

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GIOVANA BATALHA

**ESTUDO DO IMPACTO ECONÔMICO GERADO PELA UTILIZAÇÃO DE
AGREGADO GRAÚDO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

CURITIBA

2022

GIOVANA BATALHA

**ESTUDO DO IMPACTO ECONÔMICO GERADO PELA UTILIZAÇÃO DE
AGREGADO GRAÚDO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Study of the economic impact generated by the use of recycled coarse
aggregate in civil construction**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Prof. Dr. André Nagalli

CURITIBA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GIOVANA BATALHA

**ESTUDO DO IMPACTO ECONÔMICO GERADO PELA UTILIZAÇÃO DE
AGREGADO GRAÚDO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Prof. Dr. André Nagalli

Data de aprovação: 14/junho/2022

Orientador: Prof. Dr. André Nagalli
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Aryane Spadotto
Arquiteta e Urbanista
Universidade do Oeste de Santa Catarina

Sandileia Recalcatti
Engenheira Civil
Universidade do Oeste de Santa Catarina

CURITIBA

2022

RESUMO

A construção civil é responsável por grande parte dos resíduos gerados no mundo, porém apresenta grande capacidade de reutilização e reciclagem. O presente trabalho visa comparar os custos associados ao uso de agregados naturais e reciclados no Brasil. A partir da comparação quantitativa em estudo de caso, foi possível realizar a identificação do impacto econômico gerado na construção civil e a partir disso identificar as possíveis causas de utilização ou não dos materiais reciclados, bem como os desafios e oportunidades no setor de materiais reciclados. Para a comparação, foi feito um levantamento de custos associados das duas classes de materiais e posteriormente aplicados em um orçamento real de uma obra de pavimentação. Identificou-se que o agregado reciclado apresenta grande potencial de economia nos orçamentos, sendo uma alternativa viável em diversas aplicações. A diferença entre os custos dos agregados reciclados e os naturais pode representar até 52,51% de economia no valor gasto com o material, para o caso de substituição integral do material usado numa obra de pavimentação em Curitiba. Destaca-se também a possibilidade de impacto direto no panorama ambiental, com a redução na demanda de agregados naturais e destinação inadequada dos resíduos.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos. Resíduos da construção e demolição. Impacto econômico na construção civil. Agregado reciclado. Pavimentação.

ABSTRACT

Civil construction is responsible for most of the waste generated in the world, despite great capacity for reuse and recycling. The present work intend to compare the costs of the use of natural and recycled aggregates in Brazil. From the quantitative comparison, the purpose is to identify the economic impact generated in civil construction and from that identify the possible causes of desuse of recycled materials, as well as the challenges and opportunities in the sector. For the comparison, a survey of associated costs of the two classes of materials was made and subsequently applied in a real budget of a paving work. It was identified that the recycled aggregate has great potential for savings in budgets, being a viable alternative in several applications. The difference between the costs of recycled and natural aggregates can represent up to 52,51% savings in the amount spent with the material, in the case of total replacement of the material used in paving work in Curitiba. The possibility of a direct impact on the environmental panorama is also highlighted, with the reduction in the demand for natural aggregates and the inadequate destination if residues.

Key words: Urban solid waste. Construction waste. Economic impact on construction. Recycled aggregate. Paving with recycled aggregate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo de beneficiamento do RCD Classe A	22
Figura 2 - Vista geral dos equipamentos da usina HB Ambiental.....	31
Figura 3 - Pedrisco e areia reciclados	32
Figura 4 - Areia e material britado reciclados.....	33
Figura 5 - Imã presente no maquinário	34
Figura 6 - Material britado reciclado.....	35
Figura 7 - Resíduo de gesso após triagem	36
Figura 8 - Rejeitos após triagem	36
Figura 9 - Caçamba rejeitada pela heterogeneidade do material.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos resíduos da construção civil e demolição.....	14
Tabela 2 – Preço de venda do agregado reciclado graúdo em Curitiba e região próxima	39
Tabela 3 - Preços da Brita 1 em Curitiba e Região	39
Tabela 4 – Itens do orçamento que utilizam agregado natural	41
Tabela 5 – Composição de custos do orçamento	42
Tabela 6 – Custos totais dos materiais	43
Tabela 7 - Composição dos valores no orçamento.....	44
Tabela 8 - Sensibilidade do Custo do Material	44
Tabela 9 – Correlação entre produção de brita e INCC.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANM	Agência Nacional de Mineração
ARC	Agregado Reciclado de Concreto
ARCI	Agregado Reciclado Cimentício
ARM	Agregado Reciclado Misto
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INCC	Índice Nacional da Construção Civil
IRR	Índice Nacional de Recuperação de Resíduos
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduos
NBR	Norma Brasileira
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos da Construção e Demolição
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivo geral	11
1.1.2	Objetivos específicos.....	11
1.2	Justificativa	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	Panorama dos resíduos sólidos no Brasil	12
2.2	Resíduos da construção e demolição	13
2.3	Panorama dos resíduos sólidos da construção e demolição no Brasil	15
2.4	Agregado graúdo natural	17
2.5	Agregado reciclado	18
2.6	Destinação final e impactos ambientais	19
2.7	Usinas de reciclagem de resíduos da construção civil	21
2.8	Aplicações do resíduo de construção reciclado	22
2.9	Legislações	23
2.10	Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)	24
2.10.1	Índice Nacional da Construção Civil (INCC).....	26
3	MÉTODOS	27
3.1	Materiais convencionais	27
3.2	Material britado reciclado	27
3.3	Impacto econômico	28
3.3.1	Impacto macroeconômico	28
4	RESULTADOS	30
4.1	Usinas de reciclagem em Curitiba e municípios próximos	30
4.1.1	HB Ambiental.....	30
4.1.2	Tecter	37
4.1.3	Cooperconcre	37
4.1.4	Solo e Água Terraplenagem.....	38
4.2	Resultados da pesquisa de mercado de venda de RCD em Curitiba	38
4.3	Análise do custo do agregado graúdo natural	39
4.4	Análise de impacto econômico em estudo de caso	40

4.5	Impacto macroeconômico	45
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERÊNCIAS.....	47
	ANEXO A - ORÇAMENTO DE LICITAÇÃO DE OBRA DE PAVIMENTAÇÃO EM CURITIBA	50
	ANEXO B - COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DO ORÇAMENTO.....	58

1 INTRODUÇÃO

Ao falar de materiais reciclados estabelece-se uma conexão automática com o universo de temas sustentáveis. Porém, pouco se discute pela ótica financeira de viabilidade, e, também, de impactos econômicos que seriam gerados a partir da utilização em larga escala desses materiais. Os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) representam cerca de 60% dos resíduos coletados no Brasil em relação ao total de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) coletados em 2019, sendo, portanto, uma das principais atividades geradoras de resíduos (ABRELPE, 2020). Essa grande quantidade de resíduos na construção civil advém, principalmente, de folgas de dimensionamento, erros de execução de projetos ou falhas humanas.

Na Europa, a construção civil é responsável por quase metade da extração de recursos naturais e um terço da geração de resíduos (ZHANG et al., 2022). Estima-se que na Europa exista um desperdício anual de cerca de 200 milhões de toneladas de concreto, pedras e recursos minerais valiosos (LAGUETTE, 1995). A reciclagem desses materiais pouparia não somente o ambiente de descartes desnecessários, mas também os ambientes utilizados para extração de matéria prima, como é o caso das pedreiras.

Além do problema de geração de resíduos, no Brasil tem-se um cenário preocupante de destinação inadequada para esses resíduos. Cerca de 40% de todo o resíduo coletado tem uma destinação final inadequada. Ainda, o destino inadequado impacta diretamente a saúde e o ambiente de todos que o rodeiam, o qual gera um custo ambiental e sanitário de cerca de 1 bilhão de dólares por ano para os devidos tratamentos (ABRELPE, 2020).

Estima-se que 98% dos resíduos gerados pela construção civil são recicláveis, porém hoje, no Brasil, algo em torno de 21% são de fato reciclados (ABRECON, 2020). Isso acontece porque, além dos inúmeros problemas encontrados no descarte dos resíduos, existe também um hiato entre oferta e demanda de materiais reciclados causado principalmente pela falta de maturidade do mercado da construção civil com relação aos Resíduos de Construção e Demolição.

Em 2021 foi publicada uma atualização da Norma ABNT NBR 15116, a anterior de 2004 recomendava o uso de agregados reciclados apenas em funções não estruturais, recomendação que não se aplica mais a nova norma. A atualização de 2021 permite o uso do agregado reciclado em concretos estruturais com algumas

ressalvas. Apesar das limitações, tal avanço no setor dos materiais reciclados reafirma a existência de um mercado capaz de absorver a produção do material reciclado.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Identificar oportunidades, benefícios e problemas enfrentados no mercado brasileiro de construção civil em decorrência da utilização de materiais reciclados, especialmente os agregados reciclados similares à brita 1.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos para este trabalho são:

- Comparar os custos dos materiais convencionais utilizados na construção civil com os custos dos materiais reciclados;
- Analisar o impacto econômico que seria gerado a partir da substituição de parte dos materiais por materiais reciclados;

1.2 Justificativa

A construção civil é responsável por uma das parcelas mais significativas da geração de resíduos no Brasil e no mundo (ABRELPE, 2020). Mesmo com avanços tecnológicos e estudos que comprovam a eficácia da utilização de resíduos, ainda é uma opção não adotada em larga escala, isso, de acordo com Simpson (1999), se dá pela dificuldade de aceitação do mercado para a utilização do material.

Ao partir da premissa que a não utilização do material reciclado ocorra devido a uma imaturidade ou resistência no setor, esse trabalho visa, a partir da análise dos impactos econômicos, fomentar discussões que impulsionem as principais figuras da construção civil a adotar o uso de materiais reciclados, o que resulta em uma redução do impacto ambiental das suas atividades.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Panorama dos resíduos sólidos no Brasil

A geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) tem relação direta com o local onde se desenvolvem as atividades humanas, tendo em vista que o descarte dos resíduos é resultado direto do processo de aquisição e consumo de bens e produtos das mais variadas características (ABRELPE, 2021).

Os resíduos sólidos são definidos pela Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), como material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Uma outra definição que permite entender por resíduo sólido todo e qualquer resíduo gerado a partir da atividade humana seria a da norma ABNT NBR 10004:2004:

“qualquer resíduo sólido ou semissólido originário de atividades industriais, domésticas, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.”

No Brasil, cerca de 225.965 toneladas de resíduos sólidos urbanos são geradas por dia. Isso resultou em um total de 82,5 milhões de toneladas de RSU geradas no ano de 2020 (ABRELPE, 2021). A geração de resíduo teve um aumento de 4,3% em relação ao ano anterior, no qual foram gerados 79 milhões de toneladas de resíduo. No mesmo período de comparação, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) estimou que a população brasileira cresceu em 0,74%.

O desalinhamento dos crescimentos percentuais da população e geração de resíduos mostra que as pessoas consomem cada vez mais. Tal suposição é confirmada nos panoramas da Abrelpe, no qual a geração de resíduos urbanos per capita passou de 379,2 kg/hab/ano para 390 kg/hab/ano (ABRELPE, 2020 e 2021). Um crescimento de 2,85% na geração de resíduos por pessoa por ano.

A região Sudeste teve a maior participação na geração de resíduo, sendo responsável por praticamente 50% do valor anual de RSU gerado, porém, é também a região com maior nível de cobertura de coleta. A região sudeste coletou 98,2% dos

resíduos gerados, sendo 73,4% desse volume destinados corretamente (ABRELPE, 2021).

Porém, quanto a destinação final, a realidade no Brasil como um todo é outra. O resultado geral do panorama é que 39,8% dos resíduos gerados são destinados de forma inadequada, sendo direcionados para lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2021).

O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) traz em seu relatório de 2019 que o Índice Nacional de Recuperação de Resíduos (IRR) é de 1,67%. O cálculo tem como base os seguintes fatores:

$$\frac{(\text{reutilização} + \text{reciclagem} + \text{recuperação energética})}{\text{Geração de resíduos sólidos urbanos}}$$

Pode-se entender que a geração de resíduos está em níveis muito superiores à soma das atividades sustentáveis que visam a reutilização, reciclagem ou recuperação energética dos produtos utilizados.

2.2 Resíduos da construção e demolição

Ao tratar mais especificamente do universo da construção civil, de acordo com a Resolução nº 307, alterada pela Resolução nº 448/12, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 5 de julho de 2002, define-se:

“Resíduos da construção civil: 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.”

Ainda na Resolução nº 307, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 5 de julho de 2002 e alterada pelas Resoluções nº 469/2015, nº 431/11 e nº 348/04 os RCDs são classificados em quatro classes, conforme Tabela 1:

Tabela 1 - Classificação dos resíduos da construção civil e demolição

Tipo de RCC	Definição	Exemplos	Destinações
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados	i) Resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; ii) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; iii) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;	Reutilização ou reciclagem na forma de agregados, ou encaminhados às áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura
Classe B	Resíduos recicláveis para outras destinações	Plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso	Reutilização/reciclagem ou encaminhamento às áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura
Classe C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação	-	Armazenamento, transporte e destinação final conforme técnicas específicas
Classe D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção	Tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.	Armazenamento, transporte, reutilização e destinação final conforme normas técnicas específicas de cada tipo de resíduo

Fonte: CONAMA (2002)

Devido à sua natureza variada, os RCDs são difíceis de processar e a existência de contaminantes afeta o manuseio e as propriedades do produto final, cuja qualidade, sendo inferior ao agregado natural, é uma das maiores barreiras para o uso mais amplo na construção (MIRANDA et al., 2020). Na reciclagem, o RCD passa

por algum tipo de beneficiamento para que possa ser reutilizado. O beneficiamento dos resíduos de construção civil, com foco nos resíduos de Classe A, engloba fases de separação, britagem, peneiramento e estocagem, para então ser encaminhado para a utilização (LEITE, 2001).

2.3 Panorama dos resíduos sólidos da construção e demolição no Brasil

Os resíduos sólidos da construção e demolição representaram 57% dos resíduos gerados no Brasil no ano de 2021 (ABRELPE, 2021). O número mostra que a construção civil é a principal atividade geradora de resíduo, cenário que se repete ao redor do mundo.

Ao comparar os panoramas da Abrelpe disponibilizados em 2020 e 2021, pode-se observar que aumentou, em valores de toneladas, os RCDs coletados nos municípios. O acréscimo de quase 2,5 milhões de toneladas, ao serem trazidos a valores percentuais em relação ao total de resíduos urbanos gerados nos períodos, pouco difere, tendo tido um aumento de 0,6% de um ano para o outro. Isso mostra que a geração de resíduos como um todo aumentou, o que resulta em maior pressão no panorama ambiental.

A reciclagem dos RCD é uma das ações que deve ser cada vez mais popularizada na construção civil, principalmente pelo fato de apresentarem elevado potencial de reaproveitamento e reciclagem. A exigência da incorporação desses materiais em alguns processos pode ser uma alternativa para economia de matéria prima, visto que se suprime a necessidade de novas extrações naturais (SPOSTO, 2006).

Boa parte dos resíduos gerados na construção vêm de perdas e consequentes desperdícios. As causas para tal desperdício nas obras de construção civil vão desde as etapas de instalação do canteiro, planejamento, transporte, armazenamento inadequado de materiais, imperfeições no próprio material de construção, erros de execução por desqualificação da mão de obra, entre outros (ALVES; QUELHAS, 2004).

Segundo Formoso et al. (1993), as perdas podem ser categorizadas de 9 formas segundo sua natureza:

- Perda por superprodução: são as perdas relacionadas a produção superiores às necessárias. Exemplo: excesso de espessura de uma laje.

- Perda por substituição: é a utilização de material de característica superior ao especificado. Exemplo: utilização de argamassa de traço superior ao necessário.
- Perda por espera: se relaciona com a sincronização e o nivelamento dos fluxos de materiais e equipamentos e as atividades dos trabalhadores. Exemplo: paralização de uma atividade por falta de disponibilidade de equipamento ou incapacidade para realizar devido intempérie.
- Perda por transporte: são as perdas relacionadas ao manuseio excessivo ou inadequado dos materiais e componentes em função de má programação de atividades. Exemplo: quebra de material devido ao manuseio.
- Perdas no processamento em si: são as perdas devido a execução inadequada da atividade. Exemplo: quebra de parede rebocada para embutir instalações.
- Perdas no estoque: são associadas à existência de estoque excessivos, por programação inadequada, erros de orçamento ou falta de local adequado para armazenamento. Exemplo: perda de cimento devido ao armazenamento sob intempérie.
- Perdas no movimento: são as perdas decorrentes da movimentação desnecessárias dos trabalhadores. Exemplo: colaboradores afastados.
- Perdas pela elaboração de produtos defeituosos: é a execução de produtos que não atendem aos requisitos de qualidade especificados. Exemplo: falha na impermeabilização que causa infiltração em outros processos.
- Outras: roubo de material no canteiro, vandalismo e consequente inutilização do material ou necessidade de refazer processo etc.

Pode-se concluir que as perdas são geradas na maioria das vezes por ingerência dos processos construtivos, principalmente devido à falta de coordenação desde a fase inicial de implementação da obra até a fase final. A falta de padronização dos elementos construtivos, baixa qualidade e falta de detalhamento dos projetos, falta da gestão na aquisição, transporte, estocagem e manuseio dos materiais podem levar a erros que são traduzidos em perdas e por consequência em resíduos ou rejeitos que afetam o meio ambiente (FORMOSO et al., 1993).

2.4 Agregado graúdo natural

A NBR 7211:2005 define como agregado graúdo aquele cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm. A norma ainda define que os agregados devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, e não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, se for requerido, o aspecto visual externo do concreto (ABNT, 2005).

O agregado graúdo natural, popularmente chamado de brita, é normalmente formado por fragmentos de rochas, no Brasil são comumente formados a partir de granito, gnaiss, calcário e basalto (VALVERDE, 2001).

Entretanto, nem sempre as condições ideais para extração do material são encontradas. Na região de Manaus/AM, rochas para brita não são encontradas em localidades próximas, sendo utilizado o cascalho como substituição. Na Bacia do Paraná, afloramentos de rocha para britagem são difíceis de serem encontrados, o que cria a necessidade de transportar a brita por distâncias superiores a 100 km. (VALVERDE, 2001). Tais dificuldades poderiam também ser sanadas, ao menos parcialmente, com a substituição do material natural pelo material reciclado.

A indústria de agregados está diretamente ligada ao desenvolvimento das cidades e padrão de vida desfrutado por uma população, afinal, todas as obras de infraestrutura exigem o consumo de agregados. Ao comparar os consumos de agregados com o nível de desenvolvimento, observa-se que países desenvolvidos têm uma maior relação de consumo médio do material por habitante por ano (SERNA E REZENDE, 2013).

Uma das barreiras de entrada no mercado de agregados é o fator de normalmente estarem associados à grandes distâncias dos centros urbanos, o que torna o negócio muitas vezes inviável pelos custos de transportes associados que podem corresponder até 2/3 do valor final. Uma das vantagens do material reciclado é a proximidade das usinas de beneficiamento ou até mesmo a possibilidade de usinas móveis ou módulos de reciclagem *in loco* (SERNA E REZENDE, 2013).

2.5 Agregado reciclado

De acordo com a Resolução CONAMA nº 307/02, agregado reciclado é definido como “material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia” (CONAMA, 2002).

Além das classes A, B, C e D, existem as subclasses Agregado Reciclado de Concreto (ARC), Agregado Reciclado Cimentício (ARCI) e Agregado Reciclado Misto (ARM). Os agregados reciclados de concreto (ARC), segundo a ABNT NBR 15116:2021, são os obtidos por meio do beneficiamento de resíduos classe A que possuam na fração graúda no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland ou rochas. Por outro lado, o agregado reciclado misto (ARM) é proveniente de resíduos classe A com menos de 90% em massa de materiais cimentícios e rochas. O ARCI é constituído predominantemente por materiais cimentícios diversos, sendo os principais os fragmentos de concretos, blocos de pré-moldados e argamassas.

Apesar de simples definição, o agregado reciclado é um material extremamente heterogêneo justamente pela multiplicidade de tarefas executadas em um canteiro de obras. Tal heterogeneidade resulta em uma variabilidade de propriedades, o que torna difícil a tarefa de controle de qualidade e resistência (FERREIRA, 2013).

Por conta da heterogeneidade e possibilidade de impurezas no material, a substituição integral por material reciclado se torna pouco viável para utilização em concreto, principalmente aqueles que necessitam de alto desempenho. Quanto maior a taxa de substituição dos agregados menor é a resistência à compressão do concreto (FERREIRA, 2013).

Quanto a utilização do agregado reciclado, tem-se duas normas que falam sobre seus usos, a ABNT NBR 15115:2004 que estabelece critérios para a execução de camadas de pavimentação com agregado reciclado, e a ABNT NBR 15116:2021 de forma complementar que estabelece critérios para a utilização em argamassas e concretos de Cimento Portland. A última atualização permite a utilização do material reciclado em concretos estruturais, desde que o seja de origem de agregado reciclado de concreto com substituição máxima de 20% do material convencional e finalidade

para concretos de classes de agressividade I ou II com resistência máxima exigida de projeto na ordem de 20 MPa.

Um dos problemas encontrados para a utilização do material reciclado é pelo alto teor de argamassa aderida às partículas recicladas, fator que pode diminuir a densidade, aumentar a porosidade e conseqüentemente diminuir a resistência mecânica e durabilidade do composto final (FERREIRA, 2013).

As propriedades físicas e químicas dos agregados e das misturas ligantes são essenciais para a vida das estruturas (obras) em que são usados. São inúmeros os exemplos de falência de estruturas em que é possível chegar-se à conclusão que a causa foi a seleção e o uso inadequado dos agregados (VALVERDE, 2001).

O agregado reciclado de concreto apresenta um elevado valor de CBR (California Bearing Ratio, ou índice de suporte Califórnia), 182%, superior aos limites de 20% e 60% exigidos pela norma ABNT NBR 15115:2004 para o emprego de agregados reciclados de resíduos de construção civil em camadas de sub-base e base de pavimentos, respectivamente. Sendo assim, uma alternativa interessante de substituição do agregado natural em obras de pavimentação de sub-base e base (GRUBBA, 2009).

2.6 Destinação final e impactos ambientais

Em 2021, foram coletadas cerca de 47 milhões de toneladas de RCD, número que representa um crescimento de 5,5% em relação ao ano anterior (ABRELPE, 2021). No Estado de São Paulo, em 2020 existiam 346 aterros, sendo 90,8% públicos, porém, 60,1% dos resíduos foram destinados aos aterros privados. Observa-se também que 8,3% dos municípios enquadram-se como inadequados ao avaliar a situação de disposição de resíduos, utilizando de aterros com vida útil esgotada ou interditados pela CETESB, descumprindo a interdição (CETESB, 2021).

Segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002, os geradores dos RCD são responsáveis pela coleta, transporte e destinação final. Considera-se que os geradores de resíduos da construção civil são 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.

A destinação incorreta dos resíduos sólidos prejudica diretamente a saúde de 77,6 milhões de brasileiros e gera um custo ambiental e para o sistema de saúde de cerca de US\$1 bilhão por ano. O transporte clandestino ou irregular são alguns dos

principais agentes causadores da deposição irregular dos resíduos, pois pouca fiscalização recai sobre essa etapa do processo (SCHNEIDER et al., 2004). Além de que quem descarta resíduos em locais não autorizados comete crime ambiental e pode ser autuado, de acordo com a Lei Federal 9.605/98 (Lei de crimes ambientais), Decreto 6514/2008, legislações estaduais e municipais (se houver).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010) define:

“Destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

- Disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;”

Segundo a Resolução CONAMA Nº 307/2002, alterada pela Resolução nº 448/12, os RCD não podem ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, áreas de “bota-fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. A resolução ainda define:

“Aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros: é a área tecnicamente adequada onde serão empregadas técnicas de destinação de resíduos da construção civil classe A no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente e devidamente licenciado pelo órgão ambiental competente;”

Adicionalmente, existem algumas legislações que permitem um maior controle da destinação adequada dos resíduos. Como exemplo, têm-se o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), que foi estabelecido por meio da Lei nº 15.251/2010 e suas atualizações. A legislação determina que toda vez que um resíduo for movimentado para seu destino final, ou armazenador temporário, a carga deve ser acompanhada pelo Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR). O documento, obrigatório, é emitido e preenchido pelo gerador do resíduo, que deverá, já no momento do preenchimento, indicar o transportador e o destinador daquele resíduo.

Além do MTR, os destinadores de resíduos podem emitir o Certificado de Destinação Final (CDF) para resíduos devidamente destinados. Todos os usuários

devem preencher semestralmente a Declaração de Movimentação de Resíduos (DMR) que consolida as informações prestadas ao órgão ambiental.

2.7 Usinas de reciclagem de resíduos da construção civil

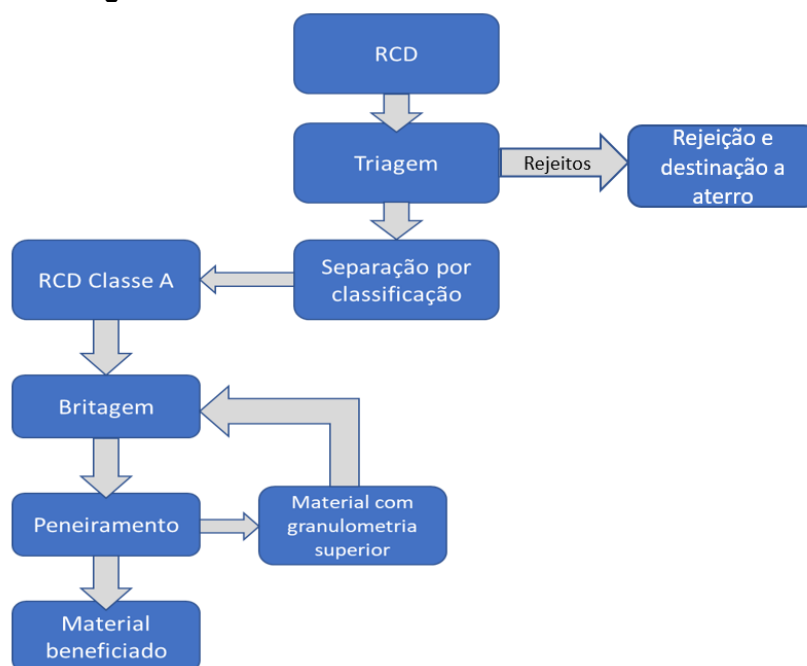
O Brasil tem ao menos 310 usinas de reciclagem em funcionamento, sendo praticamente metade delas localizadas no Estado de São Paulo (ABRECON, 2016). Além do número de usinas baixo tendo em mente a dimensão territorial do Brasil, 52% delas produzem volumes muito abaixo da sua capacidade instalada, isso devido a falta de entrada de matéria prima e a baixa demanda pelo material reciclado (REZENDE, 2019).

O processo de reciclagem dos resíduos de construção civil é bastante simples. Basicamente, os resíduos devem ser separados de acordo com a sua classificação e destinados ao beneficiamento a partir disso (FERREIRA, 2013).

De acordo com a ABNT NBR 15114:2004, a usina de reciclagem de RCD é um espaço físico constituído de equipamentos necessários para reciclagem dos resíduos sólidos de construção classe A. O espaço é dividido em pátios de recepção de resíduos, estocagem, manuseio e armazenamento dos materiais produzidos, com acessos para manobras de veículos e local administrativo.

Os resíduos de Classe A, os quais abrangem resíduos de obras pavimentação e infraestrutura, componentes cerâmicos e oriundos da fabricação e/ou demolição de peças de concreto, são os resíduos utilizados para alimentar o britador das usinas. O funcionamento das usinas de reciclagem de RCD são basicamente os mesmos, sendo constituídas principalmente de um britador e peneira vibratória para separação do material em diferentes granulometrias. As particularidades que existem entre as usinas serão devido a maior ou menor nível tecnológico (MIRANDA et al., 2020). O processo de reciclagem e beneficiamento do resíduo de Classe A pode ser melhor observado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxo de beneficiamento do RCD Classe A



Fonte: A autora (2022)

Existem também as usinas móveis, o princípio de funcionamento é o mesmo, porém em escala reduzida. A diferença entre a adoção de unidade fixa ou móvel, se dá principalmente pelo volume de demanda da construção em questão, no caso de obras longas e que envolvam grandes volumes (FERREIRA, 2013).

2.8 Aplicações do resíduo de construção reciclado

Muitas são as possibilidades de utilização de materiais reciclados na construção civil. A inclusão dos materiais reciclados poupa a natureza da extração de novas matérias primas, visto que normalmente os reciclados são provenientes de blocos ou estruturas que tiveram uso semelhante (LAGUETTE, 1995).

A tecnologia em que se baseiam as unidades de reciclagem RCD é um dos fatores decisivos que afeta a qualidade dos produtos reciclados e, juntamente com a abordagem de demolição, determina a sua viabilidade (MIRANDA et al., 2020).

Alguns exemplos de materiais reciclados e suas utilizações:

- Areia reciclada utilizada em argamassa reciclada para assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, blocos cerâmicos e tijolos de vedação;
- Agregado graúdo reciclado provenientes da reciclagem de fragmentos de concreto para fabricação de blocos de artefatos de concreto, manilhas, entre outros;

- Agregado reciclado para utilização em lastro para assentamento de dutos, construção de pavimentos, etc.

Grubba (2009) constatou que o agregado reciclado de concreto é uma alternativa interessante ao emprego de agregados naturais nas camadas de base e sub-base de pavimentos, substituição que agrega inclusive em ganhos de resistência mecânica oriundos da cura desse material.

Estudos recentes apontam que é viável tecnicamente a utilização de agregado reciclado em concretos estruturais, inclusive a atualização da ABNT NBR 15116:2021 traz isto como principal mudança da atualização. Nogueira em seu estudo de confecção de um concreto sustentável (2013), concluiu que a utilização do agregado graúdo é viável, porém o agregado miúdo não atinge o módulo de finura necessário para o uso. Inclusive, nos ensaios de compressão axial, os corpos de prova confeccionados com materiais reciclados obtiveram resultados muito próximos do confeccionado de maneira tradicional, o que reafirma a viabilidade técnica de utilização do material reciclado (NOGUEIRA, 2013).

Silva et al. (2014) constataram que apesar do concreto produzido com material reciclado ser mais poroso e menos denso, os resultados obtidos apresentaram valores de resistência à compressão e tração que pouco diferem dos traços de referência com agregados naturais, mostrando que é possível a substituição de 100% dos agregados naturais pelos reciclados.

2.9 Legislações

Os RCD estão sujeitos à legislação federal referente aos resíduos sólidos, à legislação específica de âmbito estadual e municipal, bem como às normas técnicas brasileiras.

Ao explorar as legislações vigentes, a Resolução do CONAMA nº 307/02, com alteração pela nova redação da Resolução nº 448/12, determina “Art. 4º 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.” A resolução representa um marco no sistema regulatório de gestão de resíduos, e por conta disso a reciclagem de resíduos ganhou maior destaque (SOTO, 2017).

Um possível entrave para a baixa capacidade instalada de usinas de reciclagem no Brasil se dá pelo processo burocrático de licenças dos terrenos para tal

finalidade e a necessidade de Licenças Operacionais Ambientais, processos que adicionam custo e desgaste aos projetos e/ou início das operações (REZENDE, 2019).

De forma complementar às legislações vigentes, têm-se algumas normas técnicas da ABNT que auxiliam as especificações acerca dos RCDs, servem de exemplo as seguintes que serviram de apoio para diversos tópicos do presente estudo:

- NBR 15113:2004 - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para implantação e operação;
- NBR 15114:2004 - Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15115:2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos;
- NBR 15116:2021 - Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios.

2.10 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010) trouxe ao país uma série de inovações para a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos. A partir desta, foram estabelecidos princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, com ou sem cooperação dos Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, que visam à gestão integrada e gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

Para contextualizar, o Art. 7º traz os objetivos da PNRS, sendo os mais relevantes para o tema em questão os seguintes:

*“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;”*

No Art. 10º da PNRS, tem-se um dos conceitos mais importantes em relação ao gerenciamento de resíduos, o qual traz que é de responsabilidade do gerador o

gerenciamento de resíduos. Ao trazer tal conceito para a o universo da construção civil, entende-se que todas as obras, reformas e demolições em que são gerados resíduos, o responsável pela obra deve prever o gerenciamento de tal resíduo. O gerenciamento inclui a caracterização dos resíduos, contratação de serviços de coleta, armazenamento, transporte, transbordo, tratamento e destinação dos resíduos ou disposição final dos rejeitos.

Ao tratar-se de serviços delegados a terceiros, a PNRS traz o seguinte:

“Art 27. § 1º A contratação de serviços de coleta, armazenamento, transporte, transbordo, tratamento ou destinação final de resíduos sólidos, ou de disposição final de rejeitos, não isenta as pessoas físicas ou jurídicas referidas no art. 20 da responsabilidade por danos que vierem a ser provocados pelo gerenciamento inadequado dos respectivos resíduos ou rejeitos.”

Portanto, é de dever do responsável o acompanhamento de todas as etapas do gerenciamento dos resíduos, com a obrigação de se certificar da concretização de todas as etapas.

Outro tema relevante abordado na Política Nacional de Resíduos Sólidos é o de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. A responsabilidade compartilhada abrange os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos. Dentre os objetivos trazidos pela PNRS, merecem destaques pelo tema de estudo:

*“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;”*

Ao falar de produtos, a PNRS aborda como principais pontos da responsabilidade compartilhada:

“a) que sejam aptos, após o uso pelo consumidor, à reutilização, à reciclagem ou a outra forma de destinação ambientalmente adequada;

b) cuja fabricação e uso gerem a menor quantidade de resíduos sólidos possível;”

Por fim, vale ressaltar o marco que a Política Nacional de Resíduos Sólidos trouxe ao país, o qual serve de ferramenta para orientar a elaboração de planos nacionais, estaduais e municipais de gerenciamento de resíduos sólidos, o que coloca o tema como pauta em diversos níveis da União.

O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) traz na prática a efetividade e aderência ao disposto na PNRS. O último relatório completo é de 2019, neste consta que apenas 23 estados são declarantes no SINIR, e apenas 19 (70,37%) estados elaboraram plano de gerenciamento de resíduos sólidos segundo a PNRS. Os números caem bastante ao nível municipal, sendo apenas 44,65% os municípios que possuem planos municipais de gerenciamento de resíduos (SINIR, 2019). Isso mostra que ainda existe muito a ser feito.

2.10.1 Índice Nacional da Construção Civil (INCC)

O Índice Nacional da Construção Civil é o principal indicador econômico do setor e reflete diretamente o preço dos insumos das construções. O INCC é um indicador de recorrência mensal aferido pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) (Portal FGV IBRE, 2022). Por trazer em seu cálculo as componentes de preços dos insumos, serviços e mão de obra, é um indicador de inflação mas também de atividade do setor, sendo muitas vezes utilizado para o reajuste de orçamentos, contratos e financiamentos imobiliários (Portal FGV IBRE, 2022).

O INCC é responsável por 10% do Índice Geral de Preços (IGP), sendo assim, um componente secundário da inflação nacional. O IGP é um indicador voltado para o atacado e é também conhecido por sua influência no reajuste dos valores do setor imobiliário, mais especificamente no valor dos aluguéis (Portal FGV IBRE, 2022).

Este indicador é calculado com base em uma média ponderada de um sistema de preços de insumos do setor, envolvendo custos de mercadorias, equipamentos, serviços e mão de obra. Tem como abrangência sete capitais brasileiras, sendo elas: Belo Horizonte, Brasília, Porto Alegre, Recife, Salvador, Rio de Janeiro e São Paulo (Portal FGV IBRE, 2022).

3 MÉTODOS

Esse estudo se caracteriza por uma abordagem quantitativa dos valores dos custos que abrangem a utilização do agregado graúdo reciclado ou utilização do agregado graúdo convencional em pavimentações. A finalidade é estabelecer uma relação entre ambos e identificar oportunidades de economia que geram consequentemente um impacto sustentável de maior preservação e sustentabilidade na construção civil.

O trabalho divide-se em três partes: primeiramente a identificação de preços da utilização de materiais convencionais na engenharia civil e identificação dos custos dos materiais reciclados que poderiam substituir os convencionais. Posteriormente, os valores são aplicados em um caso real para avaliar o impacto econômico que seria gerado no valor final de orçamento da obra.

Tendo em vista os materiais disponíveis e a larga utilização, arbitrou-se pela utilização da brita 1 (malha entre 9,5 mm e 19 mm) como material agregado natural para comparar frente ao material britado reciclado, inclui-se o fato da utilização de ambos serem similares no caso de pavimentações.

3.1 Materiais convencionais

Por meio de pesquisa ativa nas empresas de Curitiba e região, é possível obter por média aritmética simples o valor médio praticado na venda de agregado graúdo natural. Arbitrou-se pela escolha do material agregado natural conhecido como brita 1 (malha entre 9,5 mm e 19 mm) como objeto de pesquisa. Foram consultadas empresas por meio de contato telefônico para obter o preço de venda. As entrevistas foram realizadas no início de maio de 2022. A cotação do dólar utilizada foi a do dia 16 de maio, no qual se encontrava em R\$5,06.

3.2 Material britado reciclado

Os valores praticados pelas usinas de reciclagem de RCD foram obtidos também por meio de pesquisa ativa. Primeiramente, foi realizado um mapeamento das Usinas de Reciclagem ativas em Curitiba e regiões próximas por meio da lista disponível no site da Abrecon e a partir disso, realizado contato telefônico para breves entrevistas. Por ser uma lista enxuta de empresas que realizam o serviço de

reciclagem e beneficiamento do RCD, estendeu-se a pesquisa até o município de Ponta Grossa, por conta da presença de uma cooperativa relevante ao tema.

3.3 Impacto econômico

O estudo de impacto econômico causado na utilização do material agregado graúdo reciclado se divide em duas partes. Em escala microeconômica, será analisado o impacto da substituição do material em obras de pavimentação a partir de estudo de caso. A análise será realizada através de comparativo de preços dos materiais obtidos de um orçamento real.

Para o estudo de caso, a partir do Portal da Transparência do município de Curitiba, foi escolhida uma licitação de obra de implantação de pavimentação asfáltica nas áreas de abrangência da regional do bairro Tatuquara, licitação que se encontra no Anexo A. Através do orçamento da licitação, foi possível obter o valor unitário, em metros cúbicos, de agregado natural utilizado na obra, além de obtenção da planilha de composição de custos disponibilizado pela empresa da licitação, do valor pago pelo material na obra e sua representatividade em percentual do orçamento.

Tendo o valor de metros cúbicos de brita utilizada na obra de pavimentação de estudo, o valor total do orçamento, o preço pago pelo agregado natural e o valor praticado pela indústria no material reciclado, foi possível fazer uma comparação do impacto econômico causado simplesmente pela substituição do material. Para fins de simplificação, foram desconsiderados os custos tangenciais com o consumo de água e aditivos que tornam a aplicação do material reciclado viável.

A segunda análise de impacto econômico se estende a um nível macroeconômico, partindo da análise dos principais indicadores da construção civil e impacto que poderia ser gerado com a substituição do material. Para realização deste estudo, adotou-se o INCC (Índice Nacional da Construção Civil) como principal indicador impactado. Para a análise, foram considerados dados de consumo de agregados naturais, a composição dos insumos no INCC e diferentes cenários hipotéticos de substituição do material natural.

3.3.1 Impacto macroeconômico

Para aproximar a análise de um cenário macroeconômico, deve-se estressar os principais indicadores do setor e as componentes que ditam a dinâmica de preços

dos produtos e serviços. Pelo fato de o INCC possibilitar o acompanhamento da evolução dos preços de materiais, serviços e mão-de-obra mais relevantes para a construção civil, pode ser uma ferramenta interessante de análise de inflação de preços e projeções para o setor.

Sabe-se que os materiais consumidos pela construção têm parcela significativa no cálculo do INCC, porém, não é divulgado qual o peso desta parcela, impossibilitando um estudo mais a fundo de qual seria o impacto causado pela substituição do material ou redução da produção.

De forma breve, foi analisada a correlação entre a produção anual nacional de brita e o INCC no período de 2002 à 2007, período em que foram encontrados dados para a produção de brita.

4 RESULTADOS

4.1 Usinas de reciclagem em Curitiba e municípios próximos

Por meio de pesquisa ativa para entender mais a fundo o funcionamento e atuação das Usinas de Reciclagem em Curitiba e regiões próximas, foi possível localizar algumas usinas que atuam com recepção, reciclagem, beneficiamento de RCD e venda do material reciclado. A partir da pesquisa do município de Curitiba no mapa disponibilizado em endereço eletrônico pela Abrecon (disponível em <https://abrecon.org.br/mapa/>) foi possível listar as empresas da região para contatar. As perguntas feitas foram direcionadas para obter os preços praticados para a venda do material reciclado, o perfil dos clientes e detalhes da rotina de cada uma das empresas.

Por conta de uma atividade enxuta em Curitiba e região metropolitana no setor de Usinas de Reciclagem de RCD, optou-se por estender a pesquisa à região de Ponta Grossa, visto que existe uma grande cooperativa do setor instalada no município.

4.1.1 HB Ambiental

A HB Ambiental é uma usina de reciclagem e beneficiamento de resíduos da construção civil de classes A e B, com atividades de recepção dos resíduos, triagem, beneficiamento e venda do material reciclado. A usina fica localizada no município de Araucária, pertencente à região metropolitana de Curitiba.

A usina tem capacidade instalada para processamento de até 50 toneladas de material por hora e pode gerar por meio do beneficiamento materiais reciclados similares à areia, pedrisco, brita fina, brita grossa e cascalho. Além dos serviços inerentes aos resíduos, a HB Ambiental também presta serviço de consultoria, ao atuar na elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil e Relatório de Gerenciamento ou eventuais documentos que possam ser solicitados durante o decorrer da obra.

Foi realizada uma visita técnica na usina de reciclagem em 28 de maio de 2022, a convite de Luiz Bunn, gerente da HB Ambiental. Conforme relato do gerente, a Usina beneficia cerca de 100 m³ por dia, com exceção para dias de chuva que impossibilitam o trabalho por entupimento da peneira. Apesar da capacidade instalada

ser superior a isso, o material reciclado tem baixa procura, o que leva este a permanecer por períodos longos no pátio da usina à espera de compradores.

O quadro de funcionários é reduzido, conta com três operários na área de beneficiamento, um operário na carregadeira e um gerente para administração. O maquinário consiste em um britador alimentado por carregadeira com os resíduos triados que após a fragmentação mecânica encaminha por meio de esteira os resíduos para o peneiramento. A peneira vibratória separa o material em diferentes granulometrias, e após isso, destina o material em 4 caminhos diferentes: areias finas, pedrisco, material britado e volta ao britador, esse último serve para os que não passam na granulometria necessária para nenhuma das finalidades anteriores. Na Figura 2 pode-se observar melhor o maquinário da usina visitada.

Figura 2 - Vista geral dos equipamentos da usina HB Ambiental



Fonte: A autora (2022)

Na Figura 3 pode-se notar dois produtos do beneficiamento do RCD, mais à esquerda próximo à carregadeira têm-se o pedrisco, material de granulometria similar à brita 3/4. Do lado direito a esteira leva o material reciclado mais fino, com a possibilidade de substituir algumas areias.

Figura 3 - Pedrisco e areia reciclados



Fonte: A autora (2022)

Na Figura 4, mais à esquerda têm-se mais uma variedade de material fino de granulometria similar à areia e do lado direito têm-se o material britado similar à brita, material que representa a maior parcela de resíduos reciclados nessa usina.

Figura 4 - Areia e material britado reciclados



Fonte: A autora (2022)

Algumas separações mais minuciosas de materiais são realizadas durante o processo de beneficiamento. Dentre elas, têm-se um operário dedicado a retirar da esteira pequenos materiais plásticos e de madeira que não devem chegar ao peneiramento. Além disso, o maquinário apresenta um grande imã instalado logo após a saída do britador que fica responsável por retirar do material pequenas peças metálicas, pregos, parafusos, malhas metálicas, etc. O imã pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Imã presente no maquinário



Fonte: A autora (2022)

O material britado que foi utilizado como base do presente trabalho, sendo o material possível de substituir a brita 1 em alguns usos, pode ser observado na Figura 6. Nota-se que apesar de todos os processos de triagem, o material é extremamente heterogêneo, com presença de fragmentos cerâmicos de revestimentos, fragmentos de blocos cerâmicos ou de concreto, entre outros.

Figura 6 - Material britado reciclado

Fonte: A autora (2022)

Na área de triagem e separação dos materiais foi possível verificar a separação de materiais que não são utilizados no beneficiamento, que consequentemente a usina destina a outras empresas que utilizam do material. Um dos casos é o resíduo de gesso, este é separado e destinado a uma empresa que realiza a reciclagem e beneficiamento com finalidade para correção do solo.

Outro fator já constatado na literatura é o problema enfrentado pela usina com as caçambas que chegam com muitos resíduos de outras classes. O relato do gerente Luiz confirma que isso acontece com maior frequência com as caçambas que ficam localizadas na rua. Existe também o caso de cargas de resíduos que chegam com um aspecto superficial de material limpo e separado, mas ao ser manipulado descobre-se a presença de outros resíduos. A heterogeneidade ou presença de rejeitos dificulta o trabalho de separação ou até mesmo torna impossível a utilização da carga, a qual acaba sendo devolvida.

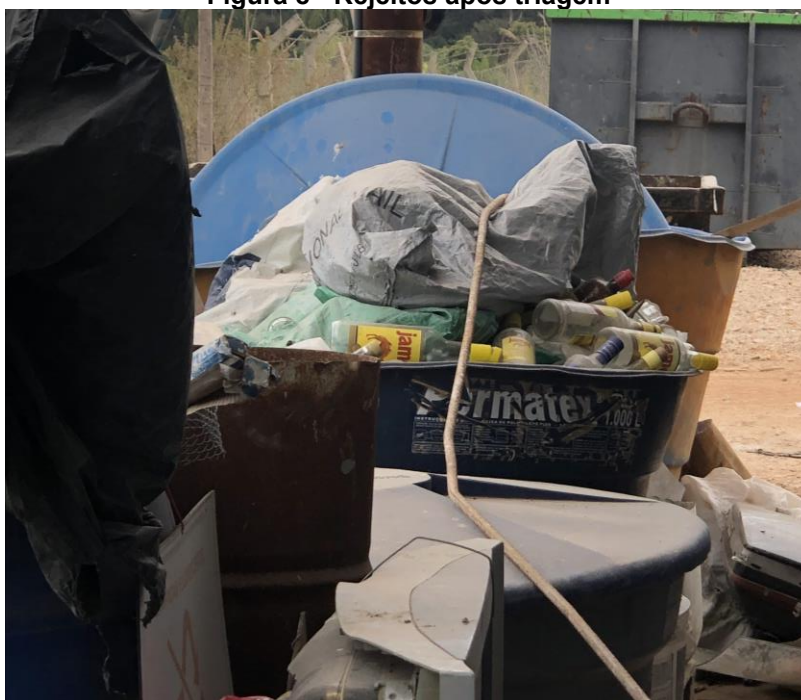
Figura 7 - Resíduo de gesso após triagem



Fonte: A autora (2022)

Observa-se na Figura 7 a armazenagem correta do resíduo de gesso, sendo disposto sobre piso concretado e em local seco. Apesar da Figura não mostrar, o resíduo está sob cobertura, estando protegido assim de qualquer contato com água.

Figura 8 - Rejeitos após triagem



Fonte: A autora (2022)

Figura 9 - Caçamba rejeitada pela heterogeneidade do material



Fonte: A autora (2022)

Apesar da relevância do trabalho realizado e oportunidade de economia no material, foi relatado que a HB Ambiental tem apenas 5 clientes recorrentes com contrato ativo, sendo que a maioria apenas destina o resíduo. A exceção se dá pelas empresas de terraplenagem que além de destinar o resíduo de suas obras também aproveitam as viagens para a compra do material reciclado que será utilizado em outros processos da obra.

4.1.2 Tecter

A Tecter é uma empresa localizada em São José dos Pinhais, região metropolitana de Curitiba, que atua com serviços de terraplenagem, locação de equipamentos, demolição, pavimentação, transporte e reciclagem de resíduos. Diferentemente da HB Ambiental, a Tecter não faz a recepção de resíduos de outras empresas. A usina de reciclagem da Tecter opera apenas com resíduos próprios gerados na atuação em demolições.

Além de oferecer a venda do resíduo reciclado para terceiros, a Tecter inclui em seus serviços de pavimentação o material reciclado.

4.1.3 Cooperconcre

A Cooperconcre é uma cooperativa fundada em 2014 com o apoio da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, Secretaria do Meio Ambiente e a Câmara dos Vereadores com o objetivo de reciclar os resíduos da construção da região. A maioria

dos cooperados são empresas de terraplanagem ou caçambeiros. Apesar de realizarem a reciclagem e beneficiamento dos resíduos, a venda acontece apenas para os cooperados, com a prática de preços de R\$20,00/m³ de material reciclado. Em conversa com Marcelo Elias Domingues, Presidente da Cooperconcre, este relata que a venda do material para terceiros não acontece, pois, a produção em sua totalidade já é escoada para os cooperados.

4.1.4 Solo e Água Terraplenagem

Em complemento à entrevista realizada com a empresa Cooperconcre, contatou-se a empresa Solo e Água Terraplenagem, localizada em Ponta Grossa que é empresa parceira da cooperativa. Em conversa, esclareceu-se que o fluxo praticado hoje é o seguinte: os cooperados destinam o RCD à Cooperconcre; o resíduo é reciclado e beneficiado; o cooperado ao invés de retornar com a carga vazia, retorna carregado de material reciclado.

A partir desse fluxo, as empresas que não possuem aplicação para a totalidade de material reciclado, passam a praticar a revenda a terceiros, com preço médio de R\$20,00/m³.

4.2 Resultados da pesquisa de mercado de venda de RCD em Curitiba

Por meio das entrevistas foi possível obter o valor de venda do material reciclado praticado. Após isso, foi obtido por meio de média aritmética simples o valor médio do preço praticado para a venda do material reciclado na região. Na HB Ambiental, os materiais mais finos (areias e pedrisco) são vendidos a R\$30,00 por metro cúbico, porém o material britado é vendido a R\$25,00, valor este que foi adotado por se tratar do material similar à brita 1.

Tabela 2 – Preço de venda do agregado reciclado graúdo em Curitiba e região próxima

Usina	Preço Venda Material Reciclado (R\$/m³)	Preço de Venda em Dólar
HB Ambiental	R\$ 25,00	USD 4,94
Tecter	R\$ 40,00	USD 7,91
Cooperconcre	R\$ 20,00	USD 3,95
Solo e Água	R\$ 20,00	USD 3,95
Média	R\$ 26,25	USD 5,19
Desvio Padrão	R\$ 8,50	USD 1,62

Fonte: A autora (2022)

O valor unitário encontrado por meio da pesquisa pouco difere do valor informado no Catálogo de Composições Analíticas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), o valor encontrado pela pesquisa é de R\$25,00 por metro cúbico de agregado reciclado, equivalente à USD4,94 no dia consultado.

4.3 Análise do custo do agregado graúdo natural

A partir das pesquisas feitas por contato telefônico com as empresas de agregado natural em Curitiba e região, foi possível obter o valor praticado por estas na venda da brita 1 por metro cúbico. A partir dos valores encontrados, realizou-se uma média aritmética simples para obter o preço médio praticado pela indústria de agregados na região.

Na Tabela 3 encontram-se as empresas consultadas, valores praticados por cada uma delas e consequente média de preço da indústria.

Tabela 3 - Preços da Brita 1 em Curitiba e Região

Fornecedor	Preço Brita 1 (R\$/m³)	Valor Correspondente em Dólar
A.F.L. Areia e Pedra	R\$ 75,00	USD 14,82
Areal Costa	R\$ 84,00	USD 16,60
Arebril	R\$ 89,00	USD 17,59
Arebrita Curitiba	R\$ 70,71	USD 13,97
Briforte	R\$ 79,86	USD 15,78
JLS Areal Scroccaro	R\$ 95,00	USD 18,77
Média	R\$ 82,26	USD 16,26

Fonte: A autora (2022)

Observa-se que o preço difere bastante do valor informado no Catálogo de Composições Analíticas do SINAPI, com data de referência Abril de 2022, o valor encontrado pela pesquisa é de R\$56,70 por metro cúbico de brita. Tal diferença pode ser em virtude da localidade específica ou dos orçamentos solicitados não serem de volumes relevantes. Uma prática comum do mercado é diminuir progressivamente os preços unitários conforme o volume de material solicitado. Outro fator que pode justificar tal diferença é pela finalidade do orçamento ser para uma obra pública grande, o que aumenta o poder de barganha do comprador frente ao fornecedor.

Mesmo com a diferença observada entre o valor informado no Catálogo de Composições Analíticas do SINAPI e a média de valores praticados na região, o agregado graúdo reciclado apresenta considerável economia. O preço reduzido do material reciclado apresenta economia de 53,7% e 68% respectivamente em relação aos valores da SINAPI ou das entrevistas com fornecedores da região.

4.4 Análise de impacto econômico em estudo de caso

Para analisar o impacto econômico no estudo de caso da obra de pavimentação, foi obtido acesso por meio do Portal da Transparência de Curitiba da Licitação de uma obra de engenharia civil para implantação de pavimentação asfáltica mediante a execução de: galerias de águas pluviais, terraplenagem, pavimentação com concreto betuminoso à quente (CBUQ), sinalização horizontal e vertical; em ruas nas áreas de abrangência da regional (lote 02).

Extraíram-se do orçamento detalhado todos os itens que fazem utilização de agregado graúdo natural. Por conta da utilização do agregado reciclado poder substituir ambas as granulometrias citadas, optou-se pela não distinção entre os itens. Os itens que serviram de base para o estudo encontram-se descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Itens do orçamento que utilizam agregado natural

OBRAS/SERVIÇO	LOCAL: Rua Heron Wanderlei (2 pistas) - (Enette Dubard / final de rua). EXTENSÃO (m): 800,00m	UD	Quant.
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS		
2.18	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	122,82
4.0	PAVIMENTAÇÃO		
4.16	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	572,45
4.17	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	572,45
OBRAS/SERVIÇO	LOCAL: Campolim Gonçalves (José Mulaski Gebert / Hamilcar Pizzato). EXTENSÃO (m): 170,82m		
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS		
2.19	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	102,98
4.0	PAVIMENTAÇÃO		
4.13	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	103,71
4.14	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	124,45
OBRAS/SERVIÇO	LOCAL: José Mulaski Gebert (Heron Wanderley / Adriana CeresZago Bueno). EXTENSÃO (m): 310,36m		
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS		
2.19	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	44,35
4.0	PAVIMENTAÇÃO		
4.13	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	185,36
4.14	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	185,36
OBRAS/SERVIÇO	LOCAL: José Mulaski Gebert (Hamilcar Pizzatto / Hamilcar Pizzatto). EXTENSÃO (m): 674,24m		
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS		
2.16	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	40,94
4.0	PAVIMENTAÇÃO		
4.11	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	469,16
4.12	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	703,74
OBRAS/SERVIÇO	LOCAL: Adriana Ceres Zago Bueno (Heron Wanderley / José Mulaski Gerbert). EXTENSÃO (m): 89,20m		
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS		
2.16	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	24,03
4.0	PAVIMENTAÇÃO		
4.9	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	53,35
4.10	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	53,35
OBRAS/SERVIÇO	LOCAL: Desembargador Ernani Almeida de Abreu (Heron Wanderley / José Mulaski Gebert). EXTENSÃO (m): 113,99m		
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS		
2.16	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	19,78
4.0	PAVIMENTAÇÃO		
4.10	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	55,99
4.11	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	55,99
OBRAS/SERVIÇO	LOCAL: Hamilcar Pizzatto (Francisco Bugalski / Adriana Ceres Zago Bueno). EXTENSÃO (m): 213,06m		
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS		
2.21	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	93,96
4.0	PAVIMENTAÇÃO		
4.12	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	178,17
4.13	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	178,17
		Total	3940,56

Fonte: A autora (2022)

A obra totaliza 2371,67 metros de extensão, dentre as atividades de pavimentação e execução de galerias pluviais, está previsto a utilização de 3940,56 m³ de agregado graúdo natural.

Do arquivo disponibilizado sobre a composição de custos, disposto no Anexo B têm-se que os valores obtidos para compra do material se dividem conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Composição de custos do orçamento

Material	Valor unitário (R\$/m ³)	Valor unitário em Dólar (USD/m ³)
Brita graduada classificada	55,28	10,92
Bica corrida, 4A ou moledo	51,21	10,12

Fonte: A autora (2022)

Ao aplicar os valores obtidos da composição de custos do orçamento e o valor médio encontrado para o m³ de material britado reciclado, obtém-se os valores finais de custo de cada material utilizado na obra, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Custos totais dos materiais

OBRA/SERVIÇO	LOCAL: Rua Heron Wanderley (2 pistas) - (Enette Dubard / final de rua). EXTENSÃO (m): 800,00m	UD	Quant.	Preço Unitário Agregado Natural (R\$/m³)	Custo do Material Natural	Preço médio do Material Reciclado (R\$/m³)	Custo do Material Reciclado
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS						
2.18	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	122,82	R\$ 51,21	R\$ 6.289,61	R\$ 26,25	R\$ 3.224,03
4.0	PAVIMENTAÇÃO						
4.16	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	572,45	R\$ 55,28	R\$ 31.645,04	R\$ 26,25	R\$ 15.026,81
4.17	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	572,45	R\$ 51,21	R\$ 29.315,16	R\$ 26,25	R\$ 15.026,81
OBRA/SERVIÇO	LOCAL: Campolim Gonçalves (José Mulaski Gebert / Hamilcar Pizzatto). EXTENSÃO (m): 170,82m						
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS						
2.19	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	102,98	R\$ 51,21	R\$ 5.273,61	R\$ 26,25	R\$ 2.703,23
4.0	PAVIMENTAÇÃO						
4.13	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	103,71	R\$ 55,28	R\$ 5.733,09	R\$ 26,25	R\$ 2.722,39
4.14	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	124,45	R\$ 51,21	R\$ 6.373,08	R\$ 26,25	R\$ 3.266,81
OBRA/SERVIÇO	LOCAL: José Mulaski Gebert (Heron Wanderley / Adriana CeresZago Bueno). EXTENSÃO (m): 310,36m						
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS						
2.19	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	44,35	R\$ 51,21	R\$ 2.271,16	R\$ 26,25	R\$ 1.164,19
4.0	PAVIMENTAÇÃO						
4.13	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	185,36	R\$ 55,28	R\$ 10.246,70	R\$ 26,25	R\$ 4.865,70
4.14	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	185,36	R\$ 51,21	R\$ 9.492,29	R\$ 26,25	R\$ 4.865,70
OBRA/SERVIÇO	LOCAL: José Mulaski Gebert (Hamilcar Pizzatto / Hamilcar Pizzatto). EXTENSÃO (m): 674,24m						
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS						
2.16	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	40,94	R\$ 51,21	R\$ 2.096,54	R\$ 26,25	R\$ 1.074,68
4.0	PAVIMENTAÇÃO						
4.11	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	469,16	R\$ 55,28	R\$ 25.935,16	R\$ 26,25	R\$ 12.315,45
4.12	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	703,74	R\$ 51,21	R\$ 36.038,53	R\$ 26,25	R\$ 18.473,18
OBRA/SERVIÇO	LOCAL: Adriana Ceres Zago Bueno (Heron Wanderley / José Mulaski Gerbert). EXTENSÃO (m): 89,20m						
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS						
2.16	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	24,03	R\$ 51,21	R\$ 1.230,58	R\$ 26,25	R\$ 630,79
4.0	PAVIMENTAÇÃO						
4.9	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	53,35	R\$ 55,28	R\$ 2.949,19	R\$ 26,25	R\$ 1.400,44
4.10	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	53,35	R\$ 51,21	R\$ 2.732,05	R\$ 26,25	R\$ 1.400,44
OBRA/SERVIÇO	LOCAL: Desembargador Ernani Almeida de Abreu (Heron Wanderley / José Mulaski Gebert). EXTENSÃO (m): 113,99m						
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS						
2.16	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	19,78	R\$ 51,21	R\$ 1.012,93	R\$ 26,25	R\$ 519,23
4.0	PAVIMENTAÇÃO						
4.10	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	55,99	R\$ 55,28	R\$ 3.095,13	R\$ 26,25	R\$ 1.469,74
4.11	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	55,99	R\$ 51,21	R\$ 2.867,25	R\$ 26,25	R\$ 1.469,74
OBRA/SERVIÇO	LOCAL: Hamilcar Pizzatto (Francisco Bugalski / Adriana Ceres Zago Bueno). EXTENSÃO (m): 213,06m						
2.0	GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS						
2.21	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	m³	93,96	R\$ 51,21	R\$ 4.811,69	R\$ 26,25	R\$ 2.466,45
4.0	PAVIMENTAÇÃO						
4.12	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	m³	178,17	R\$ 55,28	R\$ 9.849,24	R\$ 26,25	R\$ 4.676,96
4.13	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO	m³	178,17	R\$ 51,21	R\$ 9.124,09	R\$ 26,25	R\$ 4.676,96
			Total	3940,56	R\$ 208.382,11		R\$ 103.439,70

Fonte: A autora (2022)

Ao analisar os valores obtidos, têm-se que apenas a substituição do material natural por um material reciclado resulta em uma redução de 50,36% do valor gasto com material. Ao trazer os valores para a participação do valor gasto com material em termos de composição do orçamento a redução é quase a mesma. O material agregado natural tem uma participação de 6,37% do valor total do orçamento,

enquanto na simulação com substituição do material natural para o reciclado, a porcentagem representativa do custo do material no orçamento cai para 3,26%. Uma redução de 48,72% do valor gasto com material em relação ao valor total do orçamento. Os números deixam claro que a substituição do material é uma alternativa viável para quem realiza a obra.

Tabela 7 - Composição dos valores no orçamento

		Composição do Orçamento (%)
Valor Total do Orçamento Original	R\$ 3.273.473,35	-
Custo do Material Natural	R\$ 208.382,11	6,37%
Valor Total do Orçamento com Substituição do Material	R\$ 3.168.530,94	-
Custo do Material Reciclado	R\$ 103.439,70	3,26%

Fonte: A autora (2022)

Para analisar a sensibilidade do custo do agregado natural, elaborou-se um estudo com diferentes porcentagens de substituição do material convencional, analisando-se o impacto econômico gerado em todas as taxas de substituição, conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Sensibilidade do Custo do Material

Proporção de Substituição	Valor Orçamento	Impacto Econômico
0%	R\$ 217.834,16	-
10%	R\$ 206.394,71	5,25%
20%	R\$ 194.955,27	10,50%
30%	R\$ 183.515,82	15,75%
40%	R\$ 172.076,37	21,01%
50%	R\$ 160.636,93	26,26%
60%	R\$ 149.197,48	31,51%
70%	R\$ 137.758,04	36,76%
80%	R\$ 126.318,59	42,01%
90%	R\$ 114.879,15	47,26%
100%	R\$ 103.439,70	52,51%
110%	R\$ 113.783,67	47,77%
120%	R\$ 124.127,64	43,02%
130%	R\$ 134.471,61	38,27%
140%	R\$ 144.815,58	33,52%
150%	R\$ 155.159,55	28,77%

Fonte: A autora (2022)

Observa-se que mesmo em situações em que o agregado reciclado seja solicitado em maior volume para obter o mesmo resultado, ainda assim o impacto no orçamento é positivo em relação a substituição do agregado natural.

4.5 Impacto macroeconômico

Foram obtidos os valores de produção anual de brita a partir de dados do antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), atual Agência Nacional de Mineração (ANM), com limitação de dados até o ano de 2007. Ao comparar a produção anual de brita com a variação anual de INCC, observa-se que existe uma pequena correlação negativa entre os dados, porém devido à baixa amostragem e à composição diversificada do INCC, não é possível obter um cálculo com maior precisão. Os resultados obtidos se encontram na Tabela 9.

Tabela 9 – Correlação entre produção de brita e INCC

Ano	Produção de Brita	INCC (variação % anual)
2002	-0,42%	12,87%
2003	-11,06%	14,42%
2004	10,78%	11,02%
2005	-8,02%	6,84%
2006	15,70%	5,04%
2007	9,05%	6,15%
Correlação entre INCC e Produção de Brita		-0,5517

Fonte: A autora (2022)

Observa-se que existe uma relação negativa entre as matrizes de dados, porém a baixa correlação, -0,55, traz a necessidade de dados mais específicos para maior precisão. Os momentos de queda na produção da brita devem estressar a parcela de materiais componente do INCC por causar um hiato entre oferta e demanda, porém não é possível dimensionar o impacto sem ter a composição dos pesos do cálculo do indicador.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil é uma das atividades que mais gera resíduos, o que resulta em impacto direto no meio ambiente a partir da destinação muitas vezes inadequadas ou pelo fato de ter a necessidade de extração de material natural a todo o tempo.

Apesar dos estudos de utilização de agregado reciclado ainda serem recentes no Brasil e no mundo e pelo fato de muitos já sinalizarem a dificuldade de utilização do material em atividades específicas que necessitam de controles de qualidade elevados e alto desempenho, como por exemplo a utilização em concretos estruturais, muitas pesquisas mostram que em alguns processos a utilização do material reciclado é bem aceita e traz apenas vantagens, como é o caso da utilização em sub-base e base de pavimentações. Tais fatores mostram que a baixa demanda pelo material reciclado se dá por uma imaturidade no setor ou até mesmo pela conveniência em relação à abundância do material natural em algumas regiões, mantendo-o como fonte principal.

A adoção do agregado reciclado pode gerar uma economia de mais de 50% no valor despendido com o material agregado, e reflete na mesma proporção na representatividade de tal gasto no orçamento final. A substituição do material natural pode impactar diretamente no panorama ambiental, diminuindo a demanda por materiais naturais além de reduzir a destinação inadequada de resíduos.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se uma análise do impacto que seria gerado em uma empresa caso a adoção do material reciclado entre no escopo de gerenciamento de resíduos, de forma a que a empresa diminua os gastos com transporte e destinação de resíduos que ela mesma gera e diminua parcialmente a necessidade de compra de material natural. O objetivo é dimensionar o volume de resíduos incorporados à construção que não seriam destinados à aterros, o que reduz o impacto ambiental da obra, os custos com destinação e economia a partir da redução da necessidade de compra de material natural.

Outra abordagem sugerida seria a de obter a metodologia total do cálculo dos indicadores da área e propor cenários de substituição da produção de material natural por aderência ao material reciclado, podendo assim dimensionar o impacto que tal substituição poderia causar na inflação de preços do setor e desdobramentos em outros indicadores que circundam a economia brasileira.

REFERÊNCIAS

ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). **Panorama 2020**. São Paulo: Abrelpe, 2021.

ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). **Panorama 2021**. São Paulo: Abrelpe, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil: Área de Reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil). **Mercado**. São Paulo: ABRECON, 2020.

ALVES, C. E. T.; QUELHAS, O. L. G. **A ecoeficiência e o ecodesign na indústria da construção civil: uma abordagem à prática do desenvolvimento sustentável na gestão de resíduos com uma visão de negócios**. Rio de Janeiro: Associação Educacional Dom Bosco, 2004.

CARVALHO, M. M. B. et al. Gestão de Resíduos na Construção Civil: Análise Bibliométrica entre 2010 e 2020. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, 2021.

CETESB (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO). **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos**. São Paulo, 2021.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2002.

CORREIA, R. S. **Estudo de viabilidade econômica para o uso de resíduos de construção e demolição em camadas de base e sub-base de pavimentos.** Tese (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

FERREIRA, E. T. **Contribuição ao estudo do potencial de aproveitamento de agregados reciclados de RCC produzidos na Usiben - João Pessoa – em concreto estrutural aplicado em lajes pré-moldadas.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

FORMOSO, C. T. et al. Um estudo sobre as perdas de materiais na construção civil e suas principais causas. **Encontro Nacional em Tecnologia do Ambiente Construído**, v. 6, p. 571-580, São Paulo, 1993

FROTTE, C.; NÚBILA, C. S. A. **Estudo das propriedades de concretos com substituição parcial de agregado natural por RCD.** Tese (Graduação em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

GRUBBA, D. C. R. P. **Estudo do comportamento mecânico de um agregado reciclado de concreto para utilização na construção rodoviária.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

GULARTE, L. C. P. et al. **Modelo de avaliação da viabilidade econômico-financeira da implantação de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil em municípios brasileiros.** 2020.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo demográfico.** Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

LAGUETTE, M. J. Reciclaje: la clave para la conservación de recursos. **Revista Construction Pan-Americana**, jul. 1995.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MIRANDA, L. F. R. et al. **Inovações em uma usina móvel de reciclagem de RCD para a produção de agregados reciclados para pavimentação.** 2º Simpósio de Transportes do Paraná, Curitiba, 2020.

NOGUEIRA, L. G. S. **Utilização de RCD na confecção de um concreto sustentável.** Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – UniCEUB - Centro Universitário de Brasília. Brasília, 2013.

OLIVEIRA, F. C. **Usina de reciclagem de resíduos da construção civil e demolição: Análise de viabilidade de implantação no município de Ouro Preto – MG.** Dissertação (Pós-graduação em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental) – Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, 2020.

REZENDE, M. V. **Tributação de agregados reciclados da construção civil**. Tese (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2019.

ROQUE, A. A. C. **Análise da viabilidade de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil**. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SANTOS, M. F. N. et al. Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil. **Revista GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Ano 6, n. 2, p. 57-73, jun. 2011.

SCHNEIDER, D. M.; PHILIPPI JR, A. Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 21-32, out./dez. 2004.

SERNA, H. A.; REZENDE, M. M. **Agregados para a construção civil**. DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). São Paulo. 2013

SILVA, L. C. et al. **Influência dos agregados reciclados de resíduos de construção nas propriedades mecânicas do concreto**. Tese (Graduação de Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

SIMPSON, D. Recycled aggregates in concrete : a realist's perspective. **Concrete**, Londres, v. 33, n. 6, p. 17, 1999.

SINIR (Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos). **Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília: SINIR, 2019.

SOTO, N. T. A. **Avaliação do uso do agregado de resíduo reciclado de construção civil nas propriedades do concreto no slump para fabricação de artefatos de concreto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

SPOSTO, R.M. Os resíduos da construção: problema ou solução?. **Espaço Acadêmico**, v.4, n.61, jun. 2006.

VALVERDE, F. M. **Agregados para construção civil**. Balanço Mineral Brasileiro. São Paulo, 2001.

ZHANG, C. et al. An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. **Science of the Total Environment**, v. 803, jan. 2022.

ANEXO A - Orçamento de licitação de obra de pavimentação em Curitiba

SMOP	GAP-058	2.6	CAIXA DE CAPTACAO COM GREIHA DE FERRO FUNDIDO	UD	9,00	675,14	20,35%	812,53	7.312,77
SMOP	GAP-059	2.7	CAIXA DE CAPTACAO DUPLA COM GREIHA DE FERRO FUNDIDO	UD	2,00	1110,49	20,35%	1336,47	2.672,94
SMOP	GAP-067	2.8	CAIXA DE LIGACAO PARA TUBOS DE Ø 0,80 M NAS DIMENÇÕES: 120 X 100 X 100 CM (INT.)	UD	2,00	1340,97	20,35%	1613,85	3.227,70
SMOP	GAP-088	2.9	POÇO DE VISITA PARA TUBOS DE ATÉ Ø 0,60 M C/ TAMPÃO DE FFP4, DIMENSÕES: 100 X 100 X 80 CM (INT.)	UD	2,00	1710,17	20,35%	2058,18	4.116,36
SMOP	GAP-099	2.10	POÇO DE VISITA PARA TUBOS DE Ø 0,80 M C/ TAMPÃO DE FFP4, DIMENSÕES: 120 X 100 X 100 CM (INT.)	UD	2,00	1876,35	20,35%	2258,18	4.516,36
SMOP	GAP-145	2.11	BOCA DE BUERO COM ABA PARA TUBO DE Ø 0,80 M	UD	1,00	1380,25	20,35%	1661,13	1.661,13
SMOP	GAP-152	2.12	LASTRO DE BICA CORRIDA, 4A OU MOLEDO PARA ASSENTAMENTO DE TUBOS	M²	23,49	134,88	20,35%	162,33	3.813,17
SMOP	GAP-153	2.13	LASTRO DE PEDRA DE MÃO, BACHÃO OU MARRIADA	M²	37,95	133,16	20,35%	160,25	6.081,24
SMOP	GAP-183	2.14	DRENAGEM COM TUBO PVC 100 MM	M	22,12	24,76	20,35%	29,79	658,95
SMOP	GAP-187	2.15	ESCORAMENTO LATERAL DE VALA	M³	466,51	63,06	20,35%	75,89	35.403,94
SMOP	GAP-188	2.16	DEMOLIÇÃO MANUAL DE CONCRETO SIMPLES	M³	0,51	247,10	20,35%	297,38	151,66
COMPOSIÇÃO	NCD-002	2.17	CANALTA RETANGULAR DE CONCRETO COM GREIHA METÁLICA	M	21,09	238,99	20,35%	287,13	6.095,57
COMPOSIÇÃO	NCD-008	2.18	DESCIDA D'ÁGUA EM ATERRO EM DEGRAUS - DAD 10	M	4,00	1118,79	20,35%	1348,88	5.385,52
COMPOSIÇÃO	NCD-024	2.19	RECOMPOSIÇÃO DE PISTA PAVIMENTADA PARA VALAS DE ATÉ 2 M DE LARGURA	M	9,04	148,05	20,35%	178,17	1.610,05
COMPOSIÇÃO	NCD-016	2.20	RELOCAÇÃO DE CAIXA DE CAPTAÇÃO	UD	2,00	1032,18	20,35%	1242,23	2.484,46
COMPOSIÇÃO	NCD-017	2.21	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA A4 COMPACTADO MANUAL (RECOMPOSIÇÃO DO SAIBRO EXISTENTE)	M³	93,96	140,64	20,35%	169,26	15.903,85
SMOP	GAP-006	2.22	CARGA MECÂNICA DE MATERIAL EM CAMINHÃO - BOTA FORA	M³	30,50	1,40	20,35%	1,92	58,56
SMOP	MOB-022	2.23	TRANSPORTE EM CAMINHÃO BASCULANTE COM CAPACIDADE DE CARGA DE 14 M³ - BOTA FORA	M³xKM	30,50	12,91	20,35%	15,53	473,71
SMOP	GAP-006	2.24	CARGA MECÂNICA DE MATERIAL EM CAMINHÃO - PROVENIENTE DE DEMOLIÇÕES E ARRANCAMENTOS	M³	0,77	1,60	20,35%	1,92	1,46
SMOP	MOB-022	2.25	TRANSPORTE EM CAMINHÃO BASCULANTE COM CAPACIDADE DE CARGA DE 14 M³ - PROVENIENTE DE DEMOLIÇÕES E ARRANCAMENTOS	M³xKM	0,77	12,91	20,35%	15,53	11,88
		3.0	TERRAPLENAGEM						R\$15.527,67
SMOP	PAI-020	3.1	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE GRAMA EM LEVAS C/ TERRA PRETA	M²	400,23	17,15	20,35%	20,64	8.260,74
SMOP	PAI-082	3.2	DESTACAMENTO DE ÁRVORES Ø 0,20 M ATÉ 0,40 M, INCLUSIVE TRANSPORTE	UD	2,00	80,33	20,35%	96,67	193,34
SMOP	TER-001	3.3	ESCAVAÇÃO E CARGA DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA	M³	44,53	4,16	20,35%	5,00	222,64
SMOP	GAP-006	3.4	CARGA MECÂNICA DE MATERIAL EM CAMINHÃO (PROVENIENTE DA DRENAGEM)	M³	234,04	1,60	20,35%	1,92	410,95
SMOP	MOB-022	3.5	TRANSPORTE EM CAMINHÃO BASCULANTE COM CAPACIDADE DE CARGA DE 14 M³ (ESCAV. LOCAL + DREN.)	M³xKM	258,57	0,10	20,35%	0,12	31,02
SMOP	TER-005	3.6	ESPALHAMENTO DO MATERIAL DE ATERRO - CONFINAMENTO DE MEIO FIO	M³	258,57	0,84	20,35%	1,01	261,15
COMPOSIÇÃO	NCT-001	3.7	COMPACTAÇÃO DE ATERRO - CONFINAMENTO DE MEIO FIO	M³	198,90	11,40	20,35%	13,71	2.726,91
SMOP	TER-007	3.8	REGULARIZAÇÃO DO SUB-LEITO	M²	1781,74	0,99	20,35%	1,19	2.120,26
SMOP	TER-008	3.8	COMPACTAÇÃO DO SUB-LEITO	M²	1781,74	0,61	20,35%	0,73	1.300,66
		4.0	PAVIMENTAÇÃO						187.177,64
SMOP	PAI-022	4.1	ARRANCAMENTO DE LAOTAS DE CONCRETO 45 X 45 X 5 CM	M²	13,75	4,56	20,35%	5,48	75,35
SMOP	OBR-032	4.2	PISO DE CONCRETO DESEMPENADO	M²	172,02	74,08	20,35%	89,15	15.835,58
SMOP	PAI-003	4.3	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE LAJOTA DE CONCRETO 45 X 45 X 5 CM COM LASTRO DE AREIA	M²	13,75	61,69	20,35%	74,24	1.020,80
COMPOSIÇÃO	COM-06	4.4	FORNECIMENTO E ESPALHAMENTO DE PEDRISCO	M³	11,17	109,18	20,35%	133,39	1.467,69
SMOP	PAI-002	4.5	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO MANUAL DE PASSIOS	M²	260,24	5,97	20,35%	7,18	1.868,52
SMOP	PAV-055	4.6	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE MEIO-FIO DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO COM SARIETA	M	439,00	40,35	20,35%	46,56	20.346,64
SMOP	PAV-083	4.7	ARRANCAMENTO E CARGA DE CAPA ASFÁLTICA COM ESCAVADEIRA	M³	1,93	23,80	20,35%	28,64	55,38
SMOP	PAV-087	4.8	CORTE PAVIMENTO ASFALTO/CONCRETO COM SERRA DIAMANTADA E= 6MM E PROFUNDIDADE ATÉ 10 CM	M	18,55	4,68	20,35%	5,63	104,43
COMPOSIÇÃO	NCP-001	4.9	EXECUÇÃO DE SUB-BASE DE SAIBRO COMPACTADO MANUAL - ALARGAMENTO DE PISTA	M³	8,83	130,40	20,35%	156,93	1.385,53
SMOP	PAV-029	4.10	REVESTIMENTO COM CONCRETO BETUMINOSO PRÉ-MISTURADO USINADO A QUENTE FAIXA "C"	M³	85,75	77,12	20,35%	93,26	80.197,14
SMOP	PAV-089	4.11	IMPRIMAÇÃO COM EMULSÃO CM-IMPREGNAÇÃO I E II	M³	174,67	4,82	20,35%	5,80	9.946,82
SMOP	PAV-009	4.12	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA	M³	178,17	133,02	20,35%	160,09	28.523,79
SMOP	PAV-007	4.13	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA A4 COMPACTADO	M³	178,17	124,44	20,35%	149,76	26.683,26
SMOP	TER-001	4.14	ESCAVAÇÃO E CARGA DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA (EXECUÇÃO DE MEIO FIO EM PAV. EXISTENTE)	M³	0,76	4,16	20,35%	5,00	3,81
COMPOSIÇÃO	NCP-002	4.15	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA MANUAL (EXECUÇÃO DE MEIO FIO EM PAV. EXISTENTE)	M³	0,37	146,14	20,35%	175,87	65,84

Página 13 de 14

COMPOSIÇÃO	NCT-001	4.16	COMPACTAÇÃO DE ATERRO (EXECUÇÃO DE MEIO FIO EM PAV. EXISTENTE)	M³	0,76	11,40	20,35%	13,71	16,47
SMOP	GAP-006	4.17	CARGA MECÂNICA DE MATERIAL EM CAMINHÃO - PROVENIENTE DE DEMOLIÇÕES E ARRANCAMENTOS	M³	4,96	1,60	20,35%	1,92	9,52
SMOP	MOB-022	4.18	TRANSPORTE EM CAMINHÃO BASCULANTE COM CAPACIDADE DE CARGA DE 14 M³ - PROVENIENTE DE DEMOLIÇÕES E ARRANCAMENTOS	M³xKM	4,96	12,91	20,35%	15,53	77,07
		5.0	SINALIZAÇÃO VERTICAL E HORIZONTAL						4.265,28
SMOP	SIN-038	5.1	EXECUÇÃO DE PINTURA DE FAIXA COM TERMOPLÁSTICO APLICADO POR ASPERSÃO NAS CORES BRANCA E AMARELA - ESP = 1,5 MM	M²	24,39	37,65	20,35%	45,31	1.104,88
SMOP	SIN-040	5.2	EXECUÇÃO DE PINTURA DE SETAS E ZEBRADAS COM TERMOPLÁSTICO APLICADO POR EXTRUSÃO NA COR BRANCA - ESP = 3,0 MM	M²	7,42	76,51	20,35%	92,07	683,52
SMOP	SIN-006	5.3	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PLACA DE AÇO GALVANIZADO OTAVADA L= 25 CM - PELÍCULA RETROREFLETIVA TIPO I E IV, COM SUPORTE METÁLICO	UD	1,00	295,81	20,35%	356,00	356,00
SMOP	SIN-007	5.4	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PLACA DE AÇO GALVANIZADO DISCO D = 50 CM - PELÍCULA RETROREFLETIVA TIPO I E IV, COM SUPORTE METÁLICO	UD	2,00	285,69	20,35%	343,82	687,64
SMOP	SIN-020	5.5	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PLACA DE AÇO GALVANIZADO RETANGULAR L = 200 X 50 CM - PELÍCULA RETROREFLETIVA TIPO I E IV, COM SUPORTE METÁLICO	UD	2,00	595,45	20,35%	716,62	1.433,24
		6.0	INTERFERÊNCIAS						2.391,96
SMOP	PAI-068	6.1	LEVANTAMENTO DE POÇO DE VISITA NA PISTA	UD	1,00	297,54	20,35%	358,08	358,08
SMOP	PAI-069	6.2	LEVANTAMENTO DE POÇO DE VISITA NO PASSEIO	UD	6,00	281,67	20,35%	338,98	2.033,88
									TOTAL
									368.507,53

Valor total do orçamento
R\$ 3.273.473,35

Página 14 de 14

ANEXO B - Composição de custos do orçamento

REGIONAL BOA VISTA								
COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS SEM DESONERAÇÃO								
Código	PAV-007	Serviço :	EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA 4A COMPACTADO				Unidade: M³	
A - Equipamento	Código	Quant.	Utilização		Custo		Custo Horário	
			Produtivo	Improdutivo	Produtivo	Improdutivo		
Motoniveladora	E9524	1,00	1,00		178,46	80,07	178,46	
Rolo compactador liso vibratório autopropeido	E9530	1,00	0,60	0,40	135,73	59,83	105,37	
Rolo compactador de pneus autopropeido (AP-26)	E9762	1,00	0,40	0,60	144,66	68,33	98,86	
Caminhão tanque 6000 l	E9605	1,00	0,40	0,60	137,57	46,76	83,08	
Total (A)							465,78	
B - Mão de obra		Código	Quantidade	Leis Sociais (%)	Salário + Enc.	Custo Horário		
Servente c/enc. sociais e complementares		MOINF-087	7,0000	115,26%	19,93	139,51		
Total (B)							139,51	
C - Produção da Equipe:		40,0000	Custo Horário (A + B)				605,29	
D - Custo Unitário de Execução			D = (A + B) / C				15,13	
E - Materiais		Código	Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário		
Bica corrida, 4A ou moledo - sem transporte		4748	m³	51,21	1,3500	69,13		
Total (E)							69,13	
F - Transporte		DTM = 22,00 km	Código	Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário	
Transporte em caminhão basculante com capacidade de carga de 14 m³		MOB-022	m³.km	0,96	29,7000	28,51		
Total (F)							28,51	
Custo Direto Total (D) + (E) + (F)							112,78	
Bonificação (%)		0,00%					-	
Custo Unitário Total							R\$ 112,78	

REGIONAL BAIRRO NOVO								
COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS SEM DESONERAÇÃO								
Código	Serviço : EXECUÇÃO DE BASE DE BRITA GRADUADA COMPACTADA					Unidade: M³		
PAV-009								
A - Equipamento	Código	Quant.	Utilização		Custo		Custo Horário	
			Produtivo	Improdutivo	Produtivo	Improdutivo		
Motoniveladora	E9524	1,00	1,00	0,00	178,46	80,07	178,46	
Rolo compactador liso vibratório autopropelido	E9530	1,00	0,60	0,40	135,73	59,83	105,37	
Rolo compactador de pneus autopropelido (AP-26)	E9762	1,00	0,40	0,60	144,66	68,33	98,86	
Caminhão tanque 6000 l	E9605	1,00	0,40	0,60	137,57	46,76	83,08	
Trator de pneus (Agrícola)	E9577	1,00	0,60	0,40	83,05	34,75	63,73	
Total (A)							529,51	
B - Mão de obra		Código	Quantidade	Leis Sociais (%)	Salário + Enc.	Custo Horário		
Servente c/enc. sociais e complementares		MOINF-087	10,0000	115,26%	19,93	199,30		
							-	
							-	
Total (B)							199,30	
C - Produção da Equipe:		40,0000	Custo Horário (A + B)				728,81	
D - Custo Unitário de Execução				D = (A + B) / C			18,22	
E - Materiais		Código	Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário		
Brita graduada classificada - sem transporte		4729	m³	55,28	1,3500	74,63		
							-	
							-	
							-	
							-	
							-	
Total (E)							74,63	
F - Transporte		DTM =	Código	Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário	
		29,67 km						
Transporte em caminhão basculante com capacidade de carga de 14 m³			MOD-022	m³.km	0,90	40,0500	30,45	
Total (F)							38,45	
Custo Direto Total (D) + (E) + (F)							131,30	
Bonificação (%)		0,00%					-	
Custo Unitário Total							R\$ 131,30	