

Avaliação da viabilidade técnica e econômica da utilização de agregados reciclados de RCD na construção civil

Evaluation of the technical and economic feasibility of the use of recycled aggregate of RCD in civil construction

DOI:10.34117/bjdv8n8-159

Recebimento dos originais: 21/06/2022

Aceitação para publicação: 29/07/2022

Orlando Sodré Gomes

Mestre em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Veiga de Almeida (UVA)

Endereço: Rua Ibituruna, 108, Maracanã - RJ, CEP: 20721-020

E-mail: gomessalinas@gmail.com

Lyandra Gomes da Silva

Bacharel em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Veiga de Almeida (UVA)

Endereço: Rua Ibituruna, 108, Maracanã - RJ, CEP: 20271-020

E-mail: lyandragomes97@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho busca investigar a avaliação da viabilidade técnica e econômica da utilização de agregados reciclados de RCD na construção civil em obras residenciais. Para atingir o objetivo proposto na pesquisa, projetou-se três cenários econômicos considerando obras residenciais que produzem quantidades diferentes de RCD, além disso foi orçado o valor de uma linha de britagem completa, visando a instalação no canteiro de obras. Os custos da aquisição deste investimento foram confrontados com fluxo de caixa e receitas geradas. A avaliação econômica foi realizada mediante o fator de recuperação do capital, considerando o valor presente líquido e a taxa interna de retorno. A reciclagem de RCD proporciona sustentabilidade ambiental e econômica, porém sua aplicação a empresas privadas ainda é um fator que precisa de incentivo.

Palavras-chave: construção civil, desperdícios, resíduos, sustentabilidade, custos.

ABSTRACT

The present work seeks to investigate the evaluation of the technical and economic feasibility of using recycled waste aggregates in civil construction in residential works. To achieve the objective proposed in the research, three economic scenarios were projected considering residential works that produce different amounts of construction and demolition waste, in addition, the value of a complete crushing line was budgeted, aiming at installation at the construction site. The acquisition costs of this investment were compared with the cash flow and income generated. The economic evaluation was carried out using the capital recovery factor, considering the net present value and the internal rate of return. Recycling construction and demolition waste provides environmental and economic sustainability, but its application to private companies is still a factor that needs encouragement.

Keywords: civil construction, waste, residues, sustainability, costs.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Roth *et al.* (2009), atualmente o modelo de construção civil praticado no Brasil, em toda a sua cadeia de produção, ocasiona vários prejuízos ambientais, pois além de utilizar amplamente matéria-prima não renovável da natureza e consumir elevadas quantidades de energia, tanto na extração quanto no transporte e processamento dos insumos, é também perdulário no uso dos materiais e considerado grande fonte geradora de resíduos dentro da sociedade.

Lima (2005), afirma que:

Uma das alternativas encontradas para o aproveitamento dos resíduos sólidos é a sua incorporação em materiais destinados à construção civil, tendo como parâmetro alguns exemplos nacionais e internacionais de experiências bem-sucedidas. A atual orientação ambientalista com base na redução, na reciclagem e na reutilização de resíduos deve ser valorizada em contraposição à simples otimização dos sistemas de descarte que apenas protelam a solução do problema (LIMA, 2005).

De acordo com Faria (2019), se todo o resíduo gerado pela indústria da construção civil do país em um único dia fosse reciclado – e 98% dele é reciclável – ele poderia ajudar a construir 2.134 estádios do Maracanã. A informação é da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2018) e é calculada a partir da estimativa de que são produzidos 520 kg de resíduo por habitante por dia – valor que está em consonância com o índice do Ministério do Meio Ambiente. Porém, de cerca de 290,5 toneladas de entulho gerados diariamente no país, apenas 21% são reciclados.

A reciclagem na construção civil pode impactar positivamente em diversos aspectos ambientais, tais como a redução no consumo de recursos naturais, redução de áreas necessárias para aterro, pela minimização de volume de resíduos pela reciclagem, redução do consumo de energia durante o processo de produção, redução da poluição JOHN (2000) e PINTO (1999) citado por ÂNGULO (2007).

2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é a maior indústria geradora de resíduo em toda a sociedade. Em São Paulo, por exemplo, são gerados 2.500 caminhões de entulho por dia, chegando a um volume duas vezes maior que os demais resíduos urbanos gerados.

Ela também é responsável pelo consumo em média de 50% dos recursos naturais extraídos, (SINDUSCON-JF, 2014).

Muitas vezes os resíduos da construção civil são destinados de forma inadequada, depositados em terrenos baldios, vias públicas ou em áreas de preservação ambiental, causando grandes impactos para o meio ambiente e qualidade de vida da população, (SINDUSCON-JF, 2014).

O Brasil está comprometido com a agenda global de sustentabilidade, segundo o Acordo de Paris, que diz:

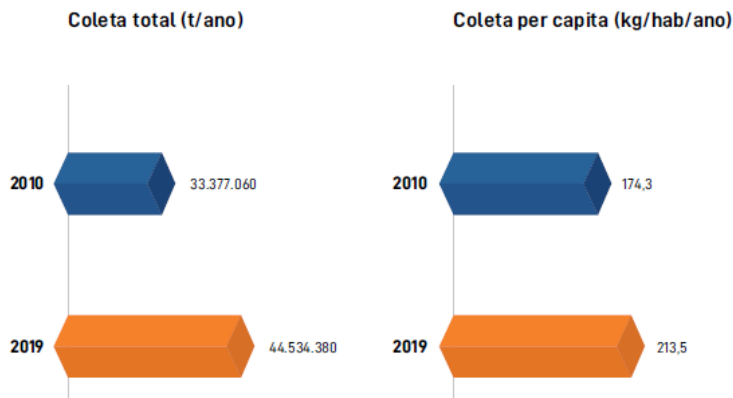
Reconhecendo, ainda, que a adoção de estilos de vida sustentáveis e padrões sustentáveis de consumo e produção, com as Partes países desenvolvidos tomando a iniciativa, desempenha um papel importante no combate à mudança do clima [...] (Acordo de Paris, 2015).

E ainda, no país, o gerenciamento de resíduos sólidos que é definido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, no art. 3º, inciso X:

Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei [...] (BRASIL, 2010).

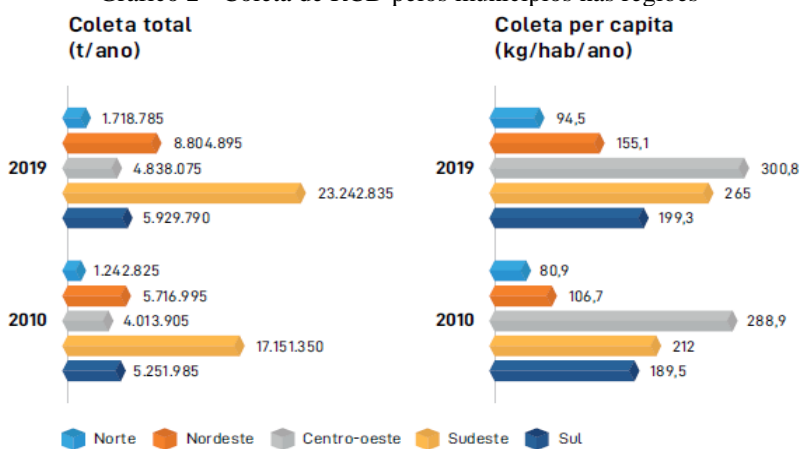
Os RCD coletados pelos municípios também registraram aumento quantitativo no período analisado, passando de 33 milhões de toneladas, em 2010, para 44,5 milhões em 2019. Com isso, a quantidade coletada per capita cresceu de 174,3 kg para 213,5 kg por habitante, por ano. (ABRELPE, 2020).

Gráfico 1 - Coleta de RCD pelos municípios no Brasil



Fonte: Abrelpe, 2020.

Gráfico 2 - Coleta de RCD pelos municípios nas regiões



Fonte: Abrelpe, 2020.

2.1 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

De acordo com a NBR 15116:21, a construção civil produz diversos tipos de resíduos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto, solo, rocha, madeira, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. (Tabela 1).

Tabela 1 - Fontes geradoras e componentes do RCD

Componentes	Trabalhos rodoviários	Escavações	Sobras de demolições	Obras diversas	Sobras de limpeza
Concreto	48	6,1	54,3	17,5	18,4
Tijolo	-	0,3	6,3	12,0	5,0
Areia	4,6	9,6	1,4	3,3	1,7
Solo, poeira, lama	16,8	48,9	11,9	16,1	30,5
Rocha	7,0	32,5	11,4	23,1	23,9
Asfalto	23,6	-	1,6	1	0,1
Metais	-	0,5	3,4	6,1	4,4
Madeira	0,1	1,1	1,6	2,7	3,5
Papel/material orgânico	-	1,0	1,6	2,7	3,5
Outros	-	-	0,9	0,9	2,0

Fonte: IPEA, 2012

A NBR 15116:21 divide dos resíduos em 04 classes:

Classe A: Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento e outros), argamassa e concreto;
- resíduos de processo de preparo e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios e outros) produzidos nos canteiros de obras.

Classe B: Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros.

Classe C: Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou sua recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.

Classe D: Resíduos perigosos oriundos do processo de construção (tintas, solventes, óleos e outros) ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos (clínicas radiológicas, instalações industriais e outros) enquadrados como classe I da ABNT NBR 10004.

O aproveitamento de resíduos produz uma queda na demanda por agregados miúdos naturais, diminuindo a extração de areia dos rios, reduzindo assim o impacto ambiental, além de melhorar a questão econômica, uma vez que será reduzido os custos com extração de parte dos recursos naturais.

3 DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com Perez *et. al.* (2010), desperdícios são gastos incorridos nos processos produtivos ou de geração de receitas e que possam ser eliminados sem prejuízo da qualidade ou quantidade dos bens, serviços ou receitas geradas. Atualmente, o desperdício está sendo classificado como custo ou despesa e sua identificação e eliminação é fator determinante do sucesso ou fracasso de um negócio.

Os materiais que normalmente são desperdiçados em maior quantidade nos canteiros de obra são o cimento, a areia e a argamassa, não necessariamente nesta ordem. E a ocorrência de perdas ocorrem com mais intensidade no estoque e no transporte dos materiais do que durante o processamento em si (FORMOSO *et. al.*, 1996) citado por SINDUSCON-CE (2011).

Os RCD representam um grave problema em muitas cidades brasileiras. Por outro lado, eles representam um problema que sobrecarrega os sistemas de limpeza pública municipais, visto que, no Brasil, os RCC podem representar de 50% a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos – RSUs (Brasil, 2005).

4 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA

A heterogeneidade é o principal gargalo na captação e reciclagem de resíduos provenientes de demolições, pois tal característica dificulta a coleta. Contudo, técnicas de desmantelamento seletivo estão sendo desenvolvidas para homogeneizar o material, facilitando desta forma, a reciclagem desses materiais. Para a utilização do entulho como agregado, primeiramente é feita uma seleção do entulho para a retirada dos materiais deletérios e, então, o entulho deve ser britado ou moído, dependendo da finalidade do seu uso (MIRANDA, 2008) citado por CÉSAR *et. al.* (2019).

Para avaliar a viabilidade técnica e o uso dos agregados totais reciclados e compostos para uso em produtos e compósitos cimentícios, a ABNT NBR 15116:2021, apresenta os requisitos adotados para a utilização para usos previstos dos agregados reciclados, como insumos em concretos de cimento Portland, com e sem função estrutural, artefatos pré-fabricados, argamassas e similares. (Tabela 2).

Tabela 2 - Requisitos específicos dos agregados totais reciclados e compostos para uso em produtos e compósitos cimentícios

Ensaio		Limite %	Requisito	Método de ensaio
Materiais indesejáveis ^b (G ₄)	Teor	< 1	Anexos A e B	Anexos A e B
	Argila em torrões	< 3	ABNT NBR 7211	ABNT NBR 7218
Sulfatos	Teor	< 0,1	ABNT NBR 7211	ABNT NBR 9917
Cloretos	Teor para concreto simples	< 0,2	ABNT NBR 7211	ABNT NBR 9917
	Teor para concreto armado	< 0,1		
	Teor para concreto protendido	< 0,01		
Absorção de água	Classe ARCO	< 7	5.3	ABNT NBR 16917 (graúdo)
	Classe ARCI ou ARM	< 12	5.3	ABNT NBR 16916 (miúdo)

Ensaio		Limite %	Requisito	Método de ensaio
Finos (< 0,075 mm)	Teor para concretos protegidos de desgaste superficial	< 12	ABNT NBR 7211	ABNT NBR NM 46
	Teor para concretos submetidos a desgaste superficial	< 10		

^a Por exigência do consumidor, pode ser necessária a verificação da reação álcali-agregado, de acordo com a ABNT NBR 15577-1. A mesma exigência pode ser aplicada a outras propriedades do agregado reciclado, como massa unitária, massa específica, ciclagem etc.

^b São considerados materiais indesejáveis os fragmentos de natureza orgânica, como madeiras, plástico, betume e materiais carbonizados, e de natureza inorgânica, como vidros, vidrados cerâmicos e gesso. Os Anexos A e B estabelecem os métodos para determinação desses materiais.

Fonte: ABNT 15116:2021

Sobre a adição de agregados reciclados de blocos cerâmicos em concretos para contrapiso, Vieira e Dal Molin (2004) afirma que:

O uso do agregado reciclado no concreto, em proporções convenientemente dosadas, não afeta a resistência à compressão, tampouco a durabilidade do concreto ante a corrosão das armaduras. Em alguns casos essas propriedades são até melhoradas, como pode ser visto com os traços em que houve a substituição do agregado miúdo natural pelo agregado miúdo reciclado. Sob o ponto de vista da durabilidade, é possível afirmar que é viável a utilização de agregados reciclados em concretos.

Os resultados mostram que a substituição é viável até um determinado percentual, pois misturas com 100% de substituição de ambos os agregados ou com apenas substituição total do agregado graúdo reciclado podem prejudicar o desempenho do concreto em função da diminuição da resistência aos ataques de agentes agressivos.

É possível afirmar, também, que há indícios de economia na produção de concretos e de outros artefatos de cimento Portland, em função da economia obtida com os custos dos agregados reciclados em comparação aos agregados naturais. Isso pode tornar economicamente viável o uso de concretos com materiais reciclados (VIEIRA E DAL MOLIN, 2004).

5 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA-FINANCEIRA

O Estudo de Viabilidade é aquele que fará análises e avaliações do ponto de vista técnico, legal e econômico e que promove a seleção e recomendação de alternativas para a concepção dos projetos (BRASIL, 2012).

De acordo com Oliveira (2020), a análise de viabilidade financeira tem como finalidade determinar se o projeto tem condições de atender as expectativas e demandas dos investidores, para que a decisão de investir seja tomada ou não, afirma:

A análise de viabilidade financeira compara alternativas de investimento de forma a verificar se determinado projeto tem a capacidade de gerar a recuperação do capital (retorno do investimento) e a sua remuneração (retorno sobre o investimento) e visa apoiar na escolha da melhor alternativa, ou das melhores e ainda demonstrar se é ou não viável investir (OLIVEIRA, 2020).

Dentro da visão metodológica, existem duas vertentes para a identificação de métodos de avaliação de investimentos: baseados no fluxo de caixa e baseados em resultados econômico/contábil, afirma FREZATTI (2011).

A maioria dos métodos utilizados decorre dessa abordagem (baseado no fluxo de caixa), para que sejam evitados alguns tipos de distorções por questões de apropriações contábeis. São eles: o período de playback simples, o período de playback ajustado, a taxa interna de retorno, a taxa interna de retorno ajustada, o valor presente líquido e o índice de lucratividade. (FREZATTI, 2011).

- a) Taxa de atratividade mínima: é o quanto o investidor quer receber, quanto ele exige de retorno para determinado nível de risco. O autor afirma que a TMA deve ser melhor ou igual ao custo de oportunidade, onde custo de oportunidade é aquilo que se abre mão para poder ter alguma coisa. (TREVISAN, 2015) citado por Santos, D.V (2018).
- b) Valor presente líquido: é o capital equivalente na data zero, caso tenha sido adotada a data focal zero. O valor presente do fluxo de caixa por vezes é também chamado de valor presente líquido para explicitar que estão sendo considerados os valores presentes dos fluxos positivos (benefícios) e os valores presentes dos fluxos negativos (custos), (GOMES, J.M., 2013). Em uma situação de análise, um projeto com valor presente líquido é um forte candidato a ser aceito. Por sua vez, um projeto com valor presente líquido negativo estará destruindo valor, sendo solicitada a sua revisão, quando não recusado. (FREZATTI, 2011).
- c) Taxa interna de retorno: Taxa de Retorno é a taxa de juros que torna o valor presente do fluxo de caixa igual a zero (GOMES, J.M, 2013). Segundo

Frezatti (2011), corresponde à taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa ao investimento inicial do projeto. O método consiste na identificação da taxa a partir de um dado fluxo de caixa do projeto. Como regra de aceitação, o projeto será aceito se apresentar TIR superior ao custo de oportunidade da empresa.

Período de retorno (*Payback simples*): corresponde ao período de tempo necessário para que a empresa recupere, por meio de entradas de caixa, o investimento inicial do projeto. A empresa aceitará o projeto sempre que este período for inferior ao período máximo aceitável, definido pela entidade para todos os projetos ou desde que seja discriminado tal período para tipos distintos de projetos (FREZATTI, 2011). No entanto, como orienta Trevisan (2015), é perigoso tomar decisões apenas pelo método do *payback*, seja o simples ou o descontado.

Com base nos fluxos de caixa dos cenários, foi determinado o fator de recuperação do capital (Payback descontado). A rentabilidade do projeto foi determinada por meio do valor presente líquido (VPL) (Equação (1)) e da taxa interna de retorno (TIR) (Equação (2)), ambas descritas por Casarotto e Kopittke (2008).

$$VPL = \sum_{n=0}^t \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad \text{Eq (01)}$$

$$TIR = \sum_{n=0}^t \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} \quad \text{Eq (02)}$$

Onde:

FC = fluxo de caixa por período;
i = taxa mínima de atratividade;
t = tempo total do projeto (anos);
n = período (anos).

5.1 ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE RECICLAGEM DE RDC

A viabilidade econômica de usinas de reciclagem é uma variável altamente regional, dependente de muitos fatores físicos, econômicos e sociais (COELHO; BRITO, 2013) citado por SANTOS, D.V (2018).

Para Peng, Scorpio e Kibert (1997), citado por Santos, D.V (2018), Estados Unidos, destacou-se a pesquisa de Nahb (1993) que define os passos determinantes para a reciclagem de resíduos fazer sentido em se tratando de aspectos financeiros:

- a) Identificação dos materiais recicláveis;
- b) Determinação de custos do processo de reciclagem;
- c) Desenvolvimento de um plano de gerenciamento de resíduos no canteiro e inclusão desse em contratos;
- d) Implementação de plano de gerenciamento de resíduos e treinamento de todos os contratados e funcionários da empresa;
- e) Monitoramento e incentivo à participação de contratados e funcionários.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para realizar a avaliação da viabilidade econômica, foi orçado com 03 fabricantes de trituradores de RCD no mês de março de 2021, considerando uma linha britagem completa composta por um britador ECO B1000 - Produção de 1 Tonelada por hora, peneiras e esteiras, e custo inicial de investimento de equipamento de R\$ 89.324,00. Além disso, os custos de operação e manutenção da máquina foram considerados nas análises econômicas.

Foram projetados três cenários econômicos baseado no trabalho de CÉSAR *et. al.* (2019), considerando construtoras (fictícias) que realizam obras residenciais de diferentes portes. Nestes cenários levou-se em consideração que as construtoras produzam 900, 700 e 400 toneladas de RCD's por mês.

De acordo com o IPEA (2012), obras relacionadas a edificações, demolições, em média, 35,9% dos RCD's equivalem ao concreto. Desta foram determinados os percentuais de materiais reciclados, que podem ser utilizados para produzir brita nº 0, de forma que retornasse ao processo produtivo da própria construtora, para produzir contrapiso ou base para armazenamento de materiais, tais como o aço, evitando contato direto com o solo.

Os cenários foram projetados para um período de 10 anos, considerando que uma obra residencial de médio porte dura por volta de 2 a 3 anos. A taxa de atratividade mínima foi fixada em 8%, baseada em rendimento de poupanças.

Na Tabela 3 são apresentadas as receitas dos três cenários econômicos projetados dos RCD's. Foi considerada que a caçamba de resíduos com capacidade de 5m³ custa R\$

220,00 e o preço da brita nº 0 é de R\$ 0,03285 por kg, de acordo com uma obra residencial de médio porte localizada no Rio de Janeiro – RJ.

Tabela 3 - Receitas dos cenários econômicos projetados

Cenários projetados	1	2	3
Geração de RCD's toneladas ano ⁻¹	10800,0	8400,0	4800,0
Geração de resíduos de concreto toneladas ano ⁻¹	3877,2	3015,6	1723,2
Quantidade de caçambas necessárias (5m ³) toneladas ano ⁻¹	775,4	603,1	344,6
Receita referente a economia com caçambas R\$ ano ⁻¹	R\$ 170.596,80	R\$ 132.686,40	R\$ 75.820,80
Receita da utilização de brita nº 0 R\$ ano ⁻¹	R\$ 127.366,02	R\$ 99.062,46	R\$ 56.607,12
RECEITA TOTAL	R\$ 297.962,82	R\$ 231.748,86	R\$ 132.427,92

Fonte: A autora (2021)

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os custos decorrentes da aquisição do triturador móvel, bem como os custos anuais relacionados a sua operação e manutenções.

Tabela 4 - Custos dos cenários projetados

Custo inicial do investimento	
LINHA ECO B 1.000	R\$ 89.324,00
Custos fixos anuais	
Manutenções periódicas	R\$ 15.000,00
Transporte da britadeira	R\$ 3.000,00
Operador de máquina	R\$ 35.823,96
EPI	R\$ 4.980,00
Total anual	R\$ 58.803,96

Fonte: A autora (2021)

Tabela 5 - Custos anuais de EPI

ITEM	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Bota de segurança	R\$ 26,00	R\$ 52,00
Luva de proteção	R\$ 1,90	R\$ 3,80
Óculos de proteção	R\$ 1,20	R\$ 7,20
Máscara de proteção PFF2	R\$ 1,05	R\$ 4,20
Protetor auricular tipo abafador	R\$ 6,50	R\$ 13,00
Uniforme (calça)	R\$ 25,00	R\$ 150,00
Uniforme (Jaleco)	R\$ 28,90	R\$ 173,40
Capacete	R\$ 5,70	R\$ 11,40
TOTAL	R\$ 415,00	R\$ 4.980,00

Fonte: A autora (2021)

Nas Tabelas 6a, 6b e 6c são apresentados os períodos de recuperação do capital investido em cada um dos três cenários econômicos projetados no presente estudo.

Tabela 6a - Período de recuperação do capital dos cenários econômicos projetados – CENÁRIO 01

CENÁRIO 01		
PERÍODO	FLUXO DE CAIXA	FLUXO DE CAIXA ATUALIZADO
0	-R\$ 89.324,00	-R\$ 89.324,00
1	R\$ 19.929,91	R\$ 18.453,62
2	R\$ 19.929,91	R\$ 17.086,69
3	R\$ 19.929,91	R\$ 15.821,01
4	R\$ 19.929,91	R\$ 14.649,08
5	R\$ 19.929,91	R\$ 13.563,96
6	R\$ 19.929,91	R\$ 12.559,22
7	R\$ 19.929,91	R\$ 11.628,91
8	R\$ 19.929,91	R\$ 10.767,51
9	R\$ 19.929,91	R\$ 9.969,92
10	R\$ 19.929,91	R\$ 9.231,40
TOTAL	R\$	133.731,32

Fonte: A autora (2021)

Tabela 6b - Período de recuperação do capital dos cenários econômicos projetados – CENÁRIO 02

CENÁRIO 02			
PERÍODO	FLUXO DE CAIXA		FLUXO DE CAIXA ATUALIZADO
0	-R\$	89.324,00	-R\$ 89.324,00
1	R\$	14.412,08	R\$ 13.344,52
2	R\$	14.412,08	R\$ 12.356,04
3	R\$	14.412,08	R\$ 11.440,77
4	R\$	14.412,08	R\$ 10.593,31
5	R\$	14.412,08	R\$ 9.808,62
6	R\$	14.412,08	R\$ 9.082,06
7	R\$	14.412,08	R\$ 8.409,31
8	R\$	14.412,08	R\$ 7.786,40
9	R\$	14.412,08	R\$ 7.209,63
10	R\$	14.412,08	R\$ 6.675,58
TOTAL			R\$ 96.706,23

Fonte: A autora (2021)

Tabela 6c - Período de recuperação do capital dos cenários econômicos projetados – CENÁRIO 03

CENÁRIO 03			
PERÍODO	FLUXO DE CAIXA		FLUXO DE CAIXA ATUALIZADO
0	-R\$	89.324,00	-R\$ 89.324,00
1	R\$	6.135,33	R\$ 5.680,86
2	R\$	6.135,33	R\$ 5.260,06
3	R\$	6.135,33	R\$ 4.870,42
4	R\$	6.135,33	R\$ 4.509,65
5	R\$	6.135,33	R\$ 4.175,60
6	R\$	6.135,33	R\$ 3.866,30
7	R\$	6.135,33	R\$ 3.579,91
8	R\$	6.135,33	R\$ 3.314,73
9	R\$	6.135,33	R\$ 3.069,19
10	R\$	6.135,33	R\$ 2.841,84
TOTAL			R\$ 41.168,56

Fonte: A autora (2021)

O retorno do investimento inicial é proporcional ao porte da construtora e a quantidade de RCD gerado. No 1º cenário, o retorno do capital acontece no quinto ano, já no 2º cenário o retorno acontece apenas no nono ano, e por fim no 3º cenário não há um retorno do investimento.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o investimento em uma linha de britagem completa para utilização em canteiro de obra, visando reciclar resíduos de concreto de RCD, assim como reduzir custos com a compra de matéria-prima natural, é viável em empreendimentos residenciais que gerem a partir de 700 toneladas de RCD mensais. Apenas com a reciclagem dos resíduos de concreto, seria reduzido 35,9% do total de resíduos descartados. O período de retorno do investimento do capital investido mostrou-se proporcional à produção de RCD e o percentual correspondente à economia com caçambas de entulho equivale a 57,3% do total das receitas anuais.

Tabela 7 - Indicativos de viabilidade econômica dos cenários.

CENÁRIO	VPL (R\$)	TIR (%)	OBS.
1	R\$ 44.407,32	18,08%	OK
2	R\$ 7.382,23	9,80%	OK
3	-R\$ 48.155,44	-6,30%	< 8%

Fonte: A autora (2021)

O impacto ambiental como a emissão de poluentes atmosféricos, ruídos e poeiras seriam reduzidos e a reciclagem de brita, preservaria toneladas anuais de recursos minerais extraídos da natureza.

Contudo, vale ressaltar que há um descompasso entre a geração de resíduo e a demanda de sua reutilização na mesma obra, logo faz-se necessário realizar a estocagem deste material ou a transferência para outras obras. E também, falta incentivo no setor privado, para que o projeto se torne viável em qualquer escala.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15116 - Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland — Requisitos e métodos de ensaios.** ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil, p. 12. 2021. (ICS 13.030.10; 91.100.30; 93.080.20).

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211 - Agregados para concreto - Especificação,** 2005. Acesso em: 20 abr. 2021.

ABRELPE. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2020,** 2020. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>>. Acesso em: 15 set. 2021.

ÂNGULO, S. C. (.; ZORDAN, S. E. (.; JOHN, V. M. (. Repositorio USP. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil (2001),** 2001. Disponível em: <<http://www.casoi.com.br/hjr/pdfs/RDC.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2021.

BARAN, L. M. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. **RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUA APLICABILIDADE NAS OBRAS DE INFRAESTRUTURA,** 2015. Disponível em: <http://www.peu.poli.ufrj.br/arquivos/Monografias/Larissa_Baran.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

BASTOS, *et. al.* **ANÁLISE DE CUSTOS DOS DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL,** 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_228_331_28963.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

BRASIL. **ACORDO DE PARIS,** 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9073.htm>. Acesso em: 25 set. 2021.

BRASIL. (2002) Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Diário Oficial da União,** nº 136, p. 95-96. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Brasília, 2010.

CESAR, V. H. ; BERNARDI, ; DAMACENO,. **ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA RECICLAGEM DE CONSTITUINTES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO,** 2019. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/51991>>. Acesso em: 21 set. 2021.

FARIA, V. Haus. **Gazeta do Povo,** 30 set. 2019. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/haus/sustentabilidade/brasil-pode-reciclar-98-dos-residuos-da-construcao-civil-mas-so-consegue-dar-conta-de-21/>>. Acesso em: 05 abr. 2021.

FERREIRA, D. S.; NETO,. **ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO DE CONSTRUÇÃO**, 2018. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_266_528_36554.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

FREZATTI, F. **Gestão da viabilidade econômico-financeira dos projetos de investimento**. 1ª. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

FORMOSO, Carlos *et. al.* **Perdas na construção civil**. *Téchne*. São Paulo, n.23, p.30-33, jul-ago 1996.

GOMES, J. M. **Elaboração e análise de viabilidade econômica de projetos: práticas** práticos de finanças para gestores não financeiros. 1ª. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

GROHMANN,. **REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: LEVANTAMENTO DAS MEDIDAS UTILIZADAS PELAS EMPRESAS DE SANTA MARIA**, 2018. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art302.pdf>. Acesso em: 30 set. 2021.

GULARTE, L. C. *et al.* **Modelo de avaliação da viabilidade econômico-financeira da implantação de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil em municípios brasileiros**, 2020. ISSN DOI: 10.1590/S1413-41522020193153. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/mThqKQNtCC3vRyp6Wh4P4cL/?lang=pt>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

HOSNI, S.; CAVAINAC, A. L. D. O.; MACEDO, N. **ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) EM UM MUNICÍPIO DE MÉDIO PORTE**, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/27356>>. Acesso em: 5 set. 2021.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7669/1/RP_Diagn%C3%B3stico_2012.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

LIMA, Y. C. C.; MENESES, V. N.; QUEIROZ, E. L.; CARVALHO, H. G. A.; FRASÃO S. C. **LeanConstruction e P+L como ferramenta de gestão da qualidade na construção civil: uma estratégia competitiva**, 2014. Disponível em:<.>. Acesso em: 25 ago. 2021.

LIMA, F. S. N. D. S. **APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO NA FABRICAÇÃO DE ARGAMASSAS**. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA. JOÃO PESSOA, p. 110. 2005.

MIRANDA, F. R.; ANGULO , ; CARELI ,. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no brasil 1986 2008 (panorama dos rcd's no brasil)**, 2008. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/PetianoCamiloBin/1-a-reciclagem-de-resduos-de-construo-e-demolio-no-brasil-1986-2008-panorama-dos-rcds-no-brasil?from_action=save>. Acesso em: 05 set. 2021.

OLIVEIRA, **O que é viabilidade**, 2020. Disponível em: <<https://projetoseti.com.br/o-que-e-viabilidade/>>. Acesso em: 25 set. 2021.

PEDROZO, R. F. E. **INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO FINO EM PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS E CONCRETOS**, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/90936/264721.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

PENG, C.; SCORPIO, D. E.; KIBERT, C. J. **Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations**. Construction Management and Economics, v. 15, n. February, p. 49–58, 1997. Acesso em: <<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=b88a64e6-6d21-4cc8-b263-ea798d91b1f7@sessionmgr4001&vid=1&hid=4214>>.

PEREZ JR, J. H.; OLIVEIRA, L. M.; COSTA, R. G. **Gestão estratégica de custos**. 6ª. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

PINTO, T. P. **Reciclagem de resíduos da construção urbana no Brasil. Situação atual. In: Reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção civil**. São Paulo, 1996. Anais. Departamento de Engenharia Civil, PCC-USP. São Paulo, 1996. p.159-170.

ROTH1, C. D. G.; GARCIAS2, C. M. **CONSTRUÇÃO CIVIL E A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL. DESENVOLVIMENTO EM QUESTÃO**, Ijuí, v. 7, n. 13, p. 111-128, out. 2011.

SANTOS,. **ANÁLISE TÉCNICA E FINANCEIRA DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO**, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/33423/3/2018_dis_dvsantos.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

SANTOS, E. B. F. D. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM EMPREGO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. APUCARANA, p. 44. 2019.

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DO PARANÁ. **Estudo de viabilidade**, 2012. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/ws/phocadownload/cadernos/caderno_01_estudo_de_viabilidade.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

SILVA, R. D.; ANDRADE, J. J. D. O. **Análise do emprego de diferentes tipos de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em concretos com vistas à sustentabilidade: uma análise técnica e vantagens econômicas**, 2017. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a17v38n27/a17v38n27p14.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2021.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO CEARÁ. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**, 2011. Disponível em:

<<http://www.ibere.org.br/anexos/325/2664/manual-de-gestao-de-residuos-solidos---ce-pdf>>. Acesso em: 30 set. 2021.

SINDUSCON-JF. **A importância da reciclagem de resíduos da construção civil**, 2014. Disponível em: <<http://www.sindusconjf.com.br/a-importancia-da-reciclagem-de-residuos-da-construcao-civil>>. Acesso em: 20 abr. 21.

TREVISAN, R. **Estudo de viabilidade econômica de empreendimentos imobiliários**. 99 p. eBook Kindle. 2021.

VIEIRA, ; COUTINHO DAL MOLIN,. **Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**, 2004. ISSN ISSN 1415-8876. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3575>>. Acesso em: 25 ago. 2011.