de matrícula¹: 1640127 _____

Telefone¹: (41) 87871111 _____ e-mail¹: malanger04@yahoo.es _____

Curso/Programa de Pós-graduação: IV CECONS – Curso de Especialização em Construções Sustentáveis _____

Orientador: Prof. André Nagalli Dr. _____

Co-orientador: _____

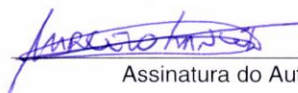
Data da defesa: 06/11/15 _____

Título/subtítulo: USO DE AGREGADOS RECICLADOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA PAVIMENTAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS – um modelo de gestão integrada _____

Tipo de produção intelectual: () TCC² (x) TCCE³ () Dissertação () Tese

Declaro, para os devidos fins, que o presente trabalho é de minha autoria e que estou ciente:

- dos Artigos 297 a 299 do Código Penal, Decreto-Lei nº 2.848 de 7 de dezembro de 1940;
- da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, sobre os Direitos Autorais,
- do Regulamento Disciplinar do Corpo Discente da UTFPR; e
- que plágio consiste na reprodução de obra alheia e submissão da mesma como trabalho próprio ou na inclusão, em trabalho próprio, de idéias, textos, tabelas ou ilustrações (quadros, figuras, gráficos, fotografias, retratos, lâminas, desenhos, organogramas, fluxogramas, plantas, mapas e outros) transcritos de obras de terceiros sem a devida e correta citação da referência.



 Assinatura do Autor¹



 Local e Data

¹ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

² TCC – monografia de Curso de Graduação.

³ TCCE – monografia de Curso de Especialização.

Apêndice B



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
 Sistema de Bibliotecas

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO, DISSERTAÇÕES E TESES NO PORTAL DE INFORMAÇÃO E NOS CATÁLOGOS ELETRÔNICOS DO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UTFPR

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a UTFPR a veicular, através do Portal de Informação (PIA) e dos Catálogos das Bibliotecas desta Instituição, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610/98, o texto da obra abaixo citada, observando as condições de disponibilização no item 4, para fins de leitura, impressão e/ou download, visando a divulgação da produção científica brasileira.

1. Tipo de produção intelectual: () TCC¹ (x) TCCE² () Dissertação () Tese

2. Identificação da obra:

Autor³: Marcelo Langer

RG³: 1.129.471-0 CPF³:5679.034.569-53 Telefone³: (41) 87871111 E-mail³: malanger04@yahoo.es

Curso/Programa de Pós-graduação: IV CECONS – Curso de Especialização em Construções Sustentáveis

Orientador: Prof. André Nagalli Dr.

Co-orientador:

Data da defesa: 06/11/15

Título/subtítulo (português): USO DE AGREGADOS RECICLADOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA PAVIMENTAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS – um modelo de gestão integrada

Título/subtítulo em outro idioma: Use of recycled aggregates from construction and demolition to pave rural roads - an integrated management model

Área de conhecimento do CNPq: Ciências Exatas

Palavras-chave: Agregados de Resíduos da Construção e Demolição; Política Nacional dos Resíduos Sólidos; Cadeia Produtiva; Logística reversa; Economia Circular

Palavras-chave em outro idioma: Recycled Aggregates of Construction and Demolition; Productive chain; National Policy of Solid Waste; Reverse Logistic; Circular Economy

3. Agência(s) de fomento (quando existir):

4. Informações de disponibilização do documento:

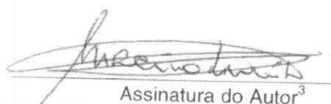
Restrição para publicação: () Total⁴ () Parcial⁴ (X) Não Restringir

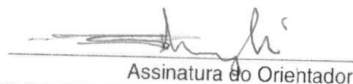
Em caso de restrição total, especifique o por que da restrição:

Em caso de restrição parcial, especifique capítulo(s) restrito(s):

Curitiba 18.11.15

Local e Data


Assinatura do Autor³


Assinatura do Orientador

¹TCC – monografia de Curso de Graduação.

²TCCE – monografia de Curso de Especialização.

³Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

⁴A restrição parcial ou total para publicação com informações de empresas será mantida pelo período especificado no Termo de Autorização para Divulgação de Informações de Empresas. A restrição total para publicação de trabalhos que forem base para a geração de patente ou registro será mantida até que seja feito o protocolo do registro ou depósito de PI junto ao INPI pela Agência de Inovação da UTFPR. A íntegra do resumo e os metadados ficarão sempre disponibilizados.

APÊNDICE C

Jaguariaíva, 16 de novembro de 2015

AUTORIZAÇÃO

Eu, Rogério Salamuni, portador do documento registro geral (RG) 3.266.543-8 e Cadastro de Pessoa Física (CPF) 605.806.589-53, residente à rua Elvira Haupt Grotzner, 69 Apto 302 na cidade de Curitiba no estado do Paraná, engenheiro Florestal, representante da Empresa Florestal Vale do Corisco SA com sede no endereço rua João Cezar Beloni, 361 em Jaguariaíva-SP, com cargo de Gerente Florestal que me empodera juridicamente para autorizar a divulgação do nome, dados e informações da empresa que represento, contidas no documento de monografia de Marcelo Langer para a realização do trabalho de especialização "Uso de agregados de resíduos da Construção e Demolição, um modelo de aproximação para a gestão integrada dos resíduos sólidos da construção civil, como pré-requisito para obtenção de título de especialista no IV Curso de Especialização em Construção Sustentáveis da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Sem mais para o momento, assino.



Rogério Salamuni
Gerente Florestal
Florestal Vale do Corisco SA

APÊNDICE D

Almirante Tamandaré, 16 de novembro de 2015

AUTORIZAÇÃO

Eu, Alexandre Graeser Blaszezyk, portador do documento registro geral (RG) 6.345.982-8 e Cadastro de Pessoa Física (CPF) 825.023.150-34, residente à Rua Heitor Baggio Vidal, 970 – Bairro Alto, na cidade de Curitiba, no estado do Paraná, empresário, representante da USIPAR, com sede no endereço Rodovia Vereador Admar Bertolli, 7887 – Jardim Monterrey – Almirante Tamandaré/PR, com cargo de Diretor Administrativo Financeiro que me empodera juridicamente para autorizar a divulgação do nome, dados e informações da empresa que represento, contidas no documento de monografia de Marcelo Langer para a realização do trabalho de especialização “Uso de agregados de resíduos da Construção e Demolição, um modelo de gestão integrada”, como pré-requisito para obtenção de título de especialista no IV Curso de Especialização em Construção Sustentáveis da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Sem mais para o momento, assino.



Alexandre Graeser Blaszezyk
Diretor Administrativo Financeiro
USIPAR – Usinas de Recicláveis Sólidos do Paraná S/A

APÊNDICE E

Itororó, 16 de novembro de 2015

AUTORIZAÇÃO

Eu, Jochren Lustenhege Veetor
 portador do documento registro geral
 (RG) 8092742-8 e Cadastro de Pessoa Física
 (CPF) 009106649-27 residente à
Itororó SP TEOPOLITAMENTE na
 cidade de Itororó SP no estado do Paraná,
 engenheiro Civil, representante da XIV Voltas Terraplenagem
 com sede no
 endereço AV Antonia Cunha Jaganiana PA

com cargo de
Gerente de Produção que me empodera
 juridicamente para autorizar a divulgação do nome, dados e informações da
 empresa que represento, contidas no documento de monografia de Marcelo
 Langer para a realização do trabalho de especialização "Uso de agregados de
 resíduos da Construção e Demolição, um modelo de gestão integrada", como
 pré-requisito para obtenção de título de especialista no IV Curso de
 Especialização em Construção Sustentáveis da Universidade Tecnológica
 Federal do Paraná (UTFPR).

Sem mais para o momento, assino.

Jochren Lustenhege Veetor

(NOME por extenso)
 Gerente Operacional (CARGO)
 XIV VOLTAS (Empresa)




APENDICE F

São José dos Pinhais, 16 de novembro de 2015

AUTORIZAÇÃO

Eu, Flávio Cezar Negrini, portador do documento registro geral (RG) 3.935.822-0 SSP/PR e Cadastro de Pessoa Física (CPF) 655.532.509-78, residente, à Rua Olivo Carnasciale, 288 na cidade de Curitiba no estado do Paraná, representante do Condomínio Recanto das Hortênsias com sede no endereço Rodovia BR 277, km 56,5, com cargo de Sindico que me empodera juridicamente para autorizar a divulgação do nome, dados e informações da empresa que represento, contidas no documento de monografia de Marcelo Langer para a realização do trabalho de especialização "Uso de agregados de resíduos da Construção e Demolição, um modelo de gestão integrada", como pré-requisito para obtenção de título de especialista no IV Curso de Especialização em Construção Sustentáveis da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Sem mais para o momento, assino.



Flávio Cezar Negrini
Sindico