UNIVERSIDADE CESUMAR - UNICESUMAR
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM PEQUENOS MUNICÍPIOS - MANOEL RIBAS/PR

MARIANA OGLIARI STIPP

MARINGÁ – PR
2020

MARIANA OGLIARI STIPP

ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM PEQUENOS MUNICÍPIOS - MANOEL RIBAS/PR

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Me. Natália Ueda Yamaguchi.

MARINGÁ – PR

2020

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARIANA OGLIARI STIPP

ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE MANOEL RIBAS-PR

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Me. Natália Ueda Yamaguchi.

Aprovado em: 10 de novembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Me. Natália Ueda Yamaguchi - Unicesumar

_____

Prof. Me. Cláudio de Souza Rodrigues - Unicesumar

_____

Prof. Me. Fernando Pereira Calderaro - Unicesumar

ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM PEQUENOS MUNICÍPIOS - MANOEL RIBAS/PR

Mariana Ogliari Stipp

RESUMO

No Brasil, grande parte dos processos construtivos é feita de forma manual e quase que completamente no canteiro de obras. Deste modo, os resíduos da construção civil (RCC) gerados acabam causando um problema de logística, gerando prejuízos financeiros. A reciclagem dos RCC é tratada como alternativa para reduzir os problemas provocados pelo descarte incorreto deles. Este trabalho buscou apresentar alternativas para a destinação correta dos RCC no município de Manoel Ribas – PR. A forma atual da destinação de RCC no município foi apresentada sendo realizada incorretamente através de um aterro. A viabilidade da implantação de uma recicladora voltada para esses resíduos e a aplicação de tais resíduos como reforço de solos com baixa capacidade de sustentar edificações foram apresentadas como soluções alternativas. A falta de gestão e fiscalização pelos órgãos responsáveis do município, causam impactos ao meio ambiente e à população, deste modo, a implantação das alternativas apresentadas será viável para a cidade.

Palavras-chave: Aterro. Recicladora. Solo Reforçado.

SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR DESTINATION OF CIVIL CONSTRUCTION WASTE OF THE SMALL TOWN - MANOEL RIBAS-PR

ABSTRACT

In Brazil, most of the construction processes are done manually, almost completely at the construction site. Due to this, the civil construction waste (CCW) generated ends up causing a logistics problem, generating financial losses. The recycling of CCW is treated as an alternative to reduce the problems caused by their incorrect disposal. This work sought to present alternatives for the correct destination of the CCW in the municipality of Manoel Ribas in the state of Paraná. The current form of CCW disposal in the municipality was presented being carried out incorrectly through an embankment. The feasibility of implementing a recycler focused on these residues and the application of such residues as reinforcement of soils with low capacity to sustain buildings were presented as alternative solutions. The lack of management and inspection by responsible municipal bodies cause impacts on the environment and the population, thus, the implementation of the alternatives presented will be viable for the city.

Keywords: Embankment. Recycler. Reinforced Soil.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a construção civil vem aumentando sua participação na economia nacional. Segundo Morais (2010), ela é responsável por 15 a 50% do consumo dos recursos naturais extraídos. Isso faz com que essa indústria seja o maior consumidor de recursos naturais. Com relação ao consumo de agregados naturais, a construção civil fica entre 1 e 8 toneladas/habitante.ano e, no Brasil, somente para produção de argamassas e concreto, esse valor chega até 220 milhões de toneladas. Cerca de 15% do PIB brasileiro é do setor da construção, o que o torna um dos mais importantes ramos de produção do país.

Nas últimas décadas, os resíduos da construção civil (RCC) vêm recebendo atenção crescente por parte de construtores e pesquisadores em todo o mundo. De acordo com Nagalli (2014), isto se deve, principalmente, ao fato de que os RCCs estão se tornando um dos principais agentes para poluição ambiental. No Brasil, onde boa parte dos processos construtivos é essencialmente manual e cuja execução se dá praticamente no canteiro de obras, os RCC acabam gerando problemas logísticos e prejuízos financeiros (NAGALLI, 2014).

A reciclagem e a reutilização dos RCC são tratadas como alternativas para reduzir os problemas provenientes do seu descarte inadequado, pois podem trazer benefícios, tais como redução de áreas necessárias para aterro, pela minimização de volume de resíduos pela reciclagem (ABREU, 2009). Os RCC são conceituados segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) como: “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”.

A geração de resíduos tem aumentado conforme os anos, isso se deve a busca por materiais necessários para a sobrevivência. Com a escassez de áreas, principalmente devido ao aumento populacional, a destinação correta desses resíduos tem sido uma dificuldade. Pensando nisso, cada vez mais pesquisadores tem buscado uma solução e oferecido novos produtos e processos construtivos para este problema (NAGALLI, 2014).

Neste cenário, a área geossintética, que se refere a materiais poliméricos aplicados na terra, apresentam uma solução prática, os solos reforçados (ABRAMENTO, 2002). Tal técnica pode ser empregada em projetos de rodovias, portos, canais, mineração, contenções de taludes e urbanização, dentre outros. Esse conceito também pode ser aplicado para a construção de estruturas de contenção e reforço de aterros sobre solos com baixa capacidade de suporte.

Sendo assim, este trabalho buscou apresentar uma alternativa sustentável para a destinação de RCC e entulhos na cidade de Manoel Ribas-PR, expondo seus impactos no município. Foi avaliada a viabilidade de implantação de um núcleo para armazenamento seletivo de RCC, visando à minimização de impactos ambientais provocados pela falta de gerenciamento destes resíduos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil apresenta grandes volumes de materiais de construção e de atividades nos canteiros de obras, o que acaba gerando um elevado índice de resíduos produzidos nas áreas urbanas, depositados de maneira indistinta e desregrada em locais de fácil acesso, como em terrenos baldios (FERREIRA *et al.*, 2014).

Diniz e Abreu (2018) apontam as principais razões para o aumento da geração de resíduos sólidos: o crescimento populacional, a rápida urbanização, o aumento da renda e do consumo. Assim, a gestão de resíduos sólidos pode ser determinada como a administração sistemática de atividades que envolvem a separação, o armazenamento, a coleta, o transporte, a transferência, o processamento, o tratamento e a disposição final dos resíduos. Esta gestão visa reduzir a quantidade descartada, por meio da recuperação de materiais ou da geração de energia, e, assim, minimizar os impactos negativos na saúde da população (FERREIRA *et al.*, 2014).

Tem-se que a disposição incorreta de resíduos em lixões ou aterros controlados decorre da baixa capacitação técnico-administrativa dos agentes públicos, da fraca organização dos órgãos ambientais e municipais responsáveis pela coleta e destino final dos resíduos (CASTILHOS JÚNIOR et al, 2006). A maior parte dos municípios brasileiros retratam problemas ligados com a disponibilidade de recursos financeiros, tecnológicos e humanos para lidar com a gestão dos resíduos sólidos (DINIZ; ABREU, 2018).

Segundo o CONOMA 307/2002, a definição de resíduos sólidos da construção civil pode ser descrita como:

> São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento

> asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CONAMA, 2002, p. 95).

Segundo Marques Neto e Schalch (2010), para a construção sustentável, é necessário que haja a redução dos resíduos pelo desenvolvimento de tecnologias limpas, utilização de materiais recicláveis e/ou reutilizáveis, além de adequada coleta e disposição de inertes. A fim de que os RCC sejam transformados em agregados para a utilização em aterros ou concretos de baixa resistência, é necessário que eles sejam classificados, selecionados e devidamente limpos. Esse fato é tão importante devido à grande quantidade de resíduos gerados, sendo motivo de grande preocupação. A disposição incorreta, ou seja, em lugares não apropriados é agravada pelas condições precárias do sistema de saneamento básico no país, provocando um impacto ambiental em grande escala (PIOVEZAN JÚNIOR, 2007).

De acordo com o SINDUSCON-SP (2005), os principais impactos ambientais gerados pela disposição inadequada são a propagação de agentes transmissores de doenças, obstrução de sistemas de drenagem, presença de resíduos perigosos, assoreamento de rios e córregos, ocupação de vias e logradouros públicos, prejudicando a circulação de pessoas e veículos, além da poluição visual e a degradação de áreas de proteção permanente.

O Nagalli (2014), menciona que para a administração dos RCC, a solução seria integrar a atividade do órgão público municipal, dos geradores de resíduos e os transportadores. O órgão público municipal seria encarregado de realizar o controle e fiscalização do transporte e destinação final dos resíduos, os geradores de resíduos ficam responsáveis por verificar os padrões de acordo com as legislações específicas vigentes a respeito da disposição final dos resíduos. Os transportadores seriam encarregados da destinação aos locais corretos e de apresentar o comprovante da destinação.

Segundo Piovezan Júnior (2007), é necessário que haja transformações no setor da indústria da construção civil, para que a sociedade possa atingir o desenvolvimento sustentável.

A geração desses resíduos está ligada aos procedimentos escolhidos para execução das obras, incluindo o monitoramento e controle das atividades. Sua taxa de geração pode variar de 400 a 700 kg/hab.ano, em cidades médias e grandes do Brasil, cujo valor pode variar de acordo com fatores, tais como época, tamanho da cidade, desenvolvimento econômico, momento econômico do país, entre outros (ZANTA, 2008). Estima-se, ainda, que para cada tonelada de lixo urbano recolhida, são recolhidas duas toneladas de RCC (MARQUES NETO E SCHALCH, 2010).

Os RCC podem ser classificados quanto à atividade que lhes deu origem e os seus constituintes. Para isso, pode-se usar a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) e suas alterações. De acordo com essa resolução, esses resíduos são classificados em quatro classes:

- Classe A: são aqueles reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
    - 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;
    - do processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio etc.) produzidas nos canteiros de obras.
- Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;
- Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
- Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde.

A Resolução 348 de 2004 e a Resolução 431 de 2011 do CONAMA alteram a classificação da Resolução 307 (CONAMA, 2002), colocando o amianto como material perigoso, Classe D, e mudando a classificação do gesso, de Classe C para a Classe B. Segundo a NBR 15114, embora o gesso ter sido reclassificado para a Classe B, ainda é necessário que ele seja depositado em recipiente próprio, não permitindo sua mistura com os demais resíduos das classes (ABNT, 2004).

2.2 DESCARTE DOS RCC

Existem diversos estudos sobre o reaproveitamento dos RCC dentro da construção civil. Bohnenberger et.al. (2018) diz que a indústria da construção civil é capacitada para receber quase totalmente os resíduos por ela gerados, com a possibilidade de incorporar novos materiais de construção originados da reciclagem e do reaproveitamento dos RCC.

Sendo assim, é importante desenvolver a conscientização de sustentabilidade e o desenvolvimento de métodos construtivos mais eficazes por parte dos profissionais dessa indústria. Isso é relevante para que tais profissionais possam reduzir gradativamente a produção de resíduos e, assim, diminuir os impactos gerados por eles, principalmente os ambientais. Alguns exemplos do reaproveitamento dos RCC na construção civil são em pavimentações ou elementos pré-moldados, devido as suas propriedades físicas e mecânicas (TEIXEIRA, 2019).

De acordo com o CONAMA (2002), o impacto ambiental é definido como a alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente resultante das atividades humanas que, afetam a saúde, o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, o meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

O CONAMA (2002) menciona que o reaproveitamento sustentável do RCC se dá pelo beneficiamento dele, como definido pelo “ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto”.

Segundo Almeida (2015), os principais impactos causados ao meio ambiente e a sociedade urbana, com relação à geração de RCC, é originado da deposição irregular dos resíduos. Além desse problema, muitas vezes esses resíduos são aceitos por proprietários de imóveis para servirem como aterro, sem nenhuma preocupação com o controle técnico deste procedimento.

Portanto, a proposta desse trabalho é identificar a viabilidade de implantação de um núcleo para armazenamento seletivo de RCC visando à minimização de impactos ambientais provocados pela falta de gerenciamento destes resíduos na cidade de Manoel Ribas - PR, e também oferecer a comunidade local, trabalho e renda, contribuindo para a melhoria das condições sociais e econômicas da região. Além de fomentar futuramente a implantação de uma usina recicladora (local ou regional), com objetivo do aproveitamento do RCC classe A, para a produção de concreto reciclado, para ser aplicado na construção de casas populares, ruas, passeios e contenções de encostas.

2.3 DESTINAÇÃO SUSTENTÁVEL DOS RCC

Muitas pessoas consideram os RCC sem utilidade, porém, para algumas são considerados como uma fonte de renda, mudança de atitude e conservação ambiental.

Karpinski *et al*. (2009) diz que 40% desses resíduos podem ser reaproveitados por meio da reciclagem.

Diversas experiências práticas no Brasil e no mundo ratificaram os estudos da aplicabilidade de materiais na própria construção civil, a exemplo de camadas de pavimentos. Isso se dá pelas características demonstradas em laboratórios, evidenciando o seu potencial para reuso (HORTEGAL; FERREIRA; SANT'ANA, 2009).

Segundo Karpinski *et al*. (2009), o RCC também se demonstrou como uma ótima opção de aproveitamento na composição de matéria prima da produção de material cerâmico como material não-plástico, alcançando resultados satisfatórios e dentro do estabelecido pelas normas técnicas.

Foi evidenciada também a viabilidade técnica do uso de RCC de classe A como agregado em argamassas, onde dentro de uma substituição ideal a partir da granulometria do material, o mesmo apresenta uma resistência de aderência à tração que atende o estabelecido pela NBR 13749 (NASCIMENTO JUNIOR, 2019).

3 METODOLOGIA

Este estudo foi realizado com visitas ao principal ponto de descarte de RCC do município, devido à escassez de dados sobre o tema na cidade, a maior parte deste trabalho foi produzida a partir de visitas *in loco* e com levantamento sobre a legislação referente ao tema. Desta maneira, essa pesquisa pretende contribuir com o meio técnico por meio da discussão a respeito da importância da destinação correta desses resíduos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESTINAÇÃO DOS RCC EM MANOEL RIBAS

O local da pesquisa foi no município de Manoel Ribas, que segundo a última pesquisa do IBGE (2000), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, tem uma população de 13.169 habitantes e uma estimativa para 2019 de 13.502 habitantes, e uma área territorial de 571,135 km². O terreno que foi utilizado para esta pesquisa possuía um grande desnível, que ao longo dos anos foi aterrado. Este também possui residências próximas a ele, que podem ser afetadas pelo aterro com o passar do tempo, esse fato pode ser visto na Foto 1 e na Foto 2.

Foto 1 – Residências próximas ao aterro.

Fonte: Autora (2020).

Foto 2 – Residências próximas ao aterro.

Fonte: Autora (2020).

O município de Manoel Ribas não gera uma grande quantidade de entulhos, mas pode ser dividido em dois principais setores: municipal e privado. A maior parte dos entulhos privados gerados nessa cidade são levados para o lote citado, onde são utilizados para aterrar o terreno. Esse terreno vem sendo aterrado com entulhos privados por cerca de 10 anos, sendo que

acima do entulho tem-se uma pequena camada terra. Na Foto 3, pode-se ver que o terreno possui construções leves, pois nunca foi feito um estudo mais profundo do solo para saber sua resistência.

Foto 3 – Construções leves acima do aterro.

Fonte: Autora (2020).

Exemplos de materiais que são encontrados no aterro podem ser vistos nas imagens abaixo. Nessas fotos é possível ver que não ocorre a classificação dos resíduos e, por isso, é mais adequado chamá-los de entulho. Alguns exemplos de materiais encontrados no aterro são:

- volante de carro;
- torneira;
- faca;
- espuma expansiva;
- câmara de pneu de carro;
- sacolas plásticas.

Além desses produtos, também pode-se encontrar materiais que vêm da indústria da construção e podem ser classificados como RCCs, exemplos são:

- telhas;
- tijolos;
- placas de revestimento;
- tubos de PVC.

Foto 4 – Materiais encontrados no aterro.

Fonte: Autora (2020).

Foto 5 – Materiais encontrados no aterro.

Fonte: Autora (2020).

Foto 6 – Materiais encontrados no aterro.

Fonte: Autora (2020).

Foto 7 – Materiais encontrados no aterro.

Fonte: Autora (2020).

Foto 8 – Materiais encontrados no aterro.

Fonte: Autora (2020).

Justamente pela falta de classificação e fiscalização, esse aterro pode causar grandes danos às famílias que residem próximas a ele. De acordo com Dalmás e Bonatto (2019), a operação inadequada do sistema de gestão destes resíduos, uma vez que grande parte dos municípios brasileiros não contam com áreas licenciadas e aptas a receberem estes materiais, ocorre a disposição em locais irregulares como em margens de rios, banhados, ruas e terrenos baldios.

Tal disposição, que não está de acordo com a legislação brasileira, provoca impactos ambientais e sociais, como a degradação das áreas de manancial e de preservação permanente, além de proporcionar a proliferação de diversas doenças, colocando as populações que vivem próximas a estas áreas em uma expressiva vulnerabilidade (DALMÁS; BONATTO, 2019).

É possível utilizar os resíduos da construção civil para aterrar terrenos e, assim, utilizá-los como solo reforçado. Entretanto, para isso, é necessário que seja feito de acordo com a legislação vigente e que haja fiscalização dos órgãos responsáveis, como a prefeitura municipal.

No município estudado há uma recicladora que recebe somente resíduos da Classe B, onde é feito a classificação deles e destinados de forma correta. Já no aterro, é depositado

resíduos de todas as classes (A, B, C e D) e lá, como já foi dito, não ocorre a classificação desses rejeitos.

4.2 IMPLANTAÇÃO DE RECICLADORA DE RCC

De acordo com estudos, foi possível verificar que os materiais provenientes de resíduos reciclados custam aproximadamente 20% a menos quando comparados a matérias primas utilizadas nos processos da construção civil (CRISTO *et al.*, 2014). Sendo assim, todas as ações que tenham como objetivo permitir a reutilização de materiais ou produtos, de modo a estender seu ciclo de vida e diminuir os problemas com a forma de deposição dos resíduos ou de emissão de poluentes, são consideradas atividades de reciclagem. Uma alternativa para minimizar os problemas provocados pelo acúmulo de resíduos da construção é a reciclagem (DALMÁS; BONATTO, 2019).

Nesse sentido, as empresas recicladoras de materiais da construção civil destacam-se como alternativas para o cumprimento das normativas legais, bem como para uma destinação mais adequada dos resíduos gerados (DALMÁS; BONATTO, 2019).

Também, ressalta-se, que o entulho de construção reciclado pode substituir em grande parte os agregados naturais empregados na produção de concreto, blocos e base de pavimentação. O IBRAM (2020), Instituto Brasileiro de Mineração, apresenta a quantidade de toneladas que algumas atividades consomem:

- Para cada quilômetro de uma linha do metrô são consumidas 50.000 toneladas de agregados;
- A construção de cada quilômetro de estrada pavimentada consome cerca de 9.800 toneladas;
- Em casas populares de 50 m² são consumidas 68 toneladas;
- Em edifícios são consumidas 1.360 toneladas para cada 1.000 m².

Estudos de Lacerda e Valverde (2013) relatam que o crescimento em toda a cadeia produtiva do setor de agregados, em 2012, verificou um aumento de demanda de 6% em relação ao ano de 2011. Já a estimativa de agregados para 2012, era de cerca de 716 milhões de toneladas. Para o ano de 2013, a projeção indicou um crescimento da ordem de 5% a 6% para o setor de agregados no país, dado que os projetos de infraestrutura e habitação prosseguem em ritmo mais acentuado.

Existe uma expansão do consumo de agregados, o que seria devastador para as fontes de recursos naturais, já que não são renováveis, mas por outro lado seria um bom momento para a expansão do setor da reciclagem de resíduos da construção civil, pois existirão em abundância, a demanda estará em alta e o fato de que este material reciclado possui um preço de venda mais baixo do que o do material genuíno configura-se como uma vantagem competitiva.

Com este cenário de ausência da implementação de políticas públicas efetivas para minimizar os problemas decorrentes do manejo dos RCCs, e já prevendo a necessidade de beneficiamento dos resíduos Classe A, para um futuro beneficiamento do RCD, o estudo realizado sugere uma área de 750 m², localizada nas margens da BR-487, próximo ao acesso da cidade, conforme a Foto 9.

Foto 9 – Terreno destinado a recicladora.

Fonte: Autora (2020).

Para a implantação de um empreendimento como este, se faz necessário atender a algumas condicionantes para a sua instalação e funcionamento. Segundo Nascimento Junior (2019), tem-se que levar em conta a localização, a superfície do terreno, o zoneamento da área, condição de acesso, a opinião pública, o incômodo à vizinhança e o custo do terreno.

A princípio não haverá custo com a aquisição do terreno. Pois, o terreno é uma área de terras pertencente à Prefeitura Municipal e já terraplanada. Em relação aos outros requisitos, o terreno conta com uma localização que atende ao recomendado por Nascimento Junior

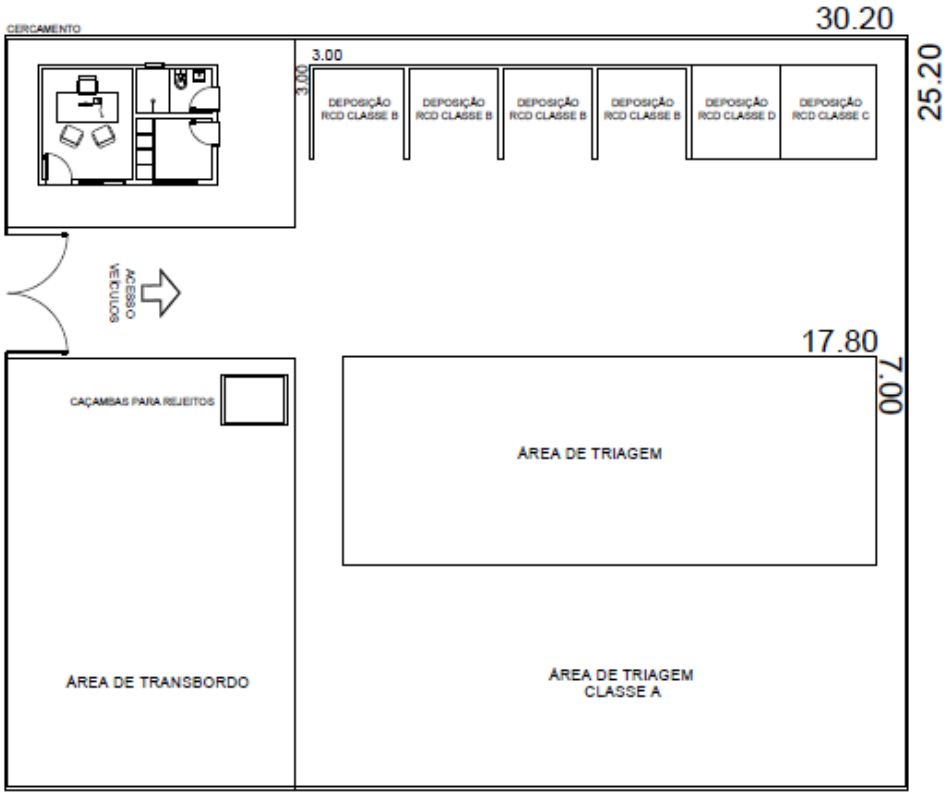
(2019), onde o local deve ser implantado preferencialmente entre os itinerários de coleta e o local de disposição final.

O solo do terreno é bastante estável, a área se encontra dentro de uma área de expansão industrial e o acesso é bem facilitado, pois está nas margens da BR-487 e a aproximadamente 4km da entrada da cidade, e como não tem residências próximas, não haverá incômodo à população. Sem contar que, o terreno se encontra distante de mananciais e não há a existência de vegetação a ser devastada, assim não haverá a ocorrência de impactos ambientais.

Além destes fatores elencados, o local atende ao determinado pela norma NBR 15112 (2004), que trata das diretrizes para projeto, implantação e operação das áreas de transbordo e triagem. Esta norma é um dos principais parâmetros para o local da intervenção.

Com a implantação deste núcleo de armazenamento seletivo de RCC, será possível minimizar as ocorrências de descartes irregulares no município. A Foto 5 mostra o layout sugerido do núcleo de armazenamento seletivo do RCC, de forma a deixar segregado o material passível de reutilização e o resíduo que será encaminhado para uma destinação em local apropriado.

Foto 10 – Layout da recicladora.



Fonte: Autora (2020).

A proposta de implantação e funcionamento deste empreendimento é caracterizada conforme a norma técnica ABNT NBR 15112/2004. No núcleo de armazenamento de RCC, o material será triado e armazenado temporariamente, os materiais segregados, para uma eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente (ABNT, 2004).

Com a instalação deste núcleo de armazenamento seletivo, será possível a implementação do primeiro passo para um manejo de RCC ambientalmente adequado, com vistas na sustentabilidade. Através da utilização deste resíduo em forma de agregado, é possível substituir os agregados naturais que são utilizados nas obras de pavimentações, recuperação de calçadas e praças. De acordo com Nascimento Junior (2019), existem grandes vantagens para o manejo sustentável dos RCCs, como a preservação dos recursos naturais, redução do impacto ambiental (evitando descartes irregulares) e a necessidade de criação de novos aterros, devido a um menor volume de RCC a ser descartado.

4.2.1 Caracterização do Processo de Reciclagem de RCC

Segundo Cristo et al. (2014), as operações de uma usina de reciclagem de resíduos com origem na construção civil, desde o recebimento dos materiais brutos até a separação e estocagem, são caracterizadas pela seguinte sequência de atividades:

1. O entulho trazido pelos caminhões de coleta é depositado no pátio de recepção.
2. Após ser realizada a descarga no pátio, ocorre o processo de triagem manual dos materiais que não fazem parte das etapas de reciclagem do entulho, como plásticos, metais, papelão e pequenas quantidades de matéria orgânica. Além do processo manual de separação, há o auxílio de uma pá carregadeira para revirar o material descarregado de modo a facilitar a segregação dos que não serão utilizados pela equipe de serventes.
3. Os materiais segregados que não serão aproveitados no processo de reciclagem como gesso, madeira, ferro, papelão, plástico, entre outros, são separados e armazenados em locais específicos para destinação futura.
4. Estando o entulho livre dos materiais não reaproveitados, é levemente umedecido através de um sistema de aspersão, de forma a minimizar a quantidade de poeira gerada na futura trituração. Em seguida, é inserido, com auxílio da pá carregadeira, no alimentador vibratório que faz dosagem correta do material que passará no britador.

5. Passando pelo alimentador, o material segue para o britador, onde é triturado. Do britador o material segue numa pequena esteira rolante equipada com separador magnético, onde é efetuada a separação de resíduos de ferro que não foram identificados na triagem e, consequentemente, incluídos ao material britado;
6. Após essa separação inicial, o material é encaminhado à peneira vibratória, que executa a separação do material em granulometrias selecionadas.
7. Da peneira, cada uma das frações é transportada para o seu respectivo pátio de estocagem por meio de uma esteira transportadora convencional, de velocidade constante.

Conforme Abdou e Bernucci (2007), são vários os tipos de matéria gerada a partir da reciclagem de RCC, para os resíduos de Classe A:

- Bica corrida – granulometria variável, utilizada para sub-base de pavimentações, recuperação de vias rurais e serviços de tapa-buracos;
- Areia grossa – granulometria até 2,4 mm, opção para pequenos serviços, argamassa de assentamento e outros;
- Pedrisco – granulometria até 9,5 mm, recomendado para uso na fabricação de artefatos de cimento, bloco de vedação, piso intertravado, entre outros;
- Pedra n° 1 – granulometria até 19 mm, usada em diversas aplicações. Ex.: fabricação de concreto não estrutural e drenagens.
- Pedregulho ou rachão – granulometria acima de 25 mm, usado em diversas aplicações. Ex.: contenção de erosões e voçorocas, drenagens, etc. Após o processo de reciclagem dos resíduos e produção dos agregados apresentados, o material obtido está pronto para a venda.

Foto 11 – Bica corrida, areia e rachão, respectivamente.

Fonte: Multilix (2020).

Foto 12 – Pedra 1 e pedrisco, respectivamente.

Fonte: Usina Eco-x (2020).

Segundo Cristo et al. (2014), “a matéria-prima obtida pode ser novamente utilizada na indústria da construção civil no formato de: base e sub-base de rodovias; peças pré-moldadas não estruturadas; briquetes para calçadas; blocos muros e alvenaria de casas populares; agregados miúdos para revestimento; agregados para a construção de meios-fios; bocas-de-lobo e sarjetas; entre outros”.

4.3 SOLO REFORÇADO

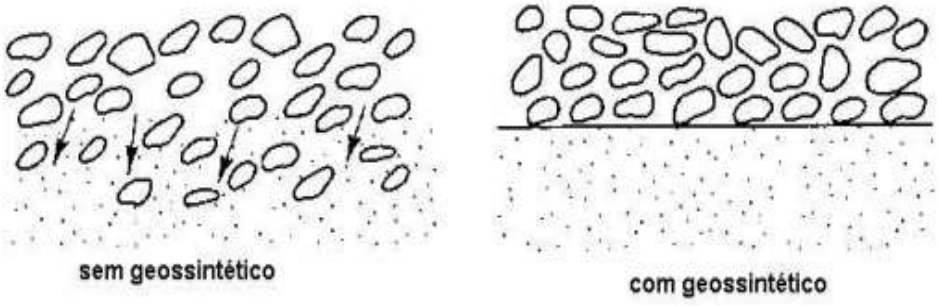
Os geossintéticos constituem um dos mais novos grupos de materiais de construção, empregados em obras de vários portes, especialmente na construção pesada. O termo deriva da junção de “geo”, referindo-se a terra, e “sintético”, referindo-se aos materiais poliméricos empregados na sua fabricação, de acordo com Abramento (2002).

Chama-se de solo reforçado o material composto por uma matriz de solo, resistente à compressão, e elementos lineares ou superficiais, abertos ou fechados, incorporados na matriz, que trabalham predominantemente à tração (BECKER, 2006).

De acordo com Koerner (2005), as funções dos geossintéticos nas obras geotécnicas podem ser classificadas em cinco categorias, conforme retratado a seguir:

- Separação: O geossintético é colocado entre dois materiais diferentes de maneira que eles não se misturem e que seus comportamentos permaneçam distintos. A separação é muito importante, por exemplo, no caso de aterros sobre solos moles, quando se deseja evitar a mistura do material de aterro com o solo mole, que certamente prejudicaria o comportamento mecânico do aterro. A Figura 13 apresenta o mecanismo utilizado na separação de geossintéticos (BECKER, 2006).

Foto 13 - Exemplo de função de separação.



Fonte: Becker (2006).

- Filtração: Koerner (2005) diz que a filtração é o equilíbrio geossintético-solo que permite um adequado fluxo de líquido com limitada perda de solo perpendicularmente ao plano do geossintético, durante uma vida de serviço compatível com a aplicação em consideração.
- Drenagem: É o equilíbrio geossintético-solo que permite um adequado fluxo de líquido com limitada perda de solo paralelamente ao plano do geossintético, dentro de sua estrutura, durante uma vida de serviço compatível com a aplicação em consideração (BECKER, 2006).
- Impermeabilização: Para impedir a passagem de líquidos, é usado os geossintéticos como bloqueio. Devido ao aumento das exigências ambientais com relação à disposição dos resíduos, essa aplicação recebeu grande importância.
- Reforço: Os solos em geral têm pouca ou nenhuma resistência à tração. Entretanto, os geossintéticos caracterizam-se por possuírem elevada resistência à tração. Desta forma, assim como se adiciona aço ao concreto para melhorar seu comportamento em relação à determinadas solicitações, pode-se inserir geossintéticos no solo. O compósito criado pela união destes dois materiais apresenta um comportamento mecânico melhor do que o solo não reforçado (BECKER, 2006).

Uma sugestão para a aplicação de RCCs no município de Manoel Ribas, é como geossintético de reforço para solos. Segundo Becker (2006), o conceito de solo reforçado através de geossintéticos pode ser empregue em construções de estruturas de contenção, reforço de aterros sobre solos com baixa capacidade de suporte ou reforço de camadas de pavimentos.

Segundo Dalmás e Bonatto (2019), quando áreas que eram constituídas por solos com baixa capacidade mecânica de sustentar uma edificação, elas passavam a ser substituídas por outras, desta forma, alterando a localização por locais com solos mais resistentes, ou ainda recorrendo a modificações nos projetos.

Ainda de acordo com Dalmás e Bonatto (2019), tais mudanças nos projetos enfrentam uma série de questões conflitantes, já que essas alterações significativas no projeto podem ser custosas financeiramente ou inviáveis mercadologicamente.

Sendo assim, uma solução para isso é promover a construção de reforço de solo, para otimizar suas propriedades físicas com o intuito de proporcionar uma maior capacidade de resistência. Quando se é utilizado os RCCs para reforçar solos, promove-se uma nova função para estes resíduos, para isso, é importante que haja a disposição adequada dos resíduos da construção civil (DALMÁS; BONATTO, 2019).

Além dos RCCs, também existem outros produtos que podem ser utilizados como geossintéticos, os principais disponíveis comercialmente são geogrelhas, geotêxteis, geomembranas e geocompostos, que podem ser vistos nas fotos abaixo.

Foto 14 – Geogrelha.

Fonte: Geofoco (2020).

Foto 15 – Geomembrana.

Fonte: Goiás Impermeabilizações (2020).

Foto 16 – Geotêxteis.

Fonte: Total Solo (2020).

Foto 17 – Geocomposto.

Fonte: BrasGrama (2020).

Ao reforçar um solo, deixando-o mais resistente à tração, obtém-se um aumento na resistência ao cisalhamento. Esta ideia de reforço é uma técnica que cada vez mais vem sendo utilizada, porém, segundo Becker (2006), a utilização de elementos com elevada resistência à tração para reforçar solos remonta ao período de civilizações antigas. Na Mesopotâmia, para a construção dos templos (zigurates), assim como na famosa muralha da China, foram utilizadas técnicas de reforço de solos. Sendo que a ação dos reforços é a de limitar a deformabilidade do solo, o que pode se dar de duas formas: deformação volumétrica ou extensão nas direções da armação (BECKER, 2006).

Segundo Becker (2006), as estruturas de contenção são elementos indispensáveis de uma grande variedade de obras e projetos de engenharia, podendo ser necessárias à construção de pontes, rodovias, píeres, atracadouros, ferrovias, prédios em geral, usinas e barragens.

4 CONCLUSÃO

Com esse estudo foi possível verificar como a falta de gestão e fiscalização geram impactos, a longo prazo, em cidades pequenas. Isso acontece devido ao fato de municípios pequenos não terem uma fiscalização correta com relação a esse tema. A indústria da construção civil é um dos ramos que mais causa poluição ao meio ambiente, um fator que contribui para isso é a destinação incorreta dos RCC, que além de gerarem impactos sociais, também causam impactos ambientais.

Um dos problemas encontrados no município de Manoel Ribas com relação aos RCC foi a destinação incorreta desses resíduos, que é feita através de um aterro privado. Foram propostas opções adequadas para se destinar os RCC, por meio de uma recicladora e para o uso em solo reforçado.

É preciso pensar nos impactos que esse problema causará para a população e meio ambiente devido ao descarte incorreto desses resíduos. Pensando nisso, as soluções propostas são viáveis para o desenvolvimento mais sustentável do município, para isso será preciso desenvolver economicamente uma logística que tornara possível a implantação dessas opções no município de Manoel Ribas.

REFERÊNCIAS

ABDOU, M. R.; BERNUCCI, L. L. B. **Pavimento ecológico:** uma opção para a pavimentação de vias das grandes cidades. Sinal de trânsito. São Paulo, 2007.

ABRAMENTO, M. 2002. Solos Reforçados com Geossintéticos, ABMS.

ABREU, Bruno Soares de. **Resíduos Sólidos Urbanos e seus Aspectos Sociais, Econômicos e Ambientais – Estudo de Caso**. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2009.

ALMEIDA, Jupira. **Viabilidade Técnica do Uso e Econômica da Produção do Agregado de RCD em Pavimentação de Vias Urbanas.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 15112**: Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – Áreas de Transbordo e Triagem. Rio de Janeiro - RJ: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 15114**: Resíduos Sólidos da Construção Civil - Áreas de Reciclagem. Rio de Janeiro - RJ: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 13749:** Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro – RJ: ABNT, 2013.

BECKER, Leonardo de Bona. **Comportamento de geogrelhas em muro de solo reforçado e em ensaios de arrancamento**. 2006. 322 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2006.

BOHNENBERGER, José Carlos et al. **Identificação de áreas para implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição com uso de análise multicritério.** 2018.

BRASGRAMA. **Sistema de Drenagem com Geocompostos em Gramados Sintéticos**. Disponível em: <http://www.brasgrama.com.br/sistema-de-drenagem-com-geocompostos-em-gramados-sinteticos>. Acesso em: 14 out. 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução n° 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios, procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília-DF.

BRASIL. Lei Federal 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e das outras providencias. Brasília – DF, 2010.

CASTILHOS Jr., A. D., FERNANDES, F., FERREIRA, J., JUCÁ, J., LANGE, L. C., GOMES, L. P., ... & ZANTA, V. (2006). **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de**

aterros sanitários. Coord.: Armando Castilhos Júnior. Projeto Prosab, 4. Rio de Janeiro: Abes.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Presidente: Jose Carlos Carvalho. Brasília, 2002.

CORRËA, Christiane Lyra. **Analise da Influência do Plástico Mole na Resistencia as Cisalhamento de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2013. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 2013.

DALMÁS, Amanda T.; BONATTO, Jaqueline. **Avaliação Do Desempenho Mecânico De Um Solo Típico De Caxias Do Sul/Rs Reforçado Com Resíduos Da Construção Civil.** In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA DO RIO GRANDE DO SUL, 2019, Santa Maria - RS.

DINIZ, Gleison Mendonça; ABREU, Monica Cavalcanti Sá de. Disposição (Ir)Responsável De Resíduos Sólidos Urbanos No Estado Do Ceará: Desafios Para Alcançar A Conformidade Legal. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 21-38, ago. 2018.

ECO-X. **Produtos Agregados Reciclados.** Disponivel em: <http://www.usinaecox.com/produtos-agregados-reciclados/>. Acesso em: 15 out. 2020.

FERREIRA, Alice Cristina Alves *et al*. Gestão de Resíduos Sólidos na Construção Civil. **Revista Pensar Engenharia**, Minas Gerais, v. 2, n. 2, jul. 2014.

GEOFOCO. **Geogrelha**. Disponível em: <http://geofoco.com.br/geossinteticos/geogrelha/>. Acesso em: 14 out. 2020.

GRUPO GOIAS IMPERMEABILIZAÇÕES. **Geomembrana Pead e Todas as Suas Informações.** Disponivel em: < https://goiasimpermeabilizacoes.com.br/manutencao/geomembrana-pead-e-todas-as-suas-informacoes-de-uso/>. Acesso em 14 out. 2020.

HORTEGAL, M. V., FERREIRA, T. C. e SANT'ANA, W. C.. **Utilização de Agregados de Resíduos Sólidos da Construção Civil para Pavimentação em São Luís – MA**. pp. 1-15.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. Informações e análises da economia mineral brasileira - **Agregados**. 7. ed. 2020. Disponivel em <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002784.pdf>. Acesso em 14 de out. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICAS E ECONÔMICAS (IBGE). **Anuários Estatísticos do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE 2000.

KARPINSKI, Luisete A. *et al*. **Gestão Diferenciada de Resíduos da Construção Civil**. Rio Grande do Sul: Edipucrs, 2009. 164 p.

KOERNER, R. M. Designing with Geosynthetics (5ª Edição Ed.). Pearson Education, Inc. New Jersey, 2005.

LACERDA, B. R. M; VALVERDE, F. M. **Consumo de Agregados**: demanda setorial permaneceu aquecida em 2012. Revista Brita e Areia – Anepac. ed. 59, 2013.

MARQUES NETO, J. C.; SCHALCH, V. Gestão dos resíduos de construção e demolição: estudo da situação no município de São Carlos-SP, Brasil. Engenharia Civil, n.36, p.41-50, 2010.

MORAIS, Haniel Meireles do Carmo. **Diagnostico dos Resíduos da Construção Civil Coletados por Empresas Privadas no Município de Goiânia**. 2010. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO, 2010.

MULTILIX. **Rachão Reciclado.** Disponivel em: <https://www.multilix.com.br/rachao-reciclado>. Acesso em: 15 out. 2020.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil**. São Paulo - SP: Oficina de Textos, 2014. 178 p.

NASCIMENTO JUNIOR, Raimundo Soares do. **Estudo de Caso: Implantação de um Núcleo para Armazenamento Seletivo de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) no Município de Maragogipe/BA**. 2019. 48 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Maria Milza, Governador Mangabeira - BA, 2019.

PIOVEZAN JÚNIOR, G. T. A. & SILVA, C. E. – I**nvestigação Dos Resíduos Da Construção Civil (RCC) Gerados No Município De Santa Maria-RS: Um Passo Importante Para A Gestão Sustentável** – Artigo, Belo Horizonte, 2007.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO - SINDUSCON-SP. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil: a experiência do Sinduscon-SP. Tarcísio de Paula Pinto** (Coord.) Obra limpa: I&T, São Paulo, 2005.

TEIXEIRA, Wagner. **Comportamento mecânico de misturas solo, cal e RCD para uso em pavimentos.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Curitiba-PR, 2019.

TOTAL SOLO. **Manta Geotêxtil para Drenagem.** Disponivel em: < https://totalsolo.com.br/blog/a-importancia-do-solo/>. Acesso em 15 out. 2020.

CRISTO, Aline Fátima Iensen de *et al*. Parâmetros operacionais para implantação de uma recicladora de resíduos da construção civil. **XXI Congresso Brasileiro de Custos**, Natal, nov. 2014.

ZANTA, V. M. (2008) Coordenação Geral Núcleo Regional do Nordeste- (Nurene). **Resíduos sólidos: gerenciamento e reciclagem de resíduo de construção e demolição - RCDs.** [Guia Do Profissional em Treinamento Níveis 1 E 2]. Salvador: ReCESA.