



UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DE FATORES QUE INFLUENCIAM ASPECTOS
FINANCEIROS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE
USINAS DE RECICLAGEM DE RCD**

JOANA MICHELON MORESCO

São Leopoldo, Março de 2017.

JOANA MICHELON MORESCO

**ANÁLISE DE FATORES QUE INFLUENCIAM ASPECTOS
FINANCEIROS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE
USINAS DE RECICLAGEM DE RCD**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof^a. Dra. Andrea Parisi Kern

Co-Orientador: Prof^a. Dra. Marlova Kulakowski

Banca examinadora: Prof. Dr. André Augusto Azevedo
Montenegro Duarte

Prof^a. Dra. Luciana Paulo Gomes

São Leopoldo, Março de 2017.

M843a Moresco, Joana Michelin.
Análise de fatores que influenciam aspectos financeiros de implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD / Joana Michelin Moresco. – 2017.
134 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2017.
“Orientador: Prof^a. Dra. Andrea Parisi Kern ; co-orientador: Prof^a. Dra. Marlova Kulakowski.”

1. Resíduos de construção e demolição. 2. Usinas de reciclagem. 3. Análise financeira. I. Título.

CDU 624

A dissertação de mestrado

**“ANÁLISE DE FATORES QUE INFLUENCIAM ASPECTOS FINANCEIROS DE IMPLANTAÇÃO E
OPERAÇÃO DE USINAS DE RECICLAGEM DE RCD”**

apresentada por **Joana Michelon Moresco**

foi julgada e aprovada como atendimento parcial aos requisitos para a obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL pela seguinte banca examinadora:



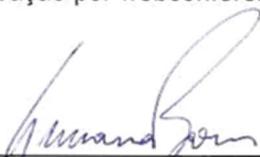
Prof. Dra. Andrea Parisi Kern
Orientadora e Presidente da Banca Examinadora
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS



Prof. Dra. Marlova Piva Kulakowski
Coorientadora
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS



Prof. Dr. André Augusto Azevedo Montenegro Duarte
Universidade Federal do Pará - UFPA
(participação por webconferência*)



Prof. Dra. Luciana Paulo Gomes
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

** Na presente sessão, fica a orientadora autorizada a assinar pelo professor que integra a banca via webconferência*

São Leopoldo, 16 de março de 2017.

À Deus e a minha família.

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me concedido a vida, pelas oportunidades incríveis e por motivar a minha fé para que eu busque a cada dia as realizações dos meus sonhos.

À minha família por sempre sonhar os meus sonhos e me incentivar a conquistar tudo o que desejo.

À Prof^ª. Dra. Andrea Parisi Kern por me orientar nessa pesquisa, de modo sério e competente. Pela confiança, dedicação e pelos conselhos não só da vida acadêmica, mas sobre a vida de um modo geral, pela amizade.

À Prof^ª. Dra. Marlova Piva Kulakowski pela coorientação e contribuições no exame de qualificação e na defesa da dissertação.

À Prof^ª. Dra. Luciana Paulo Gomes pelas contribuições no exame de qualificação e na defesa da dissertação.

Às empresas de reciclagem de RCD que concederam as informações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa.

À empresa de avaliação de imóveis de Novo Hamburgo, que possibilitou a consulta de seus memoriais para obtenção de dados sobre custos de terrenos.

Aos órgãos de fomento à pesquisa, CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e FAPERGS, pelo financiamento da pesquisa.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pelos ensinamentos, compreensão e competência no auxílio para a realização deste trabalho.

Aos membros da banca, Prof. Dr. André Augusto Azevedo Montenegro Duarte e Prof^ª. Dra. Luciana Paulo Gomes que se dispuseram a avaliar e colaborar para a melhoria deste trabalho.

A todos os meus amigos que deixam a rotina mais leve e ajudam nos períodos difíceis para que os problemas fossem esquecidos por alguns instantes. Aos colegas e as amizades feitas durante esse período de aprendizagem, que com certeza se tornaram amigos para toda a vida, pelo apoio, pelos conselhos e por toda a ajuda.

Enfim, agradeço a todos que colaboraram de alguma maneira para a realização deste trabalho, pelo apoio e compreensão.

FONTES DE FINANCIAMENTO DA PESQUISA



Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES



Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul- FAPERGS.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
1.1	JUSTIFICATIVA.....	24
1.2	OBJETIVOS	25
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	25
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	26
1.3	ESTRUTURA DA PESQUISA.....	26
1.4	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	26
2	RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	28
2.1	SISTEMAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	34
2.1.1	<i>Instrumentos de gestão pública dos resíduos de construção e demolição</i>	36
2.2	RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO CLASSE A	39
2.3	USINAS DE RECICLAGEM DE RCD	42
2.3.1	<i>Tecnologias empregadas</i>	44
2.3.2	<i>Usinas de reciclagem de RCD no Brasil</i>	45
2.3.3	<i>Estudos sobre viabilidade financeira</i>	49
3	MÉTODO DE PESQUISA	53
3.1	ETAPA 1: CONTEXTO.....	53
3.1.1	<i>Visitas técnicas</i>	54
3.1.2	<i>Pesquisa de mercado no Rio Grande do Sul</i>	55
3.2	ETAPA 2: ASPECTOS FINANCEIROS ENVOLVIDOS NA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINAS DE RECICLAGEM DE RCD	62
3.2.1	<i>Cenário 1: Sem receita sobre recebimento de RCD</i>	64
3.2.2	<i>Cenário 2: Com receita sobre recebimento de RCD e operação de 50% da capacidade</i>	64
3.2.3	<i>Cenário 3: Com receita sobre recebimento de RCD e operação de 100% da capacidade</i>	65
3.2.4	<i>Comparativo entre as simulações dos cenários</i>	65
3.3	ETAPA 3: DETERMINAÇÃO DO PAYBACK	65
4	APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	66
4.1	ETAPA 1: CONTEXTO - VISITAS TÉCNICAS E IDENTIFICAÇÃO DE CUSTOS	67
4.1.1	<i>Usina de São Leopoldo - Rio Grande do Sul</i>	67
4.1.2	<i>Usina de Grajaú – São Paulo</i>	69
4.1.3	<i>Pesquisa de mercado no Rio Grande do Sul - Identificação de custos e benefícios financeiros</i> ...	73
4.2	ETAPA 2: SIMULAÇÃO DE DIFERENTES CENÁRIOS PARA ANÁLISE FINANCEIRA.....	90
4.2.1	<i>Cenário 1: Sem receita sobre recebimento de RCD</i>	91
4.2.2	<i>Cenário 2: Com receita sobre recebimento de RCD e operação de 50% da capacidade</i>	94
4.2.3	<i>Cenário 3: Com receita sobre recebimento de RCD e operação de 100% da capacidade</i>	98
4.3	ETAPA 3: DETERMINAÇÃO PAYBACK	104
4.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE PRINCIPAIS FATORES INFLUENCIADORES NO ASPECTO FINANCEIRO	106
5	CONCLUSÃO	109
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	110
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
	APÊNDICES	119
	ANEXO A	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Geração de RCD por diferentes referências	31
Tabela 2 - Normas brasileiras para RCD.	33
Tabela 3 - Destinação de resíduos de construção civil.	37
Tabela 4 - Estudos de aplicações de AR.	41
Tabela 5 - Equipamentos e detalhes funcionais.	44
Tabela 6 - Tipos de britadores e suas características.	45
Tabela 7 - Estimativa de reciclagem de RCD no Brasil.	48
Tabela 8 - Total de custos por categorias, ao longo de 60 anos.....	51
Tabela 9 - Método análise financeira.....	63
Tabela 10 - Método <i>payback</i>	66
Tabela 11 - Dados coletados nas visitas técnicas à usina de São Leopoldo.	67
Tabela 12 - Dados da usina de reciclagem de Grajaú/SP.	69
Tabela 13 - Descrição de equipamentos.	73
Tabela 14 - Custos das usinas de reciclagem de RCD.....	74
Tabela 15 - Custo de implantação de usinas de reciclagem de RCD.....	75
Tabela 16 - Valores de pá carregadeiras.	76
Tabela 17 - Equipamentos estruturação usinas de reciclagem de RCD.....	76
Tabela 18 - Custo de aquisição de equipamentos.	77
Tabela 19 - Área requeria em relação a capacidade de produção.....	77
Tabela 20 - Avaliação preços de terrenos na cidade de Novo Hamburgo	78
Tabela 21 - Custo de aquisição de terreno.	78
Tabela 22 - Áreas do ambiente de trabalho.....	78
Tabela 23 - Custo da obra civil da área de central de triagem	79
Tabela 24 - Valor cerca viva.	79
Tabela 25 - Custo de obras civis.	79
Tabela 26 - Honorários projetos de engenharia para áreas de vivência de ambas usinas.....	80
Tabela 27 - Honorários projetos de engenharia para áreas de triagem da usina de pequeno porte	80
Tabela 28 - Honorários projetos de engenharia para áreas de triagem da usina de médio porte	81
Tabela 29 - Custo de operação.....	81
Tabela 30 - Salários para cada função.	82
Tabela 31 - Custo total de salários por ano.....	82
Tabela 32 - Custos equipamentos de proteção individual.....	82
Tabela 33 - Custo combustível pá carregadeira.	83
Tabela 34 - Custo energia elétrica usinas de reciclagem de RCD.	83
Tabela 35 - Custo de operação equipamentos.....	84
Tabela 36 - Custo de despesas administrativas.	85
Tabela 37 - Custo para disposição de rejeitos no aterro.	86
Tabela 38 - Custo de transporte de rejeitos.....	86
Tabela 39 - Custo disposição de rejeitos.....	86
Tabela 40 - Custo de manutenção.	86
Tabela 41 - Custo manutenções pá carregadeira.....	87
Tabela 42 - Custo pneus pá carregadeira.	87
Tabela 43 - Custo manutenção dos equipamentos de estruturação das usinas.	88
Tabela 44 - Custo manutenção dos equipamentos.	88
Tabela 45 - Custo de depreciação dos equipamentos.	88
Tabela 46 - Capacidade de produção das usinas de RCD (t/ano).	89

Tabela 47 - Valores de comercialização de AR.	90
Tabela 48 - Dados utilizados nas análises financeiras.....	90
Tabela 49 - Cálculos realizados para estimar faturamento de venda e AR.	91
Tabela 50 - Análise financeira cenário 1 pequeno porte.	91
Tabela 51 - Cálculos realizados para estimar faturamento de venda e AR.	92
Tabela 52 - Análise financeira cenário 1 médio porte.....	93
Tabela 53 - Cálculos realizados para estimar faturamento de recebimento de RCD.	94
Tabela 54 - Cálculos realizados para estimar faturamento de venda de AR.	95
Tabela 55 - Análise financeira cenário 2 pequeno porte.	95
Tabela 56 - Cálculos realizados para estimar faturamento de recebimento de RCD.	97
Tabela 57 - Cálculos realizados para estimar faturamento de venda de AR.	97
Tabela 58 - Análise financeira cenário 2 médio porte.....	98
Tabela 59 - Cálculos realizados para estimar faturamento de recebimento de RCD.	99
Tabela 60 - Cálculos realizados para estimar faturamento de venda de AR.	99
Tabela 61 - Análise financeira cenário 3 pequeno porte.	100
Tabela 62 - Cálculos realizados para estimar faturamento de recebimento de RCD.	101
Tabela 63 - Cálculos realizados para estimar faturamento de venda de AR.	101
Tabela 64 - Análise financeira cenário 3 médio porte.....	102
Tabela 65 - Comparativo entre as simulações.	103
Tabela 66 - Payback usinas do cenário 1.....	104
Tabela 67 - Payback usinas do cenário 2.....	105
Tabela 68 - Payback usinas do cenário 3.....	105
Tabela 69 - Comparativo entre as porcentagens dos CI e resultados financeiros médios.....	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas de deposição irregular de RCD na cidade de Passo Fundo	28
Figura 2 - Áreas de deposição de RCD na cidade de Pelotas.....	29
Figura 3 - Área e pontos de disposição irregular de RCD em Porto Alegre	30
Figura 4- Composição do RCD que chega às usinas cadastradas na associação.	32
Figura 5 - Fluxograma de gestão de RCD em São Carlos.....	36
Figura 6 - Ciclo para altos índices de reciclagem.....	40
Figura 7 - Fluxograma do processo de reciclagem de RCD.....	43
Figura 8 - Mapeamento das usinas de reciclagem de RCD.....	46
Figura 9 - Situação das usinas no Brasil.....	46
Figura 10 - Principais clientes para venda de AR.	47
Figura 11 - Preços por m ³ de RCD recebido.	47
Figura 12 - Usinas de reciclagem de RCD no Brasil.....	49
Figura 13 - Delineamento de pesquisa.	53
Figura 14 - Síntese etapa 1.	54
Figura 15 - Visitas técnicas nas usinas de reciclagem de RCD.....	55
Figura 16 - Síntese etapa 2.	62
Figura 17 - Síntese da etapa 3.....	66
Figura 18 - Fotografia dos equipamentos da usina de reciclagem de São Leopoldo.	68
Figura 19 - Processo de reciclagem da usina de Grajaú.....	70
Figura 20 - Fotografia dos equipamentos da usina de reciclagem de Grajaú.....	71
Figura 21 - Fotografia das esteiras e dos montes de AR na usina de reciclagem de Grajaú.	71

LISTA DE ABREVIATURAS

RCD	Resíduos de construção e demolição
RCC	Resíduos da construção civil
ABRECON	Associação brasileira para reciclagem de RCD
URPV	Unidade de recebimento de pequenos volumes
CTR	Controle de transporte de resíduos
PMGRCC	Plano municipal de gerenciamento de resíduos da construção civil
PMGIRS	Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos
PGRCC	Projetos de gerenciamento de resíduos da construção civil
PNRS	Política nacional de resíduos sólidos
RSU	Resíduos sólidos urbanos
AR	Agregado reciclado
ARC	Agregado reciclado de concreto
ARM	Agregado reciclado misto
COMUSA	Companhia municipal de serviços de água e esgoto de Novo Hamburgo
CUB	Custo unitário básico
SINDUSCON-RS	Sindicato da indústria da construção civil no Estado do rio grande do sul
SINE	Site nacional de empregos
SINAPI	Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil
EPI	Equipamento de proteção individual

RESUMO

MORESCO, J. M. **Análise de fatores que influenciam aspectos financeiros de implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD.** São Leopoldo, 2017. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo. 2017.

Os resíduos de construção e demolição (RCD) são gerados pelas diferentes atividades do setor da construção civil em elevadas taxas. A pesquisa setorial realizada pela Associação Brasileira para Reciclagem de RCD (ABRECON) apresentou valores de 84 milhões de metros cúbicos de RCD gerados no Brasil no ano de 2015. O histórico da reciclagem de RCD no Brasil obteve progresso no ano de 2002, quando o Conselho Nacional do Meio Ambiente do Brasil, estabelece a Resolução CONAMA 307/02 a fim de regularizar o destino final e a possibilidade de reciclagem do RCD. No ano de 2010 foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que prediz que reciclagem e reutilização de resíduos sólidos devem ser realizadas. Assim, a reciclagem de RCD é uma atividade importante que depende da implantação e operação de usinas de reciclagem. Porém, após o ano de 2013 não houve crescimento nas taxas de implantação de novas usinas de reciclagem de RCD no Brasil, tão pouco no estado do Rio Grande do Sul. Considerando que os aspectos financeiros são fundamentais para a operação e novas implantações de usinas de reciclagem de RCD, este trabalho foi realizado com o objetivo determinar e analisar os principais fatores que influenciam os aspectos financeiros para implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte, de incentivo privado. Para isso, foram realizadas visitas técnicas em usinas de reciclagem de RCD na cidade de São Leopoldo, Rio Grande do Sul e em Grajaú, São Paulo. Por meio de pesquisa de mercado com fornecedores e fabricantes foram determinados os custos de implantação, operação e manutenção de usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte. Com dados de custos foi realizada análise financeira por meio dos cálculos das previsões de receita e as previsões de despesas, bem como, cálculo do *payback*. Para tal, foram desenvolvidos três cenários os quais consideraram: C1) Sem receita sobre o recebimento de RCD e produção de 100% da capacidade; C2) Com receita sobre recebimento de RCD e operação de 50% da capacidade e C3) Com receita sobre recebimento de RCD e operação de 100% da capacidade. Com análise dos resultados financeiros foram determinados como fatores que influenciam em aspectos financeiros das usinas de reciclagem de RCD: a capacidade de produção, quantidade de RCD recebido, venda de AR, e a gestão pública de RCD. Os custos de implantação representam cerca de 30% dos custos, o de operação considerando um período de dez anos representam 68% dos custos e o de manutenção 2% dos custos, em ambos portes de usinas. A usina de médio porte apresentou melhores resultados financeiro e menor *payback* em relação à usina de pequeno porte, em todos os cenários. Entre os três cenários, o C3 apresentou resultado financeiro e *payback* mais favoráveis. Entre os cenários C1 e C2, o C2 apresentou resultados financeiros e *payback* mais interessantes.

Palavras-chave: Resíduos de construção e demolição; Usinas de reciclagem; Análise financeira.

ABSTRACT

MORESCO, J. M. **.Analysis of factors influencing financial aspects of the implementation and operation of CDW recycling plants.** São Leopoldo, 2017. 134p. Dissertação (Master Degree in Civil Engineering) – Postgraduate Civil Engineering Program, Unisinos, São Leopoldo.

Construction and demolition waste (CDW) is generated by the different activities of the construction sector at high rates. The sectoral research conducted by the Brazilian Association for Recycling of CDW (ABRECON) showed values of 84 million cubic meters of CDW generated in Brazil in 2015. The history of CDW recycling in Brazil made progress in 2002, when the National Environment Council of Brazil established Resolution CONAMA 307/02 to regularize the final destination and the possibility of recycling the CDW. In 2010, the National Solid Waste Policy (PNRS) was created that predicts that recycling and reuse of solid waste should be carried out. Thus, CDW recycling is an important activity that depends on the implementation and operation of recycling plants. However, after 2013 there was no increase in the rates of implementation of new CDW recycling plants in Brazil, not even in the state of Rio Grande do Sul. Considering that the financial aspects are fundamental for the operation and new implantations of CDW recycling plants, this work was carried out with the objective of determining and analyzing the main factors influencing financial aspects for the implantation and operation of small CDW recycling plants (50 T / h) and medium size recycling plants (75 t / h), private initiatives. For this, technical visits were made to CDW recycling plants in the city of São Leopoldo, Rio Grande do Sul and Grajaú, São Paulo. In addition, through market research with suppliers and manufacturers, the costs of implementing, operating and maintaining CDW recycling plants of small (50 t / h) and medium size (75 t / h) were determined. With the costs data, a financial analysis was performed by calculating the revenue forecasts and the expenditure forecasts, as well as the payback calculations. To do so, three scenarios were developed which considered: C1) No revenue on the receipt of CDW and production of 100% capacity; C2) With revenue on receipt of CDW and operation of 50% capacity and C3) With revenue on receipt of CDW and 100% capacity operation. The analysis of the financial results showed as factors that influence the financial aspects of CDW recycling plants: production capacity, amount of CDW received, sale of RA, and public management of CDW. The implementation costs represent about 30% of the total costs, the operation costs considering a period of ten years represent 68% of the costs and the maintenance costs 2% of the costs, for both size of plants. The medium-sized plant presented better financial results and lower payback in relation to the small plant, in all scenarios. Among the three scenarios, the C3 presented more favorable financial results and payback. Between scenarios C1 and C2, C2 presented more interesting financial results and payback.

Key-words: Construction and demolition waste; Recycling plants; Financial Analysis.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil gera elevado volume de resíduos, oriundos de atividades de reformas, construções e demolições. (JOHN; AGOPYAN, 2000). Os resíduos de construção e demolição, conhecidos como RCD, constituem uma grande fração dos resíduos sólidos urbanos (RSU). As elevadas taxas de geração de RCD já foram contabilizadas em diversos estudos, nacionais e internacionais, os quais apresentam valores entre 200 kg/hab.ano e 717 kg/hab.ano (COELHO e BRITO, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2011; MELO, GONÇALVES E MARTINS, 2011; BERNARDES *et al.*, 2008; PINTO, 1999). Além disso, modelos de quantificação de geração de RCD para diferentes edificações já foram desenvolvidas e apresentaram valores entre 38 kg/m² e 150 kg/m² (BAKSHAN *et al.*, 2015; PINTO, 1999).

Aliado à questão da alta geração de RCD, deve-se considerar que nem todo o volume desses resíduos é coletado e destinado de maneira adequada, o que pode causar um problema ambiental relacionado à sua disposição irregular (PINTO, 1999).

Além disso, a busca para o desenvolvimento sustentável na construção é bastante discutida. Dessa maneira, traçar estratégias ambientais em todo processo de construção e de demolição, e substituir o uso de matéria-prima não renovável, tornam-se fundamentais (CACHIM; VELOSA; FERRAZ, 2014; AJAYI *et al.*, 2015).

O elevado volume de RCD deve ser administrado visando à eliminação do descarte em locais inadequados e à redução do volume encaminhado a aterros. Assim maior volume de RCD pode ser encaminhado à reciclagem, contribuindo para a redução do impacto ambiental gerado pela atividade de construção e demolição de obras de duas maneiras: diminuição do volume de resíduos e uso de material reciclado em substituição a recursos naturais e (KARPINSKI *et al.*, 2008).

No Brasil, a partir da análise dos prejuízos ocasionados pelos RCD e considerando as consequências negativas que a falta de gerenciamento pode ocasionar, foi desenvolvida a Resolução CONAMA n.º307/2002 (BRASIL, 2002). Com ela, foram estabelecidas diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos em questão, incluindo a proibição de sua disposição em aterros, em áreas de “bota-fora”, encostas de corpo de água, lotes vagos ou áreas protegidas. Além disso, os RCD Classe A e Classe B (classificados de acordo com o tipo do material pela Resolução 307/2002 do CONAMA) deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados. Após a criação da resolução, em 2010, foi estabelecida a Política Nacional

de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 e estabelecida pelo Decreto nº 7.404/2010. Nessa política foram instruídas diretrizes para combater os problemas ambientais, sociais e econômicos consequente de práticas inadequadas dos resíduos sólidos. Assim como Resolução CONAMA, a PNRS estabelece que a geração de resíduos deva ser reduzida, bem como a reciclagem e reutilização devem ser realizadas.

Com base nos instrumentos de gestão pública para os RCD, nota-se a importância da reciclagem de RCD como uma ferramenta para alcançar a sustentabilidade, capaz de satisfazer, nesse aspecto, às necessidades conjuntas da sociedade como um todo. De um ponto de vista amplo, a reciclagem e a possibilidade de eliminação de RCD não é apenas uma preocupação ambiental, mas também tem grande influência sobre a conservação dos recursos para toda a sociedade, uma vez que evita a extração de matérias-primas e fornece substituintes aos materiais de construção convencionais, que exigem uma quantidade expressiva de matéria-prima e energia para a produção (HUANG *et al.*, 2013).

Essas condições, somadas à redução na oferta de agregados naturais e ao aumento de sua demanda, criaram exigências quanto ao desenvolvimento de aplicações para esse material. Assim, têm sido realizados estudos concentrados em diversos aspectos que envolvem os RCD, como: redução de sua geração, gestão e gerenciamento de RCD, políticas públicas para o manuseio dos resíduos e ainda tecnologias para a reciclagem (ANGULO, 2001; FORMOSO *et al.*, 2002; BARROS 2012; BAHERA *et al.*, 2014; CACHIM; VELOSA; FERRAZ, 2014).

Após a implantação da Resolução CONAMA n.º307/2002 (BRASIL, 2002), houve um aumento no número de usinas de reciclagem de RCD em diversos municípios brasileiros. Antes da publicação da Resolução, ocorriam no máximo três novas instalações por ano no Brasil, após a Resolução esse número passou a ser nove. Entretanto, após o ano de 2013 houve uma estagnação na taxa de novas implantações de usinas de reciclagem de RCD. (ABRECON, 2015). Além disso, grande parte dos municípios ainda não possuem usinas de reciclagem de RCD, tão pouco, possuem Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil ou fiscalizam os geradores para que os RCD gerados sejam reciclados (MIRANDA; ANGULO; CARELLI, 2009).

Assim, surgiu a necessidade da investigação dos fatores que influenciam os aspectos financeiros de implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD. A questão econômico-financeira torna-se fundamental juntamente com aspectos técnicos da reciclagem. Sem uma análise dos custos e condições técnicas torna-se impraticável a produção e a

comercialização de material reciclado. Além disso, é importante avaliar os benefícios causados com a reciclagem de RCD, principalmente em relação à geração empregos, desenvolvimento de novo material e melhora nos aspectos ambientais, sobretudo os causados pela disposição irregular (JOHN; ANGULO, 2003).

Diferentes pesquisas foram desenvolvidas para analisar a viabilidade econômica de usinas de reciclagem de RCD. Em 2005, Jadowski levantou custos de implantação, operação e manutenção de usinas de reciclagem de RCD. Com base nesses dados a pesquisa resultou em diversas planilhas que podem ser preenchidas com dados específicos por qualquer operador para saber se há viabilidade econômica no negócio o qual há interesse (JADOWSKI, 2005).

Nunes *et al.* (2007), realizou uma estimativa de custos de implantação e de operação e de receitas sobre usinas de reciclagem de RCD no Brasil. Com a análise de diferentes cenários de capacidades de usinas e dividido em incentivo público ou privado, a pesquisa concluiu que as usinas privadas podem não ser viáveis economicamente, se somente obterem receita sobre a venda do material reciclado, porém, essa atividade em empresa pública mostrou-se economicamente viável.

Coelho e Brito (2013b) investigaram custos de implantação, operação e manutenção de usinas de reciclagem de RCD por meio de pesquisa de mercado em Lisboa, Portugal. Com a análise desses custos os autores concluíram que mesmo com um alto custo de implantação, a reciclagem de RCD tem potencial de lucro.

Inspirado nessas pesquisas, esse trabalho buscou investigar os principais fatores que influenciam nos aspectos financeiros na implantação e operação usinas de reciclagem de RCD.

1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho compreende a necessidade da reciclagem de RCD devido às altas taxas de geração desses resíduos, que podem acarretar problemas ambientais se não destinados corretamente. Além do mais, essa é uma atividade obrigatória no Brasil, estabelecida pela Resolução CONAMA n.º307/2002 (BRASIL, 2002) e pela PNRS, instituída pela Lei nº 12.305/2010 e estabelecida pelo Decreto nº 7.404/2010.

A implantação e a operação de usinas de reciclagem de RCD são ações fundamentais para a reciclagem desses resíduos. Porém, de acordo com o relatório realizado pela Associação Brasileira para Reciclagem de RCD, ABECON, (2015) a estagnação na taxa de novas implantações de usinas de reciclagem de RCD no Brasil após o ano de 2013 indica que há falta de interesse sobre essa atividade.

O relatório realizado pela ABECON (2015) apresenta evidências de que há ausência de implantações de novas usinas de reciclagem de RCD na área de pesquisa, Região Metropolitana de Porto Alegre. Sendo que existem apenas três instalações associadas no Estado do Rio Grande do Sul. (GRABASCK, 2016). Além disso, a paralização da operação da usina de reciclagem de RCD em São Leopoldo que deveria atender aos geradores desses resíduos em toda a bacia do Rio dos Sinos indica que a reciclagem de RCD passa por dificuldades com relação à operação das usinas.

De acordo com John e Angulo (2003), as questões relacionadas aos aspectos financeiros e análise de custos são condições indispensáveis para a prática da reciclagem de RCD. A atividade de reciclagem de RCD deve ser financeiramente benéfica, ou seja, gerar empregos, desenvolver novo material para o mercado e diminuir custos em relação à disposição irregular.

Tendo em vista essas realidades, compreendeu-se que os aspectos financeiros, bem como os fatores que os influenciam devem ser investigados, pois como em qualquer atividade, esses se tornam os principais motivadores dos empreendimentos. Assim, as questões financeiras devem ser consideradas fundamentais em todas as etapas envolvidas no processo de reciclagem de RCD (implantação, operação e manutenção) bem como as etapas que antecedem e sucedem o processo de reciclagem (geração de RCD e venda de AR). (PINTO, 1999; MIRANDA; ANGULO; CARÉLI, 2009).

Existem pesquisas relacionadas com a viabilidade econômica de usinas de reciclagem de RCD no Brasil e no Estado do Rio Grande do Sul, porém, essas bases de dados foram desenvolvidas entre os anos de 2005 e 2010, por isso, encontram-se desatualizadas. (NUNES *et al.*, 2007; JADOVSKI, 2005).

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral e os objetivos específicos que motivaram o desenvolvimento dessa pesquisa serão descritos a seguir.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é determinar e analisar os principais fatores que influenciam em aspectos financeiros de implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Identificar principais custos e benefícios financeiros envolvidos nas usinas de reciclagem de RCD;
- Avaliar os aspectos financeiros envolvidos na implantação e operação dos dois portes de usinas de reciclagem de RCD estudadas, frente a três cenários propostos;
- Estimar o tempo de retorno de investimento (*payback*) das usinas de reciclagem de RCD simuladas.

1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA

A Dissertação possui cinco capítulos. Iniciando com a introdução que apresenta os principais argumentos que incentivaram a pesquisa, bem como, a justificativa, os objetivos e as delimitações.

O segundo capítulo, titulado como “Resíduos de Construção e Demolição” contém uma revisão bibliográfica sobre: Sistemas de gestão de RCD e os instrumentos de gestão pública RCD, reciclagem de RCD, agregado reciclado, usinas de reciclagem de RCD, tecnologias empregadas, usinas de reciclagem de RCD no Brasil e estudos sobre viabilidade financeira.

O terceiro capítulo apresenta o método de pesquisa desenvolvido. Nele é apresentado o delineamento de pesquisa, bem como as questões de pesquisa e as fontes de informação.

O quarto capítulo contém a apresentação, a análise e a discussão dos resultados obtidos com a aplicação do método de pesquisa.

No quinto capítulo é apresentada a conclusão da pesquisa, respondendo ao objetivo geral, bem como, a sugestão para trabalhos futuros.

1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho delimita-se à análise financeira de usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte com incentivo privado.

Sabendo-se que aspectos financeiros podem variar de acordo com a área onde os dados são buscados, a pesquisa de mercado delimitou-se a área do Rio Grande do Sul. Além

disso, os dados de mercado foram atribuídos durante o período em que a pesquisa foi realizada (entre 2015 e 2016).

Para o desenvolvimento da análise financeira foi delimitado um período de 10 anos de operação das usinas de reciclagem de RCD, e, três cenários (que variam os dados de recebimento de RCD e de venda de AR) foram estabelecidos e analisados para cada um dos portes de usina: pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h).

2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

A indústria da construção civil, além de ser uma importante consumidora de recursos naturais, é conhecida por gerar um grande volume de resíduos, resíduos de construção e demolição (RCD). (CACHIM; VELOSA; FERRAZ, 2014 AJAYI *et al.*, 2015).

A Resolução CONAMA nº 307/2002 (BRASIL, 2002) conceitua resíduos de construção civil:

Resíduos 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 (BRASIL, 2002).

Embora a legislação utilize a sigla RCC (resíduos de construção civil), neste trabalho, é utilizada a sigla RCD (resíduos de construção e demolição), termo amplamente utilizado pela literatura, em tradução ao termo utilizado na língua inglesa (CDW – construction and demolition waste).

O principal problema relacionado ao grande volume de geração de RCD está na dificuldade em lidar com esse material, principalmente sobre a sua destinação. (PINTO, 1999). A deposição de RCD algumas vezes ocorre de forma indiscriminada em pontos inapropriados, ocasionando vários impactos ambientais. No Estado do Rio Grande do Sul, estudos mostram a deposição irregular de RCD que ocorre na cidade de Passo Fundo Figura 1 e na cidade de Pelotas, Figura 2.



Figura 1 - Áreas de deposição irregular de RCD na cidade de Passo Fundo

Fonte: KARPINSKI, *et al.* (2008).



Figura 2 - Áreas de deposição de RCD na cidade de Pelotas

De acordo com Paz *et al.* (2013) o descarte inapropriado dos RCD ocasiona impactos à saúde pública e ao meio ambiente. No estudo realizado pelo autor, juntamente aos RCD foram encontrados resíduos orgânicos, resíduos perigosos, resíduos cortantes, carcaça de animais, embalagens, e nichos impermeabilizados (onde ocorre a proliferação de mosquitos).

De acordo com o relatório da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição, ABRECON, (2015), no Brasil são gerados mais de 84 milhões de metros cúbicos de RCD por ano. ¹

Ainda sobre o cenário nacional, as referências pesquisadas apresentaram diversas taxas de geração de RCD em diferentes locais. Na cidade de Fortaleza, foi estimada a geração de 560 kg/hab./ano, já em Passo Fundo, o resultado obtido foi de 200 kg/hab./ano. (OLIVEIRA *et al.*, 2011; BERNARDES *et al.*, 2008). De acordo com Pinto (1999), em São José dos Campos, a geração de RCD chega a 472 kg/hab./ano, Ribeirão Preto, 666 kg/hab./ano, e São José do Rio Preto, 717 kg/hab./ano.

Na Europa, Coelho e Brito (2011), contabilizaram a geração de RCD em Portugal em 185,6 kg/hab./ano, e preveem um aumento para mais de 400 kg/hab./ano até o ano de 2020. Já de acordo com Melo, Gonçalves e Martins (2011), na região Metropolitana de Lisboa, constatou-se uma taxa de 600 kg/hab./ano de geração de RCD.

A geração de RCD também foi estimada por diversos autores conforme o metro quadrado construído. A Tabela 1 apresenta algumas taxas de geração por metro quadrado, encontrada nas pesquisas desenvolvidas em diferentes locais e diferentes edificações.

¹ Esse valor foi estimado de acordo com a pesquisa setorial das usinas de reciclagem de RCD, não contabilizando o volume que é descartado em locais que não sejam associados à Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos.

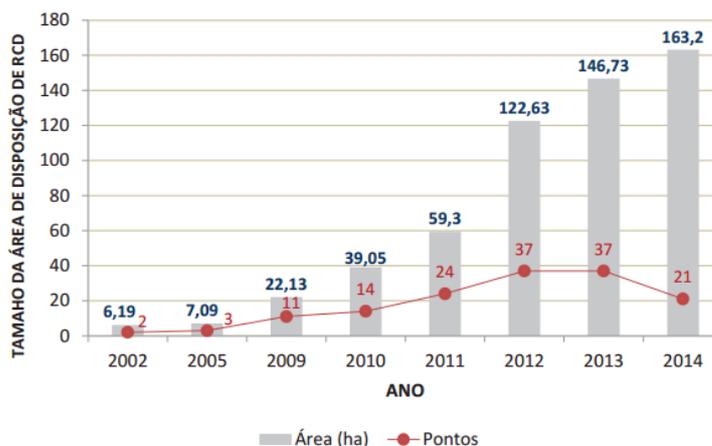


Figura 3 - Área e pontos de disposição irregular de RCD em Porto Alegre

Fonte: SILVA (2014a).

De acordo com Paz *et al.* (2013) o descarte inapropriado dos RCD ocasiona impactos à saúde pública e ao meio ambiente. No estudo realizado pelo autor, juntamente aos RCD foram encontrados resíduos orgânicos, resíduos perigosos, resíduos cortantes, carcaça de animais, embalagens, e nichos impermeabilizados (onde ocorre a proliferação de mosquitos).

De acordo com o relatório da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição, ABRECON, (2015), no Brasil são gerados mais de 84 milhões de metros cúbicos de RCD por ano. ²

Ainda sobre o cenário nacional, as referências pesquisadas apresentaram diversas taxas de geração de RCD em diferentes locais. Na cidade de Fortaleza, foi estimada a geração de 560 kg/hab./ano, já em Passo Fundo, o resultado obtido foi de 200 kg/hab./ano. (OLIVEIRA *et al.*, 2011; BERNARDES *et al.*, 2008). De acordo com Pinto (1999), em São José dos Campos, a geração de RCD chega a 472 kg/hab./ano, Ribeirão Preto, 666 kg/hab./ano, e São José do Rio Preto, 717 kg/hab./ano.

Na Europa, Coelho e Brito (2011), contabilizaram a geração de RCD em Portugal em 185,6 kg/hab./ano, e preveem um aumento para mais de 400 kg/hab./ano até o ano de 2020. Já de acordo com Melo, Gonçalves e Martins (2011), na região Metropolitana de Lisboa, constatou-se uma taxa de 600 kg/hab./ano de geração de RCD.

² Esse valor foi estimado de acordo com a pesquisa setorial das usinas de reciclagem de RCD, não contabilizando o volume que é descartado em locais que não sejam associados à Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos.

A geração de RCD também foi estimada por diversos autores conforme o metro quadrado construído. A Tabela 1 apresenta algumas taxas de geração por metro quadrado, encontrada nas pesquisas desenvolvidas em diferentes locais e diferentes edificações.

Tabela 1 - Geração de RCD por diferentes referências

Referência	Local	RCD (kg/m ²)
Costa, Ahayde Junior e Oliveira (2014)	Brasil	86,27
Bakshan <i>et al.</i> (2015)	Líbano	38-42
Ortiz <i>et al.</i> (2010)	Espanha	46
Pinto (1999)	Brasil	150

A geração de resíduos pela indústria da construção civil é proveniente das diferentes atividades desenvolvidas por esse setor. De acordo com Formoso *et al.* (2002), o desperdício com o corte de material (madeira, material para instalação elétrica e hidráulica, barras de aço e blocos de vedação) é um dos principais causadores da geração de RCD. Souza *et al.* (2004) relacionam as perdas às falhas de projetos, falhas de planejamento de canteiro, falhas de planejamento da obra como um todo, falha ou ausência de equipamentos e na má instrução aos funcionários.

As quantidades de resíduos gerados durante as demolições, em sua maioria, são maiores do que as geradas durante as construções, porém ocorrem com menor frequência comparado aos RCD gerado em construções. (BERNARDES *et al.*, 2008).

A minimização da geração de RCD pode ocorrer por meio da formação de mão-de-obra, armazenamento adequado de materiais, melhoramento dos projetos e o “*just-in-time*” de entrega dos materiais. (AL-HAJJ; HAMANI, 2011). Além disso, a utilização de sistemas construtivos industrializados e escolha por materiais possíveis de reciclagem, pode contribuir com a minimização de geração de resíduos. (SÁEZ *et al.*, 2014).

Estudos recentes, no mundo inteiro, incluem as ferramentas de estimativa de RCD como uma alternativa para alcançar a sustentabilidade. (SÁEZ *et al.*, 2014). Autores propõem diferentes métodos de quantificação, que foram desenvolvidos considerando diferentes cenários, logo, características específicas foram encontradas em cada um deles. (JINGKUANG; YOUSONG; YIYONG, 2012; MOYANO; AGUDO, 2013; DIAS, 2013; DING; XIAO, 2014; SÁEZ; AMORES; RÍO MERINO, 2015). Além de estimar a geração de RCD, Moyano e Agudo (2013) destacam a importância dos modelos de quantificação de RCD para identificar quais materiais que geram maiores perdas.

As características na composição do RCD são definidas durante os processos de construções, reformas, manutenções, e demolições. Considera-se que em razão da natureza da atividade, dos processos utilizados e da fase de construção, a composição dos resíduos varie. (ANGULO, 2001).

No Brasil, a maior fração de RCD são em decorrência das concretagens, alvenarias e revestimentos, desse modo, os constituintes dos RCD são dessa natureza. (OLIVEIRA *et al.*, 2011). Também na União Europeia, mais da metade dos RCD gerados é classificada como resíduos de alvenaria, compostos principalmente de cerâmica vermelha. (LEDESMA *et al.*, 2015).

Em um estudo realizado na cidade de Fortaleza (CE), observou-se que a porcentagem de argamassa representa, em média, 38% da massa total do RCD. Em conseguinte estão os resíduos de concreto (14%) e de cerâmica vermelha (13%). (OLIVEIRA *et al.*, 2011). Em Passo Fundo (RS), a presença de materiais como tijolos, argamassas e concretos é mais expressiva (mais de 50%) dentre todos os RCD gerados na cidade (BERNARDES *et al.*, 2008).

O relatório da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição, ABRECON (2015), por meio de pesquisa setorial com usinas de reciclagem de RCD no Brasil, classificou os resíduos recebidos pelas empresas, Figura 4. A partir desses dados, pode-se observar que o RCD recebido pelas usinas participantes da pesquisa, é em maior parte composto por material misto (cinza e vermelho).

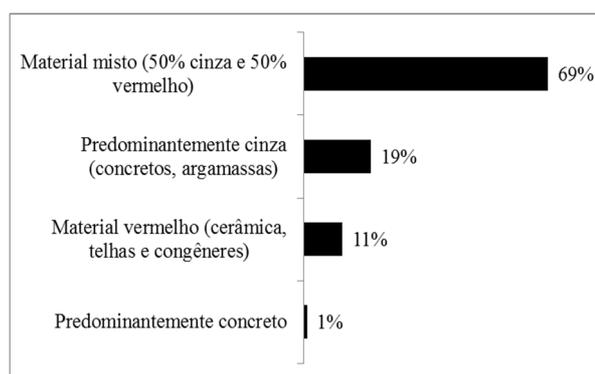


Figura 4- Composição do RCD que chega às usinas cadastradas na associação.

Fonte: ABRECON, (2015)

A Resolução CONAMA n.º 307/2002³ (BRASIL, 2002) classifica os resíduos de construção em:

³ Alterada pelas Resoluções n.º 469/15, n.º448/12, n.º 431/11 e n.º 384/04.

- Classe A: são os resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados. Esses podem ser de construção, demolição, reformas e reparos de obras de infraestrutura; componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; e oriundo do processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em produzidas nos canteiros de obras.
- Classe B: são os resíduos que podem ser recicláveis em outras destinações, como por exemplo: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.
- Classe C: são os resíduos que ainda não possuem tecnologias desenvolvidas ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação.
- Classe D: são resíduos perigosos procedentes da construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (BRASIL, 2002).

Conforme a Resolução mencionada, os RCD classificados como Classe A, que representam maior fração entre os RCD (de acordo com os estudos mencionados) são resíduos que devem ser reutilizados ou reciclados como agregado. De acordo com Carneiro *et al.* (2001), enquanto não alcançadas práticas que permitam a redução de geração de RCD, a busca por alternativas que minimizem o seu impacto negativo, deve ser voltada à reciclagem.

As normas brasileiras que se aplicam aos RCD estão apresentadas na Tabela 2. Algumas especificam condições exigíveis ao armazenamento e transporte desse tipo de resíduo, outras apontam critérios para projeto, implantação e operação de: Aterros de resíduos sólidos da construção civil classe A e de resíduos inertes; áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos; áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A. Existem também as normativas brasileiras em relação aos agregados reciclados e suas especificações para possíveis aplicações.

Tabela 2 - Normas brasileiras para RCD.

Nº	Título	Ano
NBR 15.112	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos- Área de transbordo e triagem-Diretrizes para projeto, implantação e operação.	2004
NBR 15.113	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.	2004
NBR 15.114	Resíduos sólidos da construção civil –Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.	2004
NBR 15.115	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.	2004

NBR 15.116	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural.	2004
NBR 13.221	Transporte terrestre de resíduos	2010

Fonte: ABNT (1990; 1992; 2003; 2004).

A rápida urbanização, principalmente de países em desenvolvimento, acarreta um crescimento nas atividades de construção e conseqüentemente um aumento na geração de RCD. Um potencial desafio relacionado aos RCD é como gerenciá-los de maneira mais sustentável, para que não venham a serem depositados em áreas irregulares. A investigação sobre a gestão de RCD pode ser considerada incipiente, considerando as altas taxas de geração e de consumo de recursos naturais pela construção civil, porém, esse fator deve ser pesquisado a fundo para que a melhor gestão seja implementada. (MANOWONG, 2012; AJAYI *et al.*, 2015).

2.1 SISTEMAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

A indústria da construção civil tem sido cada vez mais pressionada para melhorar a gestão de RCD em função dos impactos ambientais, incluindo esgotamento dos recursos naturais, a poluição do ar da água e do solo, riscos para a saúde pública, e deposição em aterros sanitários. (SEADON, 2010).

A Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), conceitua gestão de resíduos sólidos como:

Conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com o controle social e sob a permissão do desenvolvimento sustentável.

A gestão de resíduos abrange um sistema que integra geração, separação, coleta e disposição. Um sistema de gestão de resíduos sustentável incorpora adaptabilidade evitando o descarte de materiais. (SEADON, 2010). De acordo com Bakshan *et al.* (2015), para criar um plano de gestão de RCD eficiente, é importante ter as seguintes estratégias iniciais:

- a) Identificar o atual estado da prática, caso exista;
- b) Desenvolver orientações e identificar as responsabilidades de cada uma das principais partes interessadas na gestão de resíduos de construção;
- c) Conscientizar sobre a importância e benefícios da implementação de práticas de gestão de RCD;
- d) Incentivar economicamente a aplicação de técnicas de reciclagem.

Pinto (1999) propôs a gestão diferenciada de RCD a partir dos serviços públicos, que busca compor um modelo racional, eficaz, com menores custos e, assim, sustentável. A

Gestão Diferenciada é instituída por fatores que materializam serviço público diferente, visando: captação máxima dos resíduos gerados, através da constituição de redes de áreas de atração, diferenciadas para pequenos e grandes geradores/coletores; reciclagem dos resíduos captados, em áreas especialmente definidas para a tarefa; alteração de procedimentos e culturas, no tocante à intensidade da geração, à correção da coleta e disposição e às possibilidades de utilização dos resíduos reciclados.

O Município de Belo Horizonte é uma referência bastante importante na gestão de RCD. Segundo Pinto (1999), desde o ano de 1993 a cidade possui um plano de gestão diferenciada que trouxe como consequência, a diminuição nas áreas de disposição irregular de RCD nas regiões onde foram instaladas. Ressalta-se que esse plano de gestão é diferente ao previsto nos instrumentos de gestão pública dos RCD, Resolução CONAMA n.º 307/2002 (BRASIL, 2002) e Lei n.º 12.305/2010, porém, resultou na Lei n.º 10.522/2012⁴. De acordo com Jadowski (2005) o sistema de gestão da cidade de Belo Horizonte conta com unidades de recebimento de pequenos volumes (URPV) de RCD e com usinas de reciclagem de RCD. Cada uma das URPV podem receber até 2 m³ de resíduos (RCD, podas, móveis e eletrodomésticos) por habitante. Nessas áreas são proporcionados aos carroceiros telefones que apoiam o contato entre eles e a população que necessita deste serviço, estrutura com necessidades pessoais e tratamentos veterinários. Essas ações visam a integração do carroceiro como sendo um agente de limpeza pública. O material é recebido nas usinas ainda dentro das caçambas, passa por uma inspeção visual (não são aceitas caçamba com mais de 10% de resíduo que não seja RCD) e é então reciclado.

O município de São Carlos desenvolveu um plano de gestão e gerenciamento de resíduos de construção e demolição incluindo a operação da Usina de Reciclagem de RCD – PROHAB. No plano é prevista diferenciação de entrega de material para pequenos e grandes volumes de resíduo (Figura 5). Os pequenos geradores contam com pontos de entrega de pequenos volumes e disque coleta de pequenos volumes. A destinação dos RCD gerados no município deve ser prioritariamente à Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil da Progresso e Habitação de São Carlos S/A, para que sejam triados e reciclados. O transporte deve ser realizado por transportador credenciado que emitem um documento de controle de transporte de resíduo (CTR), que fornece informações sobre gerador, origem, quantidade e

⁴ Institui o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - SGRCC - e o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - PMRCC, e dá outras providências.

descrição do resíduo e seu destino. Este tipo de gestão de RCD facilita a correta disposição e destinação principalmente pelo intermédio do funcionamento de ecopontos que são dispostos para a otimização do recebimento e triagem de pequenos volumes gerados e entregues pelos municípios.

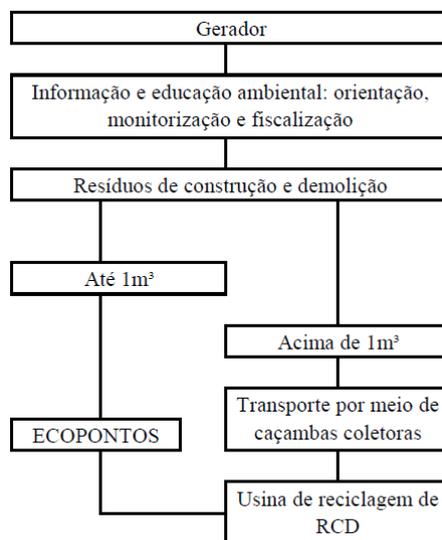


Figura 5 - Fluxograma de gestão de RCD em São Carlos.

Fonte: Fagury e Grande (2007)

A gestão falha de RCD pode trazer problemas ambientais para a sociedade como um todo. Por isso, deve-se concentrar em ações que visem o tratamento dos resíduos: desde a sua geração a partir do gerenciamento de RCD em canteiro de obra, até a destinação adequada do material. A Lei 12.305/2010 estabelece que a destinação final ambientalmente adequada para resíduos inclui a reutilização e a reciclagem.

2.1.1 Instrumentos de gestão pública dos resíduos de construção e demolição

De acordo com Pinto (1999), muitos municípios não tratam questões envolvendo o gerenciamento de RCD, nem a gestão dos inúmeros problemas por eles provocados.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) criou a Resolução CONAMA n.º 307/2002 (BRASIL, 2002), na qual foram atribuídas diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil no Brasil, considerando que os resíduos em questão possuem elevada fração dos resíduos sólidos urbanos e são, muitas vezes, dispostos em locais inapropriados, além de possuírem viabilidade de reciclagem. A Resolução CONAMA n.º 307/2002 prevê que o destino final dos RCD deve ser estabelecido de acordo com a classificação do material, após a sua triagem. Na Tabela 3 pode-

se identificar que a destinação apropriada de resíduos classe A e classe B, são a reutilização e a reciclagem dos mesmos.

Tabela 3 - Destinação de resíduos de construção civil.

Classe	Destinação
A	Reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros;
B	Reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
C	Armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;
D	Armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: BRASIL (2002).

A Resolução prevê a implantação dos Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC) que devem ser elaborados pelos municípios em conformidade ao Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Além disso, determina que se oriente e disciplinem-se os grandes geradores quanto aos Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). Salienta-se que a responsabilidade passa a ser dos geradores, bem como a elaboração de Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, dos Municípios.

Na Resolução CONAMA n.º 307/2002 também fica bastante explícito que a responsabilidade sobre o tratamento apropriado dos resíduos, neste caso, dos RCD, é tanto do poder público como dos geradores (pessoa física ou jurídica, público ou privado) responsáveis por atividade ou empreendimento que os geram.

Em 2010, foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (BRASIL, 2010), instituída pela Lei nº 12.305/2010 e estabelecida pelo Decreto nº 7.404/2010, a qual busca apresentar diretrizes para combater os problemas ambientais, sociais e econômicos consequente de práticas inadequadas dos resíduos sólidos. A prevenção e redução, o aumento da reciclagem e reutilização, bem como, a destinação adequada de resíduos são objetivos da Política que impõe a responsabilidade compartilhada.

A Lei nº 12.305/2010 dispõe que um dos princípios da PNRS, é o reconhecimento de resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador

de trabalho e renda e promotor da cidadania. Além disso, cita como objetivo o incentivo a reciclagem e tratamento de resíduo, a adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais e o incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados. Na mesma Lei, é apresentado que o governo deve priorizar aquisições e contratações de produtos reciclados e recicláveis. Além de, criar medidas indutoras e linhas de financiamento para indústrias e entidades dedicadas a reutilização, ou ao tratamento de reciclagem de resíduos sólidos produzidos no território nacional.

A PNRS reúne planos de resíduos sólidos que são: Plano Nacional de Resíduos Sólidos, planos estaduais de resíduos sólidos, planos microrregionais de resíduos sólidos, planos de resíduos sólidos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas e os planos de gerenciamento de resíduos sólidos. Assim, estabeleceu-se que tanto o poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela eficiência das ações instituídas na PNRS. Essa responsabilidade compartilhada tem como objetivos:

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

A educação ambiental também faz parte da PNRS, que deve ser realizada a partir de atividades de caráter educativo e pedagógico, ações educativas voltadas aos fabricantes, importadores, comerciantes e distribuidores, ações de conscientização dos consumidores em relação ao consumo sustentável incentivam a pesquisa, capacitação de gestores públicos.

Assim como os Instrumentos apresentados, a Diretiva de resíduos 2008/98/CE da união europeia apresenta como principal objetivo minimizar o impacto negativo da produção e gestão de resíduos na saúde humana e no ambiente e reduzir a utilização de recursos e propiciar a aplicação prática da hierarquia de resíduos.

A hierarquia dos resíduos estabelece uma ordem de prioridades do que constitui geralmente a melhor opção ambiental global na legislação e política de resíduos, conforme:

- a) Prevenção e redução;
- b) preparação para a reciclagem;
- c) reciclagem;
- d) outros tipos de valorização como, por exemplo, a valorização energética, e;
- e) eliminação.

Tanto a Resolução CONAMA n.º 307/2002, como a PNRS, a Lei 12.305/2010 e o Decreto n.º 7.404/2010, estabelecem como ação prioritária a não geração de resíduos seguida pela redução, reutilização, reciclagem, tratamento de resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada apenas dos rejeitos. Sendo que, os RCD não podem ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos (RSU), em áreas de “bota fora”, encostas, corpos d’água, lotes vagos e áreas protegidas.

A PNRS também cita a Política dos 3 Rs, ou ainda 5 Rs, como um eixo orientador sobre as práticas que envolvem o gerenciamento de resíduos. O conceito é bastante parecido com o da Diretiva de resíduos 2008/98/CE da união europeia, pois estabelece de maneira prioritária a redução de geração de resíduos, a reutilização e a reciclagem. Como a união europeia é exemplo para outros países na gestão de resíduos, pode-se identificar que as leis brasileiras não ficam para trás nessas questões.

Todos esses instrumentos reconhecem os RCD como uma potencial fonte novos materiais, e a reciclagem é apresentada como uma ação obrigatória que deve ser incentivada, a partir da responsabilidade compartilhada, para o alcance do desenvolvimento sustentável.

2.2 RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO CLASSE A

A reciclagem de RCD é uma tendência recente na indústria da construção, com o propósito de utilizar de fonte alternativa de materiais de construção (substituição de matérias-primas) a fim de reduzir impactos ambientais (consumo de energia, poluição, aquecimento global, preservação dos recursos naturais e controle de locais de eliminação de RCD). (JOHN;ZORDAN 2001;MIRANDA; ANGULO; CARÉLI, 2009; AGRELA *et al.*, 2011; SAGHAFI; TESHNIZ, 2011)

De acordo com a NBR 15.114 (ABNT, 2004) e com a Resolução CONAMA n.º 307/2002, reciclagem é o processo de aproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação.

Entretanto, a reciclagem dos materiais de construção deve ser avaliada desde o momento do projeto de uma edificação, a partir do uso de materiais reciclados e/ou materiais possíveis de serem reciclados a fim de fechar o ciclo. A Figura 6 mostra como os profissionais podem interagir durante o projeto de construção, na escolha de materiais e durante a desconstrução para atingir os mais altos níveis de reciclagem (VEFAGO; AVALLANEDA, 2013).



Figura 6 - Ciclo para altos índices de reciclagem.

Fonte: VEFAGO; AVALLANEDA (2013)

A reciclagem de RCD não deve ser considerada uma atividade independente, deve ser enquadrada num contexto mais amplo de recursos sustentáveis e gestão de resíduos. Além disso, somente quando provado que a reciclagem é economicamente e ambientalmente sustentável, essa atividade pode desempenhar um papel positivo sobre a sustentabilidade. (BLENGINI; GARBARINO, 2010).

A reciclagem de RCD tornou-se uma preocupação nos últimos anos, como uma maneira de preservar os recursos naturais e alcançar um melhor controle dos locais de eliminação de resíduos. (JOHN; ZORDAN, 2001; MIRANDA; ANGULO; CARÉLI, 2009; AGRELA *et al.*, 2011; SAGHAFI; TESHNIZ, 2011; BAHERA *et al.*, 2014)

Porém, ainda existem dificuldades, principalmente em relação à falta de legislação que incentive o consumo do material reciclado. Essa observação feita no relatório da ABRECON (2015), e corrobora com a afirmação do autor Miranda, Angulo e Caréli (2009),

que conclui que não existem normas que garantem a homogeneidade do material reciclado, nem sua aceitação no mercado, o que dificulta a sua inserção nas construções de um modo geral.

Conforme a Resolução CONAMA 307 (2002) torna-se obrigatória a reciclagem de resíduos classificados, conforme a mesma, em Classe A e Classe B. Assim, de acordo com NBR 15.116 (BRASIL, 2004), agregado reciclado (AR) é definido como:

Material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção ou demolição de obras civis, que apresenta características técnicas para a aplicação em obras de edificação e infra-estrutura.

A NBR 15116 (ABNT, 2004), diferencia os AR em: agregados de resíduos de concreto (ARC) e os agregados de resíduo misto (ARM). Além disso, a norma estabelece requisitos para aplicação de AR destinado a pavimentação e requisitos para aplicação de AR destinado ao preparo de concreto sem função estrutural.

Os AR são substancialmente diferentes em composição e propriedades em comparação com agregados naturais, o que dificulta pressagiar o desempenho quando aplicados em outros materiais, bem como desenvolver proporções ideais de misturas. Assim, surge a necessidade de estudar as diferentes práticas e aplicações para esse material. (OLIVEIRA; SILVA; GONÇALVES; 2013). Estudos aplicando o AR em outros materiais são desenvolvimentos no mundo inteiro, principalmente em concretos, argamassas, material para substratos e pavimentação. A Tabela 4 apresenta algumas fontes que utilizaram diferentes tipos e composições de AR em diferentes aplicações.

Tabela 4 - Estudos de aplicações de AR.

Tipo de AR	Aplicação	Fonte
ARM	Concreto	Leite, 2001
ARM	Concreto	Agrela <i>et al.</i> , 2011
ARC	Concreto	Werle, Kazmierczak e Kulakowski, 2011
ARC	Concreto	Benetti, 2012
RCD Cerâmico	Argamassa	Jiménez <i>et al.</i> , 2013
ARC	Argamassa	Heineck, 2012
RCD Concreto e asfalto	Pavimentos permeáveis	Rahman <i>et al.</i> , 2014
RCD Misto	Concreto	Bravo <i>et al.</i> , 2015
RCD Cerâmico	Argamassa	Ledesma <i>et al.</i> , 2015

2.3 USINAS DE RECICLAGEM DE RCD

A NBR 15.114 (ABNT, 2004), conceitua área de reciclagem como sendo local destinado ao recebimento e transformação de resíduos da construção civil classe A, previamente triados, para a produção de agregados reciclados. Porém, neste trabalho optou-se por utilizar o termo “usinas de reciclagem” para o mesmo conceito dado pela NBR 15.114 (ABNT, 2004) ao termo “área de reciclagem”.

Na NBR 15.114 (ABNT, 2004), são estabelecidos critérios para projeto e condições físicas para implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD. Nela estão estabelecidas principais condições de operação, sendo elas:

- a) Somente podem ser aceitos RCD de classe A, outros, deverão ser destinados a áreas adequadas de reciclagem;
- b) Equipamentos e a instalação devem conter sistemas de controle de vibrações, ruídos e poluentes atmosféricos;
- c) Funcionários devem receber treinamento adequado, além de receberem equipamentos de proteção individual, de proteção contra descargas atmosféricas e de combate a incêndio;
- d) A instalação deve possuir um plano de inspeção e manutenção.

Um aspecto importante para a implantação de uma usina de reciclagem de RCD é o seu planejamento com a finalidade atender a todos os geradores, ou a grande parte. Isso porque a quantidade de RCD gerado por uma região é um parâmetro fundamental para a atividade. (ANGULO, 2001; JOHN; AGOPYAN, 2000)

O processo de reciclagem de RCD tem início com a classificação dos resíduos (uma ou mais etapas, separando material indesejável), que deve ser realizada no momento em que o RCD chega à usina, já que ocorre de nem todo o resíduo ser triado ainda na fonte geradora. Após essa etapa, o material pode então ser britado e peneirado, e transformado em AR de diferentes granulometrias. (BARROS, 2012; COELHO; BRITO, 2013a). De maneira simplificada, a

Figura 7 apresenta um processo de reciclagem de RCD.

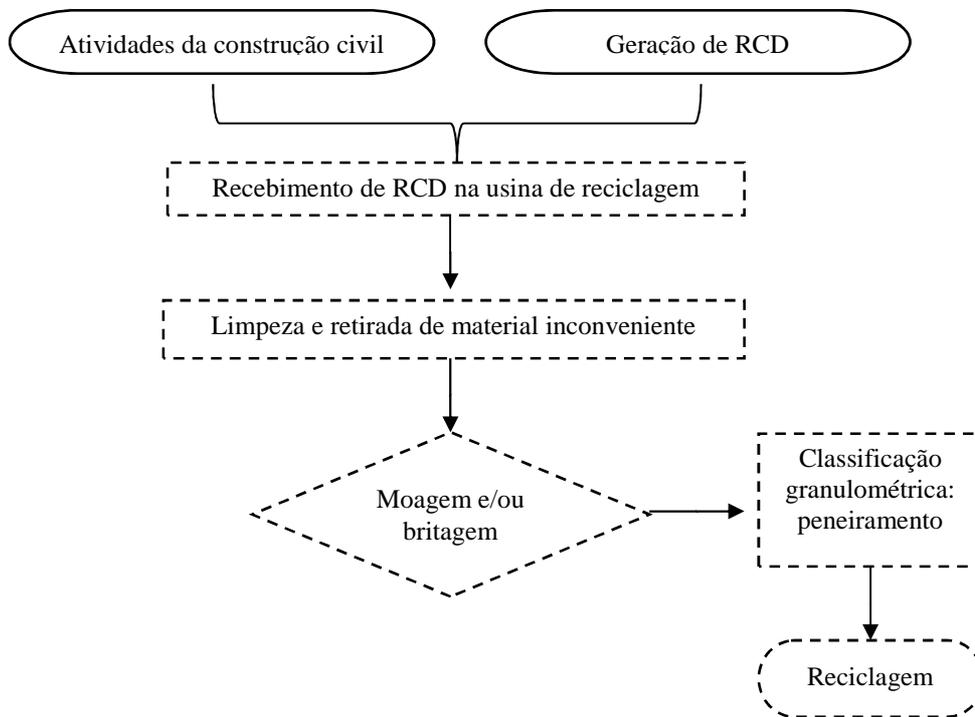


Figura 7 - Fluxograma do processo de reciclagem de RCD.

Fonte: BARROS (2012)

Após uma discussão com responsáveis por usinas de reciclagem constataram-se maneiras de melhorar o estado atual da reciclagem do RCD. De acordo com os profissionais entrevistados, são elas: a proposta de tarifas mais elevadas em aterro sanitário, para o incentivo econômico positivo da reciclagem; a criação de área centralizada para reciclagem dos diferentes RCD; o incentivo governamental na oferta de terra para instalações de usinas de reciclagem; a criação e uso de métodos de demolição inovadores; a criação de pontos de entrega voluntária; a implantação de usinas de reciclagem nas cidades; o incentivo no uso de recicláveis pelo governo como doações para a organização de caridade; o equilíbrio da oferta e da demanda de materiais reciclados através de legislações ou sistemas de incentivos. (TAM; TAM, 2006).

A implantação de uma usina de reciclagem de RCD deve considerar tanto ações de gestão como de gerenciamento desses resíduos, pois, o estágio da gestão de resíduos é essencial para a viabilidade de implantação de uma usina de reciclagem de RCD. (BARROS, 2012; COELHO; BRITO, 2013a).

Além disso, ressalta-se que as tecnologias empregadas na usina de reciclagem de RCD é o que determina a qualidade e a quantidade do material beneficiado, que podem

influenciar na viabilidade técnica e econômica da atividade, parâmetros essenciais ao seu funcionamento. (ANGULO, 2001).

2.3.1 Tecnologias empregadas

A Tabela 5 apresenta alguns outros equipamentos que podem fazer parte do processo realizado nas usinas de reciclagem de RCD, bem como, uma rápida descrição sobre o seu funcionamento. Ressalta-se que esses equipamentos foram buscados em referência bibliográfica de Portugal, ou seja, local onde a atividade de reciclagem de RCD utiliza tecnologias diferentes as quais são utilizadas no Brasil. Porém, para conhecimento e entendimento da existência desses equipamentos, optou-se por apresenta-los. Além disso, a maior parte da tecnologia aplicada à reciclagem de RCD é na etapa de triagem, na qual se separam materiais indesejáveis.

Tabela 5 - Equipamentos e detalhes funcionais.

Equipamento	Descrição
Máquina escavadeira	Após a inspeção visual dos resíduos, a escavadeira é utilizada para quebrar grandes pedaços do RCD.
Alimentador vibratório	Encaminha o RCD para o britador.
Ímã	O eletroímã cruz-correia separa em torno de 70% de todos os metais ferrosos.
telas horizontais	Serve como uma peneira, para separar o material de acordo com as dimensões.
Ventilador	Sopram ar em três posições diferentes, de modo a extrair materiais leves, especialmente de papel e cartão, materiais plásticos e madeira.
Separador magnético	Separa os metais não ferrosos.
Jigs ar	Em condições absolutamente secas, esta máquina separa, em duas etapas, cerâmica e materiais de gesso operando com um fluxo de ar constante pulsante, a separação funciona por meio da diferença de densidade.
Espirais	A fim de que partículas pesadas se coloquem mais para o centro, enquanto os mais leves mais perto das paredes exteriores, os espirais irão separar metais pesado e cerâmica fina das partículas finas de concreto, em duas etapas. Como se trata de um processo por via úmida, irá gerar nesse equipamento uma quantidade de lama úmida que deve ser eliminada.

Fonte: Coelho e Brito (2013b).

Um exemplo de processo de triagem mecânica, inicia com o recebimento de RCD no local da triagem por caminhões, que são dispostos no solo. Os resíduos volumosos (> 300 mm) como rocha, plástico, madeira, aço, metal e concreto, são classificados, primeiramente, por meio de uma peneira vibratória. Os resíduos como areia, terra e brita, são menores do que o tamanho da malha da peneira vibratória e então seguem para o crivo rotativo horizontal e *disk screen*, sequencialmente. Os metais ferrosos podem ser separados com a utilização de um separador magnético e podem ser encaminhados a outras áreas de reciclagem. O classificador

por ar, de sopragem com um fluxo de ar $250 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$, classifica ainda mais materiais inertes, tais como vidro, madeira, cerâmica e outros. Ao mesmo tempo, a maior parte dos plásticos pode ser soprada para uma separação adicional. Os rejeitos que foram classificados pelo classificador de ar, são enviados para uma nova unidade de triagem, manual, para posterior separação. (HUANG *et al.*, 2002).

A Tabela 6 apresenta principais características de britadores de impacto, de mandíbula e de martelo, comumente utilizado em usinas de reciclagem de RCD.

Tabela 6 - Tipos de britadores e suas características.

Britador	Características
Impacto	<p>Equipamento robusto, capaz de britar peças de concreto;</p> <p>Alta redução no tamanho do material britado, com alta geração de finos;</p> <p>Geração de grãos na forma cúbica, com boas características mecânicas;</p> <p>Baixa emissão de ruídos;</p> <p>Alto custo de manutenção (trocas de martelos e placas de impacto);</p> <p>Fragmentação feita por colisão do material em placas fixas de impacto;</p> <p>Alta geração de material graúdo, não reduz muito as dimensões dos grãos;</p> <p>Geração de grãos lamelares, com tendência a baixa qualidade;</p>
Mandíbula	<p>Dificuldade de britagem de material armado e/ou de grandes dimensões;</p> <p>Alta emissão de ruídos;</p> <p>Baixo custo de manutenção;</p> <p>Ideal para britagem de rochas;</p> <p>Fragmentação do material por compressão;</p>
Martelo	<p>Usando como britador secundário, por apresentar pouco espaço para entrada de material;</p> <p>Produz alta porcentagem de material miúdo;</p> <p>Geralmente utilizado em conjunto com britador de mandíbula;</p> <p>Fragmentação do material parte por impacto e parte por atrito.</p>

Fonte: Modificado de Santos (2007).

No Brasil, as usinas de reciclagem de RCD possuem um processo simplificado, muitas vezes não adotando tecnologias mais desenvolvidas. Na sua maioria, são constituídas pelos equipamentos: pá carregadeira ou retroescavadeira, alimentador vibratório, transportadores de correia, britador de mandíbula ou impacto, separador magnético permanente ou eletroímã, e peneira vibratória. (MIRANDA, 2015).

2.3.2 Usinas de reciclagem de RCD no Brasil

O mapa desenvolvido por Grabasck (2016) mostra usinas de reciclagem de RCD em todo o Brasil, Figura 8. Algumas delas, indicadas como “usinas não confirmadas” são usinas que surgem na bibliografia, porém não se confirmou o funcionamento das mesmas. Na figura

pode-se observar que a Região Sudeste apresenta maior quantidade de usinas de reciclagem de RCD, o que é justificado pelo maior PIB e maior índice de habitantes.



Figura 8 - Mapeamento das usinas de reciclagem de RCD.

Fonte: Grabasck (2016)

Das 105 usinas que responderam à pesquisa, 83% são privadas, 10% são públicas e 7% são público/privadas, sendo o Estado de São Paulo o maior concentrador de usinas, 54%. O Estado do Rio Grande do Sul apresenta 7% do total de usinas instaladas no Brasil. De todas as usinas que responderam aos questionamentos, 74% operam plenamente, conforme Figura 9.

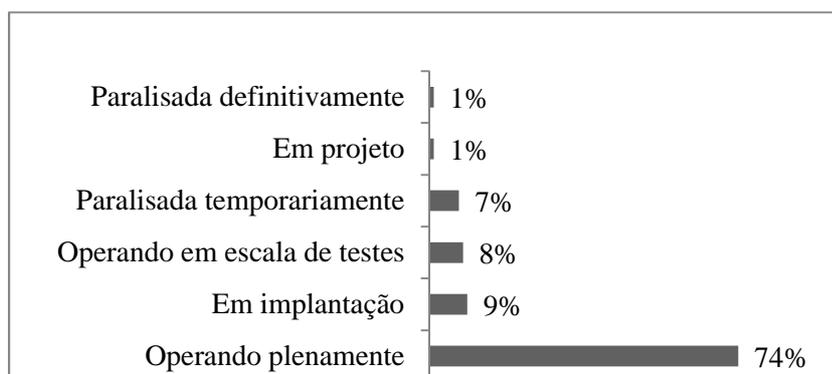


Figura 9 - Situação das usinas no Brasil.

Fonte: ABRECON (2015)

Sobre os aspectos financeiros, a maioria das usinas (60%) possui de 5 a 10 funcionários, (25%) possui de 11 a 20 funcionários e (15%) de 21 a 50 funcionários. A maior

parte das usinas (72%) não tem nenhuma atividade econômica complementar à reciclagem de RCD. Os principais clientes para os agregados reciclados estão descritos na Figura 10 e os valores cobrados por m³ de RCD que a usina recebe estão descritos na Figura 11, de R\$ 5,00 até mais de R\$ 30,00, o que pode ser considerada uma grande variação.

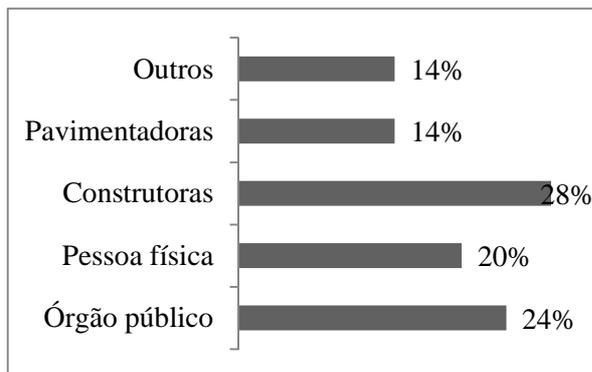


Figura 10 - Principais clientes para venda de AR.

Fonte: ABRECON (2015)

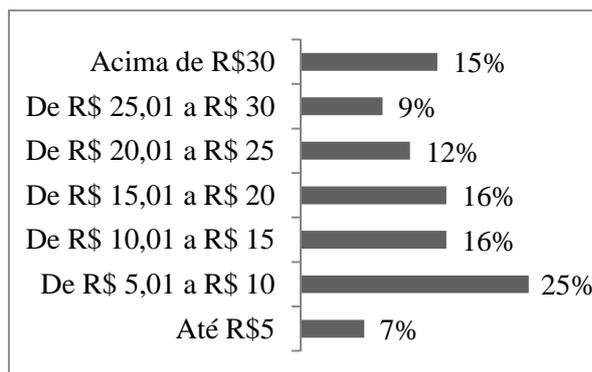


Figura 11 - Preços por m³ de RCD recebido.

Fonte: ABRECON (2015)

Nesse relatório, surge um questionamento em relação à produção de AR ser menor do que a capacidade das usinas. A maior parte das usinas possui capacidade nominal entre 25 e 50 m³/h, porém 52% destas usinas produzem 3.000 m³/mês. Outros 30% das usinas possuem capacidade nominal de 10.000 m³/mês, porém apenas 11% operam com a capacidade total. Nunes *et al.* (2007), avaliou que as usinas de reciclagem de RCD no Brasil, utilizam apenas 55% da sua capacidade de produção.

Miranda, Angulo e Caréli (2009), estimou que apenas 3,6% do RCD gerado é reciclado no Brasil, isso, considerando todas as usinas em operação e em implantação no ano de 2008. Essa estimativa considerou a geração de 500 kg/hab.ano, conforme o estudo de Pinto (1999). Considerando a mesma taxa de geração de Pinto (1999) e a população do Brasil de

acordo com o IBGE, a ABRECON estimou que no ano de 2015 cerca de 21% de RCD foi reciclado, porém, se as usinas estivessem operando com a sua capacidade nominal, essa porcentagem poderia ser dobrada. Na Tabela 7 são apresentadas as estimativas de reciclagem de RCD no Brasil, nos anos de 2013 e 2015, considerando a produção de AR nas usinas e a estimativa de produção de AR, caso as usinas estivessem operando com a sua capacidade máxima.

Tabela 7 - Estimativa de reciclagem de RCD no Brasil.

	Produção atual		Produção na capacidade máxima	
	2015	2013	2015	2013
Para as 96 usinas que responderam à pesquisa	6%	6%	14%	13%
Proporcional, para 310 usinas instaladas no Brasil	21%	19%	46%	42%

Fonte: ABRECON (2015).

De acordo com Miranda, Angulo e Caréli (2009), até o ano de 2002 existiam apenas 16 usinas instaladas no Brasil. Com a publicação da Resolução CONAMA n.º307/2002 e o exemplo da gestão de RCD em Belo Horizonte, houve um aumento na taxa de crescimento de implantações de usinas de reciclagem de RCD que passou de 3 usinas novas por ano para 9 usinas novas por ano. Os autores indicam que a administração pública possui dificuldades em administrar essa atividade, principalmente em razão das mudanças de gestão ou desinteresse e as dificuldades na manutenção/operação da usina por falta de pessoal tecnicamente preparado ou falta de verbas para a compra de peças de reposição.

Esse argumento, exposto pelos autores Miranda, Angulo e Caréli (2009), explica a diferença entre os número encontrados no artigo por eles publicado em 2009 e no relatório atual da ABRECON (2015). No ano de 2009, 51% das usinas instaladas no Brasil eram administradas pelo poder público, porém, somente 42% delas estavam em implantação ou em operação. A Figura 12, apresenta o crescimento no número de usinas públicas e privadas, sendo possível observar que após o ano de 2002, houve um aumento na taxa de instalações privadas e uma quase estagnação na taxa de instalações públicas. Tal fato, deixa claro como a Resolução CONAMA n.º307/2002, incentivou a reciclagem de AR. No relatório da ABRECON (2015), foi mostrado que atualmente 83% das usinas são privadas, concordando com os argumentos mencionados pelos autores Miranda, Angulo e Caréli (2009), de que o poder público encontra barreiras na administração da atividade de reciclagem de RCD.

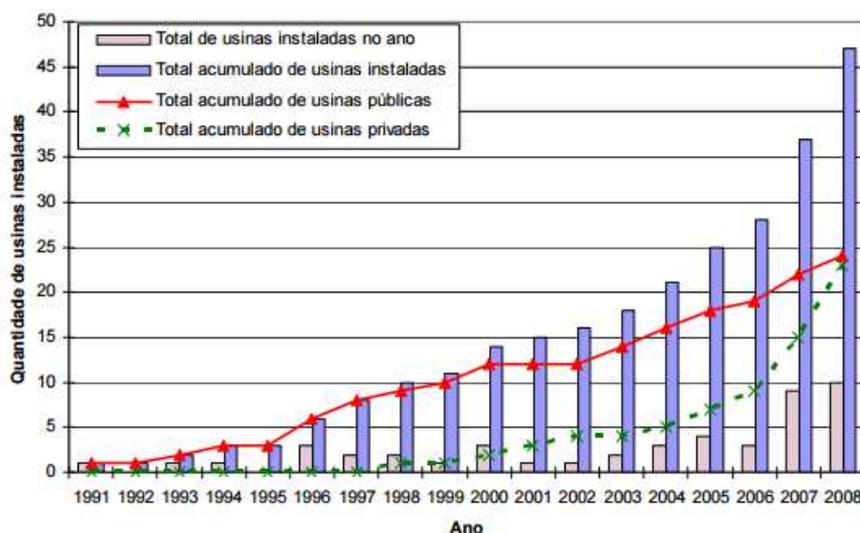


Figura 12 - Usinas de reciclagem de RCD no Brasil.

Fonte: Miranda, Angulo e Caréli, (2009)

Porém, o questionamento realizado no relatório da ABRECON (2015), ainda fica em aberto. A Resolução CONAMA n.º307/2002 incentivou que o setor privado implantasse usinas de reciclagem de RCD, porém, pode-se perceber que a produção dentro das usinas ainda é menor do que a capacidade nominal as quais foram projetadas, e assim, a quantidade de RCD gerado continua sendo bem maior, comparado ao RCD que é reciclado.

Assim, mesmo com os incentivos relacionados à criação da Resolução CONAMA n.º307/2002 e com a melhora no cenário brasileiro da reciclagem, ainda existe uma deficiência nas políticas de reciclagem de RCD sendo um dos desafios a popularização da utilização do material reciclado. Para isso, são necessárias políticas públicas que abranjam não apenas legislação, mas também, pesquisas, legislação tributária e educação ambiental (JOHN; AGOPYAN, 2000).

Finalmente, de acordo com Grabasck (2016), considerando as capacidades de produção de todas as usinas em operação no Brasil, seria necessária a implantação de mais 54 usinas de reciclagem de RCD, pois, as usinas em operação não são capazes de reciclar o total de RCD gerado.

2.3.3 Estudos sobre viabilidade financeira

Diversos estudos foram realizados com o intuito de investigar a viabilidade econômica de usinas de reciclagem de RCD em diferentes locais. Nesses estudos, foram analisados que a viabilidade econômica de uma usina de reciclagem depende de vários aspectos que abrangem desde gerenciamento e gestão de resíduos, até o mercado para o produto

resultante do processo. (NUNES *et al.*, 2007; COELHO; BRITO, 2013c). Dentre esses aspectos, Coelho e Brito (2013b) destacaram que os principais fatores que influenciam na viabilidade econômica são:

- a) Capacidade da usina;
- b) Preço de venda de agregado reciclado;
- c) Tarifas para disposição de rejeitos em aterro sanitário;
- d) Volume de entrada de resíduos.

No estudo desenvolvido por Nunes *et al.* (2007) sobre viabilidade econômica de usinas de reciclagem de RCD no Brasil, foi concluído que do ponto de vista econômico a implantação de usinas de reciclagem de RCD no Brasil pode não ser viável, principalmente em relação aos projetos privados. A pesquisa mostrou que para tornar viável economicamente a reciclagem de RCD em usinas com capacidade igual ou inferior a 20 t/h, as taxas cobradas para recebimento de RCD serão elevadas, quando comparadas a usinas reciclagem de RCD com capacidade de produção de 100 t/h. Logo, a viabilidade financeira de usinas de reciclagem de RCD com capacidade de 20 t/h ou menos, provavelmente será negativa. Além disso, os dados levantados comprovaram que uma usina com uma capacidade de processamento de cerca de 20 t/h possui custos operacionais equivalentes as uma usina de 100 t/h, o que acarreta um custo de operação parecido, porém produção de AR de até 80 t/h inferior.

A partir do estudo de Nunes *et al.* (2007), pode-se destacar a importância da capacidade da usina, combinada com a produção de AR. Foi visto no relatório da ABRECON (2015) que grande parte das usinas não opera com a capacidade nominal máxima a qual foi projetada, o que pode estar acarretando malefícios econômicos à indústria de reciclagem de RCD brasileira. Também fica clara a importância do planejamento para a implantação das usinas de reciclagem, pois o fluxo de recebimento de RCD é parâmetro indispensável para a viabilidade econômica, tanto quanto o mercado ativo para o material reciclado.

Coelho e Brito (2011), realizou uma análise de custo de ciclo de vida de usina de reciclagem de RCD, teoricamente, implantada na região metropolitana de Lisboa, Portugal. Constituída no custo-benefício simples, a análise se fez por meio de extensa pesquisa de mercado, considerando 60 anos de operação e uma capacidade de 350 t/h. Foram estabelecidos custos fixos (aquisição de equipamentos e peças de reposição, projeto de engenharia e de planejamento, imóveis, licenças e impostos). Os custos operacionais foram estabelecidos como sendo os referentes à energia, manutenção, mão-de-obra, disposição de rejeitos e seu transporte,

juros e financiamentos. Os resultados da pesquisa mostraram que mesmo sendo um investimento de alto nível, a implantação de uma usina de reciclagem de RCD, nessas condições, apresentou um retorno sobre o período de investimento de 2 anos, mostrando ser um negócio atraente. Os autores propõem a necessidade e a importância de minimizar a quantidade de rejeitos, visto que a sua disposição atinge os 80% dos custos totais, apresentado na Tabela 8. Além disso, esse número permite a análise dos custos das outras categorias, que se tornam pequenos comparados à disposição de rejeitos. (COELHO; BRITO, 2013b).

Tabela 8 - Total de custos por categorias, ao longo de 60 anos.

Descrição	Custos (€)	Porcentagem
Custos fixos de equipamentos	12.900.861	3,09
Transporte	36.545.568	8,75
Construção de instalações	2.780.439	0,67
Compra de imóveis e outros custos iniciais	4.697.770	1,13
Energia, manutenção e mão-de-obra	16.842.651	4,03
Outros custos de operação	9.175.084	2,20
Disposição de rejeitos	332.182.738	79,56
Créditos/juros	2.387.827,00	0,57
Total	417.512.938	100

Fonte: Coelho e Brito (2013b).

Em análise semelhante realizada no Brasil, os custos levantados para análise de viabilidade econômica de usinas de reciclagem por Jadovski (2005), foram:

- a) Custos de implantação: aquisição de equipamentos, máquinas e veículos; instalação de equipamentos; terreno; obras civis.
- b) Custo de operação: mão de obra; alugueis de veículos, máquinas e equipamentos; operadores de veículos, máquinas e equipamentos; insumos de produção; despesas administrativas; aluguel do terreno (caso não fosse adquirido).
- c) Custo de manutenção: troca de peças, manutenção preventiva de equipamentos; manutenção corretiva; depreciação de equipamentos; manutenção em obras civis, terraplenagem e contenções; depreciação de obras civis.

Esses dados foram levantados por meio de pesquisa de mercado e visitas técnicas a usinas de reciclagem de RCD em todo o Brasil. Com esses dados, o autor desenvolveu duas telas que avaliam a viabilidade econômica, nas quais qualquer operador pode arbitrar valores diferentes para cada item dos custos de implantação, operação, manutenção e benefícios. Após

o preenchimento destas telas, a planilha calcula automaticamente se há viabilidade econômica da usina de reciclagem de RCD para cada cenário estabelecido pelo operador.

Todos esses estudos buscaram avaliar a viabilidade econômica de usinas de reciclagem de RCD, por meio de cálculos de indicadores econômicos como valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR). Nesse estudo, esses indicadores não foram calculados, pois se decidiu por focar nos fatores que influenciam em aspectos financeiros de usinas de reciclagem de RCD.

3 MÉTODO DE PESQUISA

O método proposto para a elaboração da pesquisa foi desenvolvido a partir de três etapas, apresentadas no delineamento da pesquisa (Figura 13), a partir do objetivo geral, objetivos específicos, questões motivadoras da pesquisa e fontes de informação.

Objetivo geral: Determinar e analisar principais fatores que influenciam em aspectos financeiros para implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte.			
	Objetivos específicos	Questões de pesquisa	Fontes de informação
1. CONTEXTO	Identificar principais custos e benefícios financeiros envolvidos nas usinas de reciclagem de RCD	Quais são os custos de implantação, operação e manutenção do processo de reciclagem de RCD? E, quais os benefícios financeiros na reciclagem de RCD?	Visitas técnicas Pesquisa de mercado (fabricantes de equipamento e de agregado reciclado)
2. ASPECTOS FINANCEIROS	Avaliar os aspectos financeiros envolvidos na implantação e operação dos dois portes de usinas de reciclagem de RCD estudadas, frente aos três cenários propostos	Quais fatores que influenciam os aspectos financeiros estudados frente aos três cenários propostos?	Custos e benefícios financeiros identificados em pesquisa de campo: fornecedores, visitas técnicas e outros
3. PAYBACK	Estimar o tempo de retorno de investimento (<i>payback</i>) das usinas de reciclagem de RCD simuladas	Qual é o tempo de retorno de investimento das usinas de reciclagem de RCD simuladas?	Informações encontradas na etapa 2

Delineamento de pesquisa

Figura 13 - Delineamento de pesquisa.

3.1 ETAPA 1: CONTEXTO

Com o propósito de identificar o contexto de usinas de reciclagem de RCD em operação, a fim de observar a área, equipamentos, logística, material de entrada e de saída, funcionários e outros, foram realizadas visitas técnicas em duas usinas de reciclagem de RCD de diferentes portes, com foco em questões de equipamentos utilizados.

Nesta etapa também foi realizada a identificação de custos de operação e manutenção e outros custos e benefícios financeiros envolvidos em usinas de reciclagem de RCD, por meio de pesquisa de mercado no Rio Grande do Sul.

A Figura 14 faz uma síntese da etapa 1 e relaciona o objetivo específico, as bases de informação e as questões de pesquisa que foram respondidas com o desenvolvimento do trabalho.

Atividades			
Visitas técnicas em usinas de reciclagem de RCD Pesquisa de mercado no Rio Grande do Sul			
Questões de pesquisa			
Como é a operação de usinas de reciclagem de RCD?	Quais os principais equipamentos, fluxos, operários e capacidades das usinas?	Quais os custos de operação e manutenção das usinas de reciclagem de RCD?	Quais os benefícios financeiros envolvidos nas usinas de reciclagem de RCD?
Objetivo			
Identificar principais custos e benefícios financeiros envolvidos nas usinas de reciclagem de RCD			

Figura 14 - Síntese etapa 1.

3.1.1 Visitas técnicas

Foram realizadas visitas técnicas em usinas de reciclagem de RCD nas cidades de São Leopoldo, Rio Grande do Sul e no bairro de Grajaú, São Paulo. As visitas técnicas na usina de São Leopoldo foram realizadas em outubro de 2015 e em julho de 2016. A visita técnica na usina de reciclagem de RCD na cidade de Grajaú, São Paulo, foi realizada no mês de junho de 2016 e, foi realizada com o intuito de serem conhecidas as principais tecnologias utilizadas desde o recebimento do resíduo até a venda do material beneficiado, visto que, é conhecida como a maior usina de reciclagem de RCD da América Latina.

Por meio das visitas técnicas e entrevista aos responsáveis técnicos das usinas, foram obtidas informações sobre a implantação e a operação de cada usina de reciclagem de RCD. A Figura 15, em forma esquematizada, mostra as informações que foram buscadas.

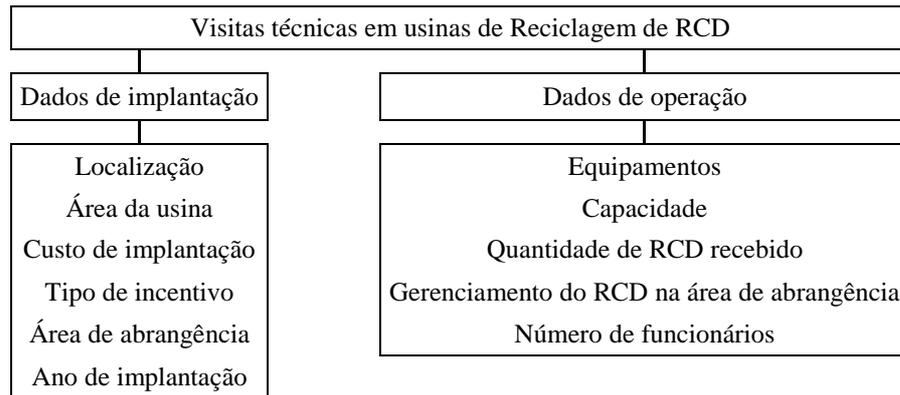


Figura 15 - Visitas técnicas nas usinas de reciclagem de RCD.

3.1.2 Pesquisa de mercado no Rio Grande do Sul

As informações relacionadas a custos podem variar de acordo com a localização de um empreendimento, dessa forma, esse trabalho foi desenvolvido com informações obtidas por meio de pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

Considerou-se Novo Hamburgo, como cidade para a suposta implantação das usinas de reciclagem de RCD. Foi necessário estabelecer um município para a implantação das usinas de reciclagem de RCD, visto que, alguns dados como o custo de aquisição de terreno e população e geração de RCD, demandam uma localização específica. A população da cidade de Novo Hamburgo é de 249.113 habitantes e de acordo com o IBGE (2016).

Foram levantados os custos de implantação, operação e manutenção de usinas de reciclagem de RCD de 50t/h e 75t/h, consideradas (nesse estudo) como usinas de pequeno e médio porte respectivamente. Justifica-se tal escolha em razão de essas capacidades de usinas de reciclagem de RCD serem fabricadas e comercializadas na área de pesquisa e por atenderem à geração de RCD na área de pesquisa

Todos os custos e benefícios financeiros foram calculados separadamente para cada uma das usinas de reciclagem de RCD, pequeno porte (50 t/h) e médio porte (75 t/h). Os valores utilizados se referem ao segundo semestre de 2016 e primeiro semestre de 2017.

Destaca-se os principais custos que envolvem a reciclagem de RCD foram calculados, contudo, a falta de algum custo que eventualmente não foi abordado neste trabalho, não implicou prejuízos ao atingir o objetivo geral.

3.1.2.1 Custos de implantação

Os custos de implantação foram estabelecidos como os custos incididos na compra dos equipamentos para a instalação de uma usina de reciclagem de RCD, bem como custos de

infraestrutura. Assim, a Equação 1 representa como foi calculado o custo de implantação das usinas de reciclagem de RCD.

$$CI = Ce + Cie + Ct + Coc + Cpe \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

CI = custo de implantação;

Ce = custo de aquisição de equipamentos;

Cie = custo de instalação dos equipamentos;

Ct = custo do terreno;

Coc = custo de obras civis;

Cpe = custo de projetos de engenharia.

- Custo de aquisição de equipamentos (Ce)

Foram identificados os equipamentos necessários para a operação das usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte, por meio de pesquisa de mercado. Com essas informações, foram identificados fabricantes e fornecedores da região do Rio Grande do Sul, portanto não foram incluídos custos de frete. Somente foram buscados dados de custos de equipamentos novos.

A pesquisa de mercado foi realizada por meio de sites na internet e contatos telefônicos aos fabricantes destes equipamentos, o que resultou no custo de aquisição de equipamentos.

- Custo de instalação dos equipamentos (Cie)

O custo de instalação dos equipamentos foi estimado de acordo com as informações disponibilizadas pelos fabricantes dos equipamentos, pois a montagem e instalação são realizadas pelo fabricante dos equipamentos, com um custo de 10% do valor total dos equipamentos.

- Custo de aquisição de terreno (Ct)

Nas usinas de reciclagem de RCD onde foram realizadas as visitas técnicas, há uma grande diferença entre as áreas das instalações. Desse modo, a área requerida para as instalações das usinas de reciclagem de RCD foi atribuída conforme o estudo realizado por Jadovski (2005).

Com o auxílio de banco de dados de uma empresa de avaliação de imóveis da cidade de Novo Hamburgo obteve-se informações sobre dois terrenos, com área próxima à área estimada para a implantação das usinas de reciclagem de RCD estudadas, que estão à venda. Um dos terrenos situa-se no bairro Boa Saúde, cuja topografia caracteriza-se como terreno plano, e o outro no bairro Roselândia/Diehl, cuja topografia caracteriza-se como declive/aclive. Com a área de cada terreno (15.000 m²) e com o valor avaliado pela empresa para cada um dos terrenos, foi calculada uma média de custo de metro quadrado de terreno na cidade de Novo Hamburgo.

Por meio da área requerida por cada usina de reciclagem de RCD, pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte, e do valor por metro quadrado de terreno, foi calculado o custo de aquisição de terreno.

- Custo de obras civis (Coc)

O funcionamento da usina de reciclagem de RCD depende de obras civis, que abrangem as áreas de administração, vestiários, sanitários e refeitório. Essas áreas foram determinadas em relação ao número de funcionários e por meio das visitas técnicas realizadas.

Além disso, foi necessário levantar o custo de uma área coberta para o armazenamento temporário de outros resíduos recicláveis, área de central de triagem. Essa área foi determinada a partir da capacidade de produção de cada usina de reciclagem de RCD considerando que 10% do total recebido pelas usinas não fossem Classe A, conforme os dados das visitas técnicas realizadas nas usinas de reciclagem de RCD, ou seja, 5 t/h na usina de pequeno porte e 7,5 t/h na usina de médio porte. Foram adotadas 8 horas de trabalho por dia, um período de estocagem de uma semana e os principais materiais o papel, plástico e metal, cuja densidade média do material solto é de 300 kg/m³, conforme Farias (2002, apud Melo, Sautte e Janissek, 2009).

Com os dados das áreas necessárias para cada edificação, foram calculados os custos de cada obra civil para cada porte de usina, com a utilização do Custo Unitário Básico (CUB) do Rio Grande do Sul, levantado por meio das pesquisas realizadas pelo SINDUSCON-RS com base nos dados do mês de novembro de 2016. Foi utilizado o CUB para galpão industrial para calcular o custo de obras civis da área de central de triagem e o CUB de residência unifamiliar para as áreas do ambiente de trabalho, com padrão de acabamento médio. (SINDUSCON-RS, 2016).

Além disso, conforme estabelece a NBR 15.114 (ABNT, 2004), há a necessidade da área da usina de reciclagem de RCD ser cercada com plantas do tipo cerca viva. Para o cálculo da quantidade de mudas necessárias, foi utilizado um perímetro estimado do terreno, conforme a área do mesmo. O custo da cerca viva foi estipulado por meio de pesquisa no mercado de floriculturas da região metropolitana de Porto Alegre e considerado mudas com altura de 1,20 metros e plantadas a 1,00 metro de distância. Ressalta-se que o valor das mudas de cerca viva pode variar de acordo com a espécie de planta a ser utilizada.

- Custo de projetos de engenharia (C_{pe})

Para o cálculo dos custo de projetos de engenharia, foi utilizada a Tabela de Honorários, conforme Sindicato dos Engenheiros do Estado do Rio Grande do Sul (SENGE-RS), com base nos dados de 2016.

A tabela de honorários do SENGE-RS resulta em porcentagens para custo para cada projeto de engenharia, e de execução de obras, por intermédio dos valores de áreas construídas e pelo CUB (já calculadas anteriormente). Além disso, foram utilizadas as características de Centros Administrativos para o cálculo do custo de projetos de engenharia da área de vivência e as características de Indústria de Pequeno Porte para o cálculos do custo de projetos de engenharia para as áreas de central de triagem.

3.1.2.2 Custos de operação

Para determinar o custo de operação das usinas de reciclagem de RCD, foram levantados os custos descritos na Equação 2, considerando a operação anual. Ou seja, foram determinados os custos de operação de um ano de funcionamento das usinas de reciclagem de RCD, separadamente para pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte.

$$CO = C_{mo} + C_{oe} + C_{da} + C_{imp} + C_{rej} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

CO = custo de operação;

C_{mo} = custo de mão-de-obra;

C_{oe} = custo de operação de equipamentos;

C_{da} = custo de despesas administrativas;

C_{imp} = custo de impostos;

C_{rej} = custos para disposição de rejeitos.

- Custo de mão-de-obra (Cmo)

A quantidade necessária de funcionários para a operação da usina de reciclagem foi estabelecida de acordo com a estruturação das usinas de reciclagem de RCD e com base nas visitas técnicas realizadas.

Os salários foram estabelecidos de acordo com o piso salarial médio de cada uma das funções, que foram pesquisados no site do SINE (site nacional de empregos) e no do SINDUSCON-RS considerando todos os funcionários mensalistas. Para todas as funções foram atribuídos valores considerando empresa de pequeno porte e nível profissional pleno. Os custos de encargos sociais sobre a mão de obra para o Rio Grande do Sul, considerando os funcionários mensalistas e sem desoneração é de 71,41%, de acordo com SINAPI (2016).

Também foram levantados os custos de equipamentos de proteção individual (EPI), por meio de pesquisa de mercado. Os períodos de trocas de cada EPI foram buscados com os fornecedores dos mesmos.

- Custo de operação de equipamentos (Coe)

Para determinar o custo de operação dos equipamentos foram buscadas informações sobre as características de operação, por meio dos fabricantes e fornecedores. Os fabricantes disponibilizaram fichas técnicas com informações sobre as potências dos equipamentos. Por meio da potência, com o tempo de operação arbitrado em 8 horas por dia e 20 dias por mês e com as tarifas de combustível e de energia elétrica foi calculado o custo de operação dos equipamentos.

O custo de combustível, diesel, utilizado nos equipamentos de transporte dentro da usina de reciclagem de RCD, foi estabelecido por meio de uma pesquisa em postos de combustíveis na cidade de Novo Hamburgo.

A tarifa da energia elétrica foi atribuída de acordo com a AESSUL, concessionária que atende a cidade de Novo Hamburgo, tendo em base o mês de dezembro de 2016. Além disso, foram utilizadas a área industrial e a bandeira amarela como referência.

- Custos de despesas administrativas (Cda)

Como todo empreendimento, a parte administrativa das usinas de reciclagem de RCD depende de custos que estão envolvidos a telefones e internet. Estes custos foram estimados por meio de pesquisa de mercado também em empresas de telefonia da cidade de Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul.

Além disso, estabeleceu-se como despesa administrativa, o custo de consumo de água decorrente da operação das usinas de reciclagem de RCD e também do consumo dos funcionários. Foram buscados os dados referentes ao custo do litro de água, de acordo com a COMUSA- Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo. Como a COMUSA, concessionária de Novo Hamburgo, não estabelece quanto é o consumo de água por pessoa por dia, esse dado foi buscado com o DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre.

Com posse desses dados e com as informações disponibilizadas pela concessionária, referente ao consumo por pessoa, foi calculado o custo de consumo de água, pela Equação 3, disponível no site da COMUSA.

$$\text{Valora pagar} = \text{Serviço Básico} + \text{PB} \times c^n \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

PB = Preço Básico da Categoria,

c= consumo volume (m³),

n= índice retirado da tabela de Exponenciais.

- Custos de impostos (Cimp)

O AR é considerado um material de construção, portanto os impostos aplicados ao AR é o do ICMS (17%) e do PIS/COFINS (3,5%). Esse custo é estabelecido de acordo com a receita das usinas de reciclagem de RCD, por isso serão contabilizados somente na simulação dos cenários (etapa 2).

- Custo de disposição de rejeitos (Crej)

Por meio das visitas técnicas realizadas, constatou-se falhas na triagem dos resíduos por parte dos geradores. Por isso, com frequência encontram-se resíduos de classificação diferente à Classe A (possível de ser reciclada nas usinas), chamados de rejeitos.

A porcentagem de rejeitos em relação ao RCD dispostos nas usinas de reciclagem foi estabelecida conforme informações visitas técnicas realizadas, cerca de 10% no máximo. Foram buscados valores de tarifas para disposição dos rejeitos no aterro sanitário de São Leopoldo, companhia riograndense de valorização de resíduos S.A (CRVR), e atribuída uma fração de um quarto de caçamba de material não reciclável. Os custos para transporte dos rejeitos até o aterro sanitário também foram buscados junto às empresas de transporte de resíduos da cidade de Novo Hamburgo.

3.1.2.3 Custos de manutenção

Os custos considerados como custos de manutenção foram os relacionados à reposição de peças dos equipamentos utilizados na usina de reciclagem de RCD, além dos custos de manutenção preventiva como lubrificação e reposição de peças, bem como, o custo de depreciação dos equipamentos utilizados na usina de reciclagem de RCD. A Equação 4 contém cada custo que envolve o custo de manutenção.

$$CM = Cme + Cde \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

CM = custo de manutenção;

Cme= custo de manutenções dos equipamentos;

Cde = custo de depreciação de equipamentos.

- Custo de manutenções dos equipamentos (Cme)

Para a pá carregadeira, foram buscados, por meio dos fabricantes, os intervalos de tempo em que devem ser realizadas as manutenções. A partir das horas de operação foram calculados o número de trocas necessárias por ano. Por meio das pesquisas de mercado (em postos de combustíveis de Novo Hamburgo) foram encontrados custos para cada troca. Os intervalos de tempo para troca dos óleos e filtros foram identificados por meio dos diversos fabricantes desse equipamento. Além disso, os fabricantes de pneus para pá carregadeiras forneceram informações de tempo de rodagem (durabilidade) e os custos de pneus.

O custo de manutenção dos equipamentos que fazem parte da estruturação das usinas de reciclagem de RCD foi estabelecido de acordo com as informações dadas pelos fabricantes. Os fabricantes dos equipamentos da usina indicaram que o custo com a manutenção é de menos de 1% do custo total dos equipamentos.

- Custo de depreciação de equipamentos (Cde)

De acordo com Jadovski (2005), o custo de depreciação de todos os equipamentos utilizados na usina de reciclagem de RCD, pode ser calculado de forma linear para um período de 10 anos e considerar 10% do custo de aquisição dos mesmos. Esses valores foram estabelecidos por meio das visitas técnicas nas usinas de reciclagem, nas quais os responsáveis técnicos informaram que até 10 anos ou mais os equipamentos continuam em funcionamento.

Desse modo, foram arbitrados 10 anos de período para depreciação de equipamentos e 10% do custo de aquisição de cada equipamento como valor residual.

3.1.2.4 Benefícios financeiros

Como benefícios financeiros das usinas de reciclagem de RCD foram considerados valores relativos ao recebimento de RCD e venda de AR, investigados na pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul. Também foi calculada a geração de RCD na área de pesquisa e comparada às capacidades das usinas de reciclagem de RCD estudadas.

3.2 ETAPA 2: ASPECTOS FINANCEIROS ENVOLVIDOS NA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINAS DE RECICLAGEM DE RCD

Como existem diferentes variáveis possíveis na implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD, nesta etapa de pesquisa foram realizadas simulações de três cenários de implantação e de operação de usinas de RCD, com base na revisão bibliográfica e pelas informações adquiridas nas visitas às usinas.

As variáveis adotadas se referem à cobrança ou não pelo recebimento de RCD e operação ou não na capacidade total das usinas.

A Figura 16 mostra uma síntese da etapa 2, apresentado as questões que motivaram cada um dos cenários desenvolvidos.

Atividade			
Análise dos custos e benefícios financeiros calculados na etapa 1			
Questões de pesquisa			
Caso não exista receita sobre o recebimento de RCD, qual o resultado financeiro anual?	Caso as usinas de reciclagem de RCD operem com apenas 50% da capacidade e obtenham receita pelo recebimento de RCD, qual o resultado financeiro anual?	Caso as usinas de reciclagem de RCD operem com 100% da capacidade e obtenham receita pelo recebimento de RCD, qual o resultado financeiro anual?	Comparando essas simulações, quais os principais fatores que influenciam o resultado financeiro dos cenários?
Objetivo			
Avaliar os aspectos financeiros envolvidos na implantação e operação dos dois portes de usinas de reciclagem de RCD estudadas, frente aos três cenários propostos.			

Figura 16 - Síntese etapa 2.

Para todos os cenários, foi considerado 80% da capacidade de operação no primeiro ano, 90% no segundo ano e 100% nos anos seguintes. Essa decisão foi tomada com a justificativa de que as usinas podem passar por dificuldades nos primeiros anos de operação em relação ao desconhecimento das novas instalações.

Além disso, por meio dos custos e benefícios financeiros levantados na etapa 1, foram calculadas as previsões de receitas bruta e de despesas bruta, o que ocasionou um resultado financeiro anual para cada uma das usinas de reciclagem de RCD, pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte em cada um dos cenários.

A Tabela 9 foi utilizada para a apresentação dos resultados obtidos pelas simulações dos cenários estudados. No ano 0, somente foi atribuído o custo de implantação (CI), ou seja, o custo de investimento inicial, que ocorre antes do início da operação das usinas de reciclagem de RCD. No ano 1, foram atribuídos os valores de recebimento de RCD e de venda de AR igual a 80% da capacidade de produção de cada usina em cada simulação de cenário. No ano 2, foram atribuídos os valores de recebimento de RCD e de venda de AR igual a 90% da capacidade de produção de cada usina em cada simulação de cenário. E, nos anos seguintes, foram atribuídos os valores de recebimento de RCD e de venda de AR igual a 100% da capacidade de produção de cada usina em cada simulação de cenário. O item “Receita bruta” refere-se a soma das receitas obtidas pelo recebimento de RCD anual e venda de AR anual. O item “Despesa bruta” refere-se a soma dos custos com os impostos (ICMS + IPI/COFINS) anuais, custo de operação (CO) anual e custo de manutenção (CM) anual. O item “Resultado financeiro” refere-se a subtração da “Receita bruta” pela “Despesa bruta”. Desse modo, todos os aspectos financeiros descritos na primeira coluna da Tabela 9 foram calculados para um ano.

Tabela 9 - Método análise financeira

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Anos seguintes
Aspectos financeiros		80%	90%	100%

Recebimento RCD
Venda AR
Receita bruta
ICMS
IPI/COFINS
(-) Impostos
(-) CO
(-) CM
Despesa bruta
(-) CI
Resultado financeiro
Resultado Financeiro médio para os 10 anos
de operação

Com base nesses resultados, foi realizada uma análise dos resultados financeiros por meio de um comparativo entre os cenários. Os resultados financeiros de cada um dos cenários e de cada porte de usina de reciclagem de RCD permitiu identificar principais fatores influenciadores em aspectos financeiros de implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD.

3.2.1 Cenário 1: Sem receita sobre recebimento de RCD

Considerando que a não cobrança de tarifas para recebimento de RCD por parte da usina ocasione incentivo para atrair maior quantidade de RCD dispostos nas usinas de reciclagem, esse cenário foi criado. Na pesquisa de Nunes *et al.* (2007), foi indicado que a menor taxa, ou inexistência, de cobrança pelo recebimento do RCD pelas usinas de reciclagem, devem ser buscadas para atingir a viabilidade financeira.

Considerando a produção igual a 100% da capacidade, foram calculadas as previsões de receita bruta (por meio apenas da venda de AR), as previsões de despesa bruta e obtido o resultado financeiro para cada uma das usinas, pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte.

3.2.2 Cenário 2: Com receita sobre recebimento de RCD e operação de 50% da capacidade

Conforme as pesquisas setoriais realizadas nas usinas de reciclagem de RCD pela ABRECON (2015), obteve-se a informação de que as usinas não operam com capacidade total de produção. Assim, foi investigado o cenário considerando 50% da capacidade de produção e cobrança para recebimento.

Considerando que apenas 50% das capacidades das usinas de reciclagem de RCD sejam recebidas como resíduos e vendidas como AR, foram calculadas as previsões de receitas

e de despesas bruta. Com esses cálculos, foi obtido o resultado financeiro de cada uma das usinas, pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte.

3.2.3 Cenário 3: Com receita sobre recebimento de RCD e operação de 100% da capacidade

Considerando a melhor hipótese de operação das usinas de reciclagem de RCD, na qual a produção de AR seja igual à capacidade e que todo o RCD gerado pela população da área abrangente seja levado até a usina, o terceiro cenário foi criado.

Considerando que as usinas de reciclagem de RCD operem com o total de 100% de suas capacidades, foram calculadas as previsões de receitas e de despesas bruta e obtido o resultado financeiro de cada uma das usinas, pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte.

3.2.4 Comparativo entre as simulações dos cenários

O comparativo entre as simulações foi realizado por meio dos resultados financeiros de cada usina de reciclagem de RCD, pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte após o segundo ano de operação e o resultado financeiro médio dos 10 anos de operação das usinas de reciclagem.

Esse comparativo sintetiza as informações sobre os principais fatores influenciadores em aspectos financeiros de implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD. Além disso, essa análise buscou resposta para a questão de pesquisa de qual cenário é mais interessante e apresentou melhor resultado financeiro.

3.3 ETAPA 3: DETERMINAÇÃO DO *PAYBACK*

O *payback* corresponde ao período de tempo necessário para que as entradas de caixa se igualem ao valor do investimento inicial, ou seja, o prazo de recuperação de um investimento, sendo que pode ser: *payback* simples ou *payback* descontado. (LIMA *et al.*, 2013). O resultado do *payback* apresenta os períodos necessários para a recuperação do investimento. Assim, quanto menor o *payback*, menor o risco do investimento. Por outro lado, quanto maior o *payback*, maior o risco do projeto em estudo (BRUNI; FAMA; SIQUEIRA, 1998).

Nesse estudo, o cálculo do *payback* auxiliou a determinar principais fatores que influenciam em aspectos financeiros de implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte. Desse modo, utilizou-se o cálculo do *payback* simples, ou seja, sem a atualização dos fluxos futuros de caixa. A Figura 17 mostra uma síntese da etapa 3, apresentado as questões que o desenvolvimento dessa etapa.

Atividade		
Análise de receitas e despesas brutas calculadas na etapa 2		
Questões de pesquisa		
Qual o período de recuperação do investimento da implantação das usinas de reciclagem de RCD?	Quais principais fatores que influenciam esse indicativo financeiro?	Os resultados obtidos para esse indicativo concordam com os obtidos nas simulações dos cenários?
Objetivo		
Determinar o período de recuperação do investimento (<i>payback</i>)		

Figura 17 - Síntese da etapa 3.

Para determinar em quanto tempo as usinas de reciclagem de RCD obterão o retorno do custo de investimento, o cálculo do *payback* utilizou o custo de implantação (CI) que é o custo do investimento inicial, dividido pela média da entrada (lucro) do período de 10 anos. Ressalta-se que neste estudo, a entrada é chamada de “Resultado financeiro”, pois o “Resultado financeiro” refere-se a subtração da “Receita bruta” pela “Despesa bruta”, ou seja, a entrada (lucro). A Tabela 10 foi utilizada para a apresentação dos resultados de *payback* das usinas de reciclagem de RCD, em todos as simulações dos cenários estudados.

Tabela 10 - Método *payback*

Indicativos	Cenário	
	Pequeno porte 50 (t/h)	Médio porte 75 (t/h)
(-) CI		
(=) Resultado financeiro médio		
Payback (anos)		

Além disso, nessa etapa foi comparadas as diferenças (em porcentagem), entre o custo de implantação (CI) e os resultados financeiros médios dos 10 anos de operação das usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e de médio (75 t/h) porte. Com esse comparativo, buscou-se identificar se há ou não vantagens na implantação de usinas de maiores portes, mesmo obtendo um custo de implantação superior.

4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos na realização do trabalho bem como as suas análises e discussões são a seguir apresentados, organizados de acordo com as etapas de pesquisa.

4.1 ETAPA 1: CONTEXTO - VISITAS TÉCNICAS E IDENTIFICAÇÃO DE CUSTOS

4.1.1 Usina de São Leopoldo - Rio Grande do Sul

A usina de reciclagem de RCD localizada na cidade de São Leopoldo, Rio Grande do Sul, faz parte de um consórcio público que atende toda a bacia hidrográfica do Rio dos Sinos e é operada por uma empresa terceirizada.

Ela foi concebida em 2010, com projeto aprovado pela Fundação Banco do Brasil em 2011 e implantação em 2012. O custo de implantação foi de R\$ 1.500.000,00, sendo R\$ 400.000,00 utilizados para aquisição do britador de impacto, R\$ 239.000,00 para aquisição de uma pá carregadeira e o restante para a construção do prédio de administração, guaritas, subestação elétrica trifásica e base do britador fixo. A área total da usina é de 3 hectares (31.099 m²), sendo 1,8 hectares (18.000 m²) de área útil, onde encontram-se os pátios para descarga, pátio de britagem, pátio estoque de AR e prédio da administração. Os dados coletados durante a visita técnica realizada na usina estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11 - Dados coletados nas visitas técnicas à usina de São Leopoldo.

	Itens investigados	Dados obtidos
	Localização	São Leopoldo
	Área	3 ha
Implantação	Custo de implantação	R\$ 1.500.000
	Tipo de incentivo	Público/privado
	População atendida	1,8 mi pessoas
	Ano de Implantação	2012
	Capacidade	120 t/h
Operação	Quantidade de RCD recebido	700 m ³ /mês
	Número de funcionários	3

Fonte: Visita técnica na usina de São Leopoldo.

Em 2015, apenas duas prefeituras estavam dispendo o RCD gerado pela população para a usina de reciclagem e em 2016 nenhuma das 26 prefeituras estavam utilizando os serviços prestados pela usina. Considerando que a população total atendida por essa usina é de mais de 1,8 milhões de pessoas, conclui-se que o RCD gerado está sendo destinado a outros locais. Porém, o recebimento de RCD ocorria em 2015 por meio dos caçambeiros que são contratados pelos geradores, totalizando em média 700m³/mês em 2015 e 500m³/mês em 2016.

A paralisação em 2016, ocorreu por problemas no britador de martelo, que deveria ser adquirido pelo consórcio até o final do ano de 2016. Um equipamento de pequeno porte, móvel, com capacidade de 120 t/h estava realizando o processo de britagem de pequenas

quantidades de RCD, conforme a necessidade do mercado, que é baixa e esporádica. Por isso, até o momento, grande parte dos RCD recebidos está sendo estocados no pátio para posterior reciclagem.

Foram observados três equipamentos: uma pá carregadeira, um caminhão truck e o britador fixo. Ao todo, operam três funcionários: um guarda, um operador de máquina e uma pessoa para conferir a composição do resíduo que chega à usina antes de ser descarregado. O processo ocorre, de tal maneira: chegada de caçambas de RCD na usina, vistoria visual para aceitação ou rejeição do material, descarregamento da caçamba no pátio, espalhamento por meio da pá carregadeira, retirada de material inconveniente de forma manual, carregamento de caminhão, transporte até o britador de martelo e separação dos AR.

A Figura 18 contém duas fotografias dos equipamentos utilizados na usina de reciclagem de RCD de São Leopoldo.



Figura 18 - Fotografia dos equipamentos da usina de reciclagem de São Leopoldo.

Fonte: A autora em visita à usina

Ainda, dentro da usina, possui uma pequena instalação de uma central de cooperativa de recicláveis, onde são separados materiais como papel, plástico, ferro e vidro e destinados à reciclagem adequada para estes.

O principal AR produzido é a bica corrida, material que possui grãos de diferentes dimensões, entre 2,1 mm e 50,0 mm, e o pedrisco, entre 9,5 a 2,5. A prefeitura de São Leopoldo utiliza o AR produzido pela usina para obras de assentamento de tubulações do SEMAE (Serviço municipal de água e esgoto).

4.1.2 Usina de Grajaú – São Paulo

A usina de reciclagem de RCD localizada em Grajaú, São Paulo, foi implantada com incentivo financeiro da FINEP, Financiadora de Estudos e Projetos, e é operada por uma empresa privada. A Tabela 12 descreve alguns dados que foram coletados durante a visita técnica.

Tabela 12 - Dados da usina de reciclagem de Grajaú/SP.

	Itens investigados	Dados obtidos
Implantação	Localização	Grajaú/SP
	Área	36 ha
	Custo de implantação	€4.000.000
	Tipo de incentivo	Privado
	População atendida	18 mi
	Ano de Implantação	2014
	Capacidade	300 t/h
Operação	Quantidade de RCD recebido	3.000 t/dia
	Número de funcionários	15

Fonte: Visita técnica na usina de São Leopoldo.

Esta usina foi implantada e começou suas atividades no primeiro semestre de 2014. O custo de implantação foi de € 4.000.000,00, tendo em vista que os equipamentos foram importados da Espanha.

O processo de reciclagem de RCD inicia com o recebimento e inspeção visual das caçambas que contém os resíduos, realizado por um funcionário. Em seguida, por uma retroescavadeira, o material é colocado em esteiras que contém eletroímãs, separando os metais, como pregos e pedaços de arames. Essa separação também é realizada manualmente por funcionários. Após, o material segue para uma fragmentadora, que inicia a subdivisão do material, passa por nova esteira e eletroímãs para que mais resíduos de metal possam ser retirados. O material passa por uma peneira giratória onde são separados pedaços de plástico, papel e finos, e em seguida pelo britador de impacto. Depois de britado, o material passa novamente por eletroímãs e posteriormente uma esteira o leva para peneiramento, onde é separado o AR em diferentes dimensões.

A Figura 19 apresenta o layout dessa usina de reciclagem.

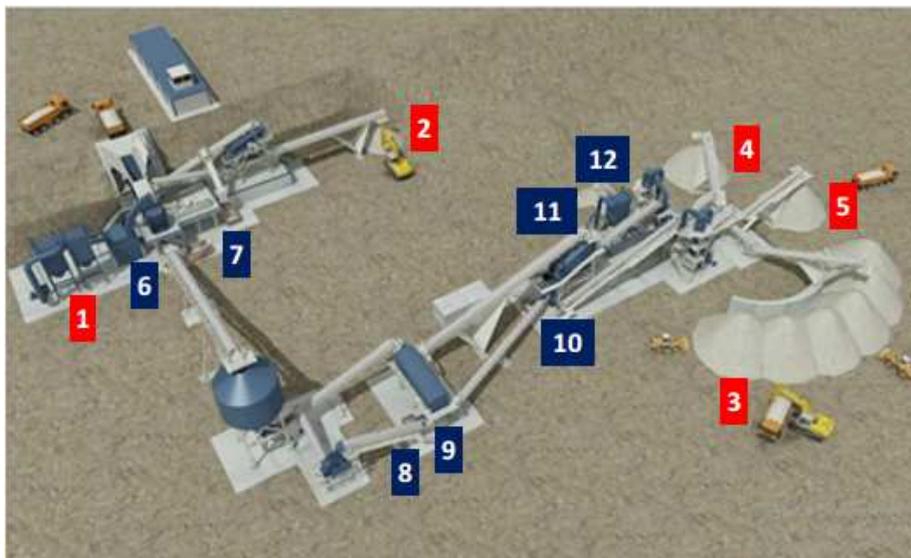


Figura 19 - Processo de reciclagem da usina de Grajaú.

Fonte: Responsável técnico pela usina

Os componentes em vermelho representam os AR sendo que o componente 1 representa os finos que são retirados antes da britagem do RCD, com dimensão inferior a 0,05 mm. O componente 2 representa os agregados naturais que são encontrados misturados ao RCD e que não passam pelo britados, pois possuem dimensões entre 0 e 10 mm. Os componentes 3, 4 e 5 são os AR que foram produzidos no processo, sendo que o componente 3 possui mesma dimensão dos agregados naturais, o componente 4 possui dimensão entre 10 e 20 mm e o componente 5 possui dimensão entre 20 e 40 mm. Os itens em azul representam as etapas onde se retiram os materiais que não fazem parte da Classe A e, portanto são retirados do RCD durante o processo de reciclagem. Esses materiais conforme mencionado anteriormente são plásticos, papel, pregos, arames e finos.

A Figura 20 é uma fotografia da estrutura de equipamentos utilizados na usina de reciclagem.



Figura 20 - Fotografia dos equipamentos da usina de reciclagem de Grajaú.

Fonte: A autora em visita à usina

A Figura 21 mostra as esteiras que encaminham cada granulometria de AR para um “monte”, fazendo a separação dos materiais peneirados.



Figura 21 - Fotografia das esteiras e dos montes de AR na usina de reciclagem de Grajaú.

Fonte: A autora em visita à usina

Em entrevista realizada na visita à usina, o responsável técnico mencionou o problema que o processo enfrenta em relação à presença de metais RCD. Mesmo ao longo de todo o processo possuir três etapas com eletroímãs para retirada desse material, uma fração ainda permanece no RCD e acaba misturado ao AR. Ainda, de acordo com o responsável técnico, esse problema poderia ser cessado se houvesse a preocupação dos geradores de RCD em separar os diferentes resíduos que constituem o RCD.

No tocante à gestão de RCD, a área de abrangência possui 89 ecopontos, pontos de entrega voluntária. Cada um deles compreende uma área de 20,9 km² e recebe até 800 kg de RCD por pessoa, gratuitamente. Caçambas da prefeitura levam os RCD recolhidos por cada ecoponto até a usina de reciclagem.

Mesmo assim, em entrevista com responsáveis pela usina, obteve-se a informação de que apenas 40% do RCD gerado nessa região tem como destino a usina de reciclagem. Do restante, estimam que cerca de 30% acabam sendo dispostos em aterros sanitários e 30% são descartados em “bota-foras”. Com isso, a usina opera atualmente com 18% da sua capacidade. No total, são recebidos cerca de 3.000 t/dia de RCD na usina, principalmente por meio dos caçambeiros contratados pelos responsáveis de obras civis.

Os gestores da usina admitem que as principais causas das fugas de RCD devem-se ao fato dos geradores considerarem os caçambeiros (transportadores) como destinadores finais, não buscando informações sobre o local onde estes dispõem o RCD. Outro motivo é a existência de caçambeiros irregulares, que descartam em áreas de “bota-foras” para não pagar a tarifa de disposição na usina.

Em relação ao mercado de AR, há maior consumo por parte do comércio da região. Uma parceria com empresa Coreana, que instalará uma indústria de artefatos de concreto na mesma área da usina de reciclagem, irá utilizar os AR produzidos na usina de reciclagem em novos produtos.

Foi relatado que a grande parte das caçambas que chegam até a usina para descarte de RCD possui outros materiais misturados (rejeitos), que não podem ser reciclados pela usina, por isso somente são aceitas as caçambas com até 10% de rejeitos.

Foi constatado que a usina não consegue realizar seu trabalho de maneira completa sem o apoio dos municípios. Isso porque, sem a fiscalização por parte das prefeituras aos geradores e aos caçambeiros, uma parte de RCD é desviada da usina de reciclagem e é destinado inadequadamente. Há falhas de responsabilidade do gerador sobre o seu RCD, pois o responsável pela usina dispôs a informação de que os geradores não têm comprovação de que seu RCD foi destinado adequadamente na usina de reciclagem, tão pouco por parte do caçambeiro como por parte da usina de reciclagem de RCD. Assim, acredita-se que enquanto o RCD não for fiscalizado desde sua geração até que se transforme em AR, a quantidade de RCD reciclado deve continuar sendo menor do que a quantidade de RCD gerado, conforme são relatados todos os anos pela ABRECON (2015).

Com a realização das visitas técnicas nas usinas de reciclagem de RCD, foi possível identificar processos distintos. A usina de São Leopoldo possui um processo bastante simplificado se comparado ao processo de reciclagem realizado na usina de Grajaú. Porém, em ambos os casos, foi possível identificar que há falhas na operação das usinas de RCD, já que não recebem RCD suficiente para atingir produção igual à capacidade. Além disso, as usinas apresentaram dificuldades na venda de AR.

4.1.3 Pesquisa de mercado no Rio Grande do Sul - Identificação de custos e benefícios financeiros

Com o contato aos fornecedores de equipamentos para usinas de reciclagem de RCD no Estado do Rio Grande do Sul foram obtidas informações sobre os equipamentos comumente utilizados, apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Descrição de equipamentos.

Equipamento	Descrição
Pá carregadeira	As pás carregadeiras são máquinas utilizadas no carregamento de outros equipamentos. Atualmente existe um vasto mercado para essas máquinas, o que origina a existência de vários tamanhos, marcas e modelos. No caso do processo de reciclagem de RCD, as pás carregadeiras são utilizadas para o transporte do RCD até as correias vibratórias ou até o alimentador vibratório, dependendo do porte da usina. Para essa atividade pode ser utilizada pá carregadeira sobre rodas, pois as mesmas irão trabalhar em terrenos firmes.
Alimentador vibratório	Os alimentadores vibratórios fazem a alimentação do britador, de maneira mecanizada. O equipamento tem formato de funil, onde é colocado o RCD (pela correia transportadora ou pela pá carregadeira) e com a sua plataforma vibratória inclinada dá o impulso encaminhando o material ao britador.
Britador	Existe um vasto mercado para esse equipamento, o qual ocasiona diferentes marcas, modelos, capacidades de produção e tecnologias de britagem. No Estado do Rio Grande do Sul, foram encontradas fornecedores de britadores de mandíbulas, por isso, optou-se pela utilização deste modelo, combinado ao rebritador, no caso da usina de maior porte.
Peneira vibratória	Os britadores de mandíbulas são equipamentos robustos que a maioria dos britadores de tamanho equivalente, e pode britar as rochas mais duras mantendo a desempenho com mínima manutenção durante longos períodos de tempo.
Correias transportadoras	A peneira vibratória, nesse caso, possui três decks de peneiramento com telas de fios metálicos em aço. O equipamento é vibrado e assim consegue realizar a separação de três granulometrias de agregados reciclados. No processo da reciclagem de RCD, esse equipamento é interligado pela correia transportadora ao britador que trabalha na mesma capacidade de produção.
Eletroímã	As correias vibratórias possibilitam o deslocamento do RCD. Esse equipamento leva o RCD dos britadores para as peneiras. E após o peneiramento, auxilia na separação dos montes de AR de cada granulometria. As correias vibratórias auxiliam na separação de materiais, antes da etapa de britagem, pois facilitam a visualização dos rejeitos.
	Ao final das correias transportadoras, é fixado o eletroímã que é utilizado para a retirada de quaisquer metais que possam estar misturados ao RCD, por meio do magnetismo permanente.

Fonte: Contato pessoal da autora com os representantes comerciais da Mapre equipamentos rodoviários e JCB Brasil.

Os equipamentos utilizados nos processos de reciclagem disponíveis no mercado da área de pesquisa (Estado do Rio Grande do Sul) são simplificados e não utilizam grandes tecnologias, principalmente na triagem dos resíduos. Essa informação também foi constatada por Miranda (2015), que listou os principais equipamentos pertencentes ao processo de reciclagem no Brasil, iguais aos encontrados nessa pesquisa.

Houve dificuldades em buscar mais informações financeiras em usinas de reciclagem de RCD. Apesar da tentativa de marcar visitas técnicas em diversas usinas de reciclagem de RCD no Estado do Rio Grande do Sul, muitos responsáveis não aceitaram dispor para a pesquisa informações sobre os investimentos e custos envolvidos na empresa. Para lidar com essa dificuldade, algumas informações tiveram que ser estimadas com base no mercado de cada item.

Com intuito de identificar principais custos e benefícios financeiros envolvidos nas usinas de reciclagem de RCD, obtiveram-se os resultados descritos na Tabela 14. Ressalta-se que os custos de operação e de manutenção foram calculados para 10 anos de operação das usinas (horizonte da pesquisa).

Tabela 14 - Custos das usinas de reciclagem de RCD.

Custos	Pequeno porte (50 t/h)	(%)	Médio porte (75 t/h)	(%)
Implantação (CI)	R\$ 2.707.759,65	30	R\$ 3.423.338,17	31
Operação (CO)	R\$ 6.037.118,80	68	R\$ 7.317.766,70	67
Manutenção (CM)	R\$ 178.920,30	2	R\$ 208.325,90	2
Total	R\$ 8.923.798,75	100	R\$ 10.949.430,77	100

Fonte: Pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

Os dados apresentados na Tabela 14 mostram as diferenças encontradas entre os custos das usinas de pequeno e de médio porte. O CO supera os custos das usinas de reciclagem de RCD em ambos os casos, representando 68% dos custos de usinas de pequeno porte e 67% dos custos da usina de médio porte. Em seguida, o CI das usinas de reciclagem, apresentam porcentagens semelhantes para ambos os portes de usina 30 % e 31%, pequeno e médio porte, respectivamente. O CM apresentou percentual abaixo dos outros custos, sendo 2% para as usinas de pequeno e médio porte. Pode-se perceber não há grandes variações nas porcentagens de cada custo entre um porte de usina e outro, sendo eles semelhantes para ambas as usinas.

Os cálculos de cada um dos custos que compõem o CI, CO e CM, foram realizados separadamente e foram descritos nos próximos itens.

4.1.3.1 Custos de implantação (CI)

O custo de implantação é constituído pelos custos de aquisição de equipamentos (Ce), de instalação de equipamentos (Cie), de aquisição de terreno (Ct), de obras civis (Coc) e de projetos de engenharia (Cpe). Cada um deles foi calculado de modo individual e calculado o custo de implantação das duas usinas de reciclagem de RCD (pequeno e médio porte).

Para melhor apresentação, os custos que compõem o CI de cada uma das usinas de reciclagem de RCD, pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte foram descritos na Tabela 15.

Tabela 15 - Custo de implantação de usinas de reciclagem de RCD.

Custos	Pequeno porte (50 t/h)	(%)	Médio porte (75 t/h)	(%)
Aquisição de equipamentos (Ce)	R\$ 800.666,67	30	R\$ 972.333,33	28
Instalação de equipamentos (Cie)	R\$ 59.900,00	2	R\$ 75.000,00	2
Terreno (Ct)	R\$ 1.300.000,00	48	R\$ 1.700.000,00	49,5
Obras civis (Coc)	R\$ 532.785,73	20	R\$ 660.977,40	19
Projetos de engenharia (Cpe)	R\$ 14.407,25	1	R\$ 15.027,44	0,5
Custo de implantação (CI)	R\$ 2.707.759,65	100	R\$ 3.423.338,17	100

Fonte: pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

Analisando os custos que compõem o CI das usinas de reciclagem de RCD, pode ser observado que o custo mais representativo é o Ct, que compõe cerca de 50% do custo de implantação das usinas. Essa informação também foi analisada por Paschoalin *et al.* (2016), que constatou o maior investimento na implantação de usinas de reciclagem de RCD sendo na aquisição de terreno. Destaca-se que o aluguel de terreno é uma opção que pode reduzir o custo de implantação das usinas, porém acresce esse item no custo de operação. Na visita técnica realizada em usina de reciclagem de RCD no Rio Grande do Sul, a aquisição de terreno não foi necessária pois a prefeitura proporcionou área pública para a instalação. Assim, o custo de implantação da usina de reciclagem de RCD de São Leopoldo (R\$ 1.500.000,00), incentivando a implantação da usina.

Em seguida como custos que compõem o CI por ordem decrescente são o Ce (30% e 28%, pequeno e médio porte, respectivamente) o Coc (20% e 19%, pequeno e médio porte, respectivamente), o Cie (cerca de 2%) e o Cpe (1% e 0,5%, pequeno e médio porte, respectivamente).

O valor de custo de implantação (CI) foi estabelecido de acordo com cada porte das usinas, sendo que CI de usina de pequeno porte igual a R\$ 2.707.759,65 e CI de usina de grande porte igual a R\$ 3.423.338,17

Os cálculos de cada um dos custos que compõem o custo de implantação (CI) foram realizados separadamente e foram descritos nos próximos itens.

- Custo de aquisição de equipamentos (Ce)

Os valores de pás carregadeiras foram buscados em três fornecedores e apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 - Valores de pá carregadeiras.

Capacidade	Porte	Preço pás carregadeiras	Média dos preços das pás carregadeiras
1 m ³		R\$ 160.000,00	
1,8m ³	Pequeno	R\$ 160.000,00	R\$ 201.666,67
1,7 m ³		R\$ 285.000,00	
2,1 m ³		R\$ 168.000,00	
2,1 m ³	Médio	R\$ 299.000,00	R\$ 222.333,33
2,1 m ³		R\$ 200.000,00	

Fonte: Pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

Com o andamento da pesquisa, foi identificado que geralmente, uma usina de reciclagem de RCD possui equipamentos de um único fabricante. Assim, não foi possível estabelecer custo de cada equipamento que constitui as usinas, mas sim o valor total dos equipamentos da estruturação da mesma, Tabela 17.

Tabela 17 - Equipamentos estruturação usinas de reciclagem de RCD.

Equipamento	Porte das usinas	
	Pequeno (50 t/h)	Médio (75 t/h)
Correia transportadora	x	x
Eletroimã		x
Alimentador vibratório	x	x
Britador mandíbula	x	x
Rebritador mandíbula		x
Peneira vibratória	x	x
Total	R\$ 599.000,00	R\$ 750.000,00

Fonte: Pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

O custo de aquisição de equipamentos necessários para a implantação das usinas de reciclagem de RCD, pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte, estão descritos na Tabela 18.

Tabela 18 - Custo de aquisição de equipamentos.

Equipamento	Porte	
	Pequeno (50 t/h)	Médio (75 t/h)
Equipamentos usina	R\$ 599.000,00	R\$750.000,00
Pá carregadeira	R\$ 201.666,67	R\$ 222.333,33
Total	R\$800.666,67	R\$ 972.333,33

Pode-se analisar que a usina de reciclagem de RCD de pequeno porte (50 t/h) possui um custo de aquisição de equipamentos de R\$ 800.666,67, enquanto a usina de reciclagem de RCD de médio porte (75 t/h) de R\$ 972.333,33. Ou seja, a diferença entre os custos de aquisição de equipamentos entre as usinas estudadas pode ser considerada relativamente baixa.

- Custo de instalação dos equipamentos (Cie)

Os custos de instalação dos equipamentos nas usinas de reciclagem de RCD de todos os portes são fixados pelas empresas fabricantes, sendo 10% do valor total da usina. No caso da usina de reciclagem de RCD de pequeno porte (50 t/h) esse custo é de R\$ 59.900,00 e da usina de reciclagem de RCD de médio porte (75 t/h) é de R\$ 75.000,00.

- Custo de aquisição de terreno (Ct)

As áreas para implantação das usinas de reciclagem de RCD é de 12.000 m² para a de pequeno (50 t/h) porte e de 16.000 m² para a de médio (75 t/h) porte, conforme Jadovski (2005), Tabela 19.

Tabela 19 - Área requerida em relação a capacidade de produção.

Capacidade (t/h)	Área requerida (m ²)
50	12.000
75	16.000

Fonte: Adaptado de Jadovski (2005).

Os cálculos realizados por uma empresa de engenharia de avaliação de imóveis da cidade de Novo Hamburgo, cujos dados foram utilizados para estimar o custo de aquisição de terreno para as usinas de reciclagem de RCD nesses estudo, bem como um mapa da localização dos terrenos e as características dos terrenos estão inseridos no anexo A.

A área situada no bairro no bairro Boa Saúde, cuja topografia caracteriza-se como plana, foi avaliada em R\$ 120,45 por m² de área, e no bairro Roselândia/Diehl, cuja topografia caracteriza-se como declive/active, foi avaliada em R\$ 91,97 por m², ambos na cidade de Novo Hamburgo.

Como as usinas podem ser implantadas em ambos tipos de terrenos, optou-se pela média dos preços obtidos por m² para o cálculo do custo de aquisição dos terrenos para a implantação das usinas de reciclagem de RCD estudadas, Tabela 20.

Tabela 20 - Avaliação preços de terrenos na cidade de Novo Hamburgo

Área do terreno avaliado (m ²)	Preço por m ² avaliado (R\$)	Média preço por m ² avaliado (m ²)
15.000	R\$ 120,45	R\$ 106,21
15.000	R\$ 91,97	

Fonte: Avalisinos Engenharia, (março de 2017).

O custo de aquisição dos terrenos para a implantação das usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte são apresentados na Tabela 21 (os valores foram arredondados).

Tabela 21 - Custo de aquisição de terreno.

Porte	Área requerida (m ²)	Custo (R\$)
Pequeno (50 t/h)	12.000	R\$ 1.300.000,00
Médio (75 t/h)	16.000	R\$ 1.700.000,00

- Custos de obras civis (Coc)

Foram arbitradas as mesmas áreas de vivência (instalações sanitárias, vestiários, refeitório, cozinha e prédio para administração) em ambas as usinas de reciclagem de RCD em estudo, em razão de que as duas necessitam da mesma quantidade de funcionários (Tabela 22). Para o cálculo do custo para a edificação das áreas de vivência, foi atribuído o CUB igual a R\$ 1.672,39, conforme SINDUSCON-RS (novembro, 2016).

Tabela 22 - Áreas do ambiente de trabalho.

	Quantidade	Área (m ²)	Área total (m ²)	Custo
Instalações sanitárias	2	7,5	15	R\$ 25.085,85
Vestiário	2	12,5	25	R\$ 41.809,75
Refeitório	1	20	20	R\$ 33.447,80
Cozinha	1	15	15	R\$ 25.085,85
Prédio administração	1	85	85	R\$ 142.153,15
Custo obra civil da área para ambiente de trabalho			160	R\$ 267.582,40

Fonte: Visita técnica usina de reciclagem de RCD São Leopoldo e pesquisa de mercado.

Para a área triagem, estimou-se que 10% do total de RCD recebido pelas usinas fossem materiais recicláveis não pertencentes a Classe A (que não podem ser reciclados nas usinas em estudo), ou seja, 5 t/h na usina de pequeno porte e 7,5 t/h na usina de médio porte. Para o cálculo da área necessária foram adotadas 8 horas de trabalho por dia, um período de

estocagem de uma semana e os principais materiais o papel, plástico, vidro e metal (considerado mesmo volume para todos os materiais), cuja densidade média do material solto é de 300 kg/m³, conforme Farias (2002, apud Melo, Sautte e Janissek, 2009). Para o cálculo do custo para obra civil da área de central de triagem, foi atribuído o CUB igual a R\$ 721,15 conforme SINDUSCON-RS (novembro, 2016), Tabela 23.

Tabela 23 - Custo da obra civil da área de central de triagem

Porte	t/dia	t/semana	kg/semana	m ³ /semana	m ² (h=2m)	Custo
Pequeno	40	200	200.000	667	333,4	R\$ 240.383,33
Médio	60	300	300.000	1.000	500	R\$ 360.575,00

Para o cálculo do valor da cerca viva, considerou-se que a usina de pequeno porte possui 12.000 m², e estimou-se que o terreno tem forma retangular e lados de 20m x 600m, logo o seu perímetro é de 1240 m. A usina de médio porte possui 16.000 m², e também se estimou o terreno retangular de lados 20 m x 800 m, logo seu perímetro é de 1640 m. O valor da cerca viva de acordo com a pesquisa realizada é de R\$ 20,00 a muda. A Tabela 24 mostra o custo de cerca viva para plantação em volta do perímetro das usinas de pequeno porte (50 t/h) e médio porte (75 t/h).

Tabela 24 - Valor cerca viva.

Porte	Perímetro (m)	Nº de mudas	Custo
Pequeno	1240	1241	R\$ 24.820,00
Médio	1640	1641	R\$ 32.820,00

Fonte: Pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

O custo total das obras civis, mostradas na Tabela 25, e é de R\$ 532.785,73 para usinas de pequeno porte (50 t/h) e R\$ 660.977,40 para usinas de médio porte(75 t/h).

Tabela 25 - Custo de obras civis.

Porte	Custos			Total
	Áreas vivência	Áreas de triagem	Cerca viva	
Pequeno	R\$ 267.582,40	R\$ 240.383,33	R\$ 24.820,00	R\$ 532.785,73
Médio	R\$ 267.582,40	R\$ 360.575,00	R\$ 32.820,00	R\$ 660.977,40

- Custo de projeto de engenharia (Cpe)

Como ambas as usinas de reciclagem de RCD possuem a mesma área de vivência (160 m²), cujo CUB foi estabelecido em R\$ 1672,39, conforme SINDUSCON-RS (novembro,

2016), os mesmos valores de honorários dos projetos dessas áreas foram calculados para as usinas, Tabela 26. As porcentagens que aparecem na Tabela 26 são referentes as características predominantes de Centros Administrativos e foram buscadas no Sindicato dos Engenheiros, do Estado do Rio Grande do Sul (SENGE-RS).

Tabela 26 - Honorários projetos de engenharia para áreas de vivência de ambas usinas

Áreas de vivência		Honorários
Arquitetônico	2%	R\$ 4.120,77
Elétrico	0,30%	R\$ 666,28
Hidrossanitário	0,25%	R\$ 521,79
Execução	3%	R\$ 5.351,65
Total		R\$ 10.660,48

Fonte: SENGE-RS (março de 2017).

Os custos de honorários dos projetos para a área da central de triagem da usina de pequeno porte, cujo CUB foi estabelecido em R\$ 721,15 segundo SINDUSCON-RS (novembro, 2016), e área de 333,4 m³, foram calculados conforme Tabela 27. As porcentagens que aparecem para cada projeto, são referentes às características predominantes de Indústria de Pequeno Porte e foram buscadas no Sindicato dos Engenheiros, do Estado do Rio Grande do Sul (SENGE-RS).

Tabela 27 - Honorários projetos de engenharia para áreas de triagem da usina de pequeno porte

Áreas de central de triagem pequeno porte		Honorários
Arquitetônico	1,0%	R\$ 1.850,95
Elétrico	0,10%	R\$ 199,52
Hidrossanitário	0,05%	R\$ 93,75
Execução	1,0%	R\$ 1.602,56
Total		R\$ 3.746,77

Fonte: SENGE-RS (março de 2017).

Para a central de triagem da usina de médio porte, cujo CUB foi estabelecido em R\$ 721,15 conforme SINDUSCON-RS (novembro, 2016), e área de 500 m² os valores de honorários dos projetos foram calculados conforme Tabela 27. As porcentagens que aparecem de cada projeto, também são referentes às características predominantes de Indústria de Pequeno Porte e foram buscadas no Sindicato dos Engenheiros, do Estado do Rio Grande do Sul (SENGE-RS).

Tabela 28 - Honorários projetos de engenharia para áreas de triagem da usina de médio porte

Áreas de central de triagem pequeno porte		Honorários
Arquitetônico	1,0%	R\$ 2.403,83
Elétrico	0,10%	R\$ 240,38
Hidrossanitário	0,05%	R\$ 120,19
Execução	1,0%	R\$ 1.602,56
Total		R\$ 4.366,96

Fonte: SENGE-RS (março de 2017).

Os custos de projeto de engenharia (Cpe) resultaram em R\$ 14.407,25 para usina de pequeno porte (50 t/h) e R\$ 15.027,44 para usina de médio porte (75 t/h).

4.1.3.2 Custo de operação (CO)

O custo de operação é constituído pelo custo de mão-de-obra (Cmo), custo de operação de equipamentos (Coe), custo com despesas administrativas (Cda), custo de impostos (Cimp) e custo com disposição de rejeitos (Crej).

A Tabela 29 apresenta cada um dos custos que compõem o custo de operação das usinas de reciclagem de RCD, que foram calculados para um ano de operação das usinas.

Tabela 29 - Custo de operação.

Custos (R\$/ano)	Pequeno porte		Médio porte	
	(50 t/h)	(%)	(75 t/h)	(%)
Mão-de-obra (Cmo)	R\$ 328.887,27	54	R\$ 328.887,27	45
Operação equipamentos (Coe)	R\$ 108.241,85	18	R\$ 157.911,84	22
Despesas administrativas (Cda)	R\$ 13.873,16	2	R\$ 15.913,16	2
Impostos (Cimp)	*sobre receita	-	*sobre receita	-
Disposição de rejeitos (Crej)	R\$ 152.709,60	25	R\$ 229.064,40	31
Operação (CO)	R\$ 603.711,88	100	R\$ 731.776,67	100

Fonte: Pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

- Custo de mão-de-obra (Cmo)

Considerou-se que em ambas as usinas (pequeno e médio porte) há a necessidade da mesma quantidade de funcionários em todo o processo de reciclagem de RCD. Ao todo, seis funcionários: um para a inspeção, aceitação e quantificação do RCD e das caçambas, um para acompanhamento e relato dos rejeitos separados pelas cooperativas, um para a operação da pá carregadeira e um operador para o britador. Além do mais, é necessário um responsável técnico, que assume a responsabilidade frente a todo o processo: relatórios sobre os recebimentos de RCD, relatórios sobre os rejeitos do processo e acompanhamento do controle de qualidade do AR. Também é necessário um funcionário responsável pela parte financeira da usina, referente ao recebimento de RCD e da venda de AR.

A Tabela 30 mostra os valores de salários de cada uma das funções estabelecidas para a operação das usinas de reciclagem de RCD e a fonte de cada um, sendo que ambas possuem a mesma quantidade de mão-de-obra e por isso o mesmo custo.

Tabela 30 - Salários para cada função.

Função	R\$/mês	Fonte
Atendente portaria	R\$ 1.084,00	SINE, 2016*
Operador resíduo	R\$ 1.553,11	SINE, 2016*
Operador máquina	R\$ 1.380,21	SINE, 2016*
Operador de britadeira	R\$ 1.380,21	SINE, 2016*
Responsável técnico	R\$ 7.744,00	SINDUSCON-RS, 2016
Vendedor	R\$ 1.532,29	SINE, 2016*

A Tabela 31, apresenta valores calculados para o custo dos salários dos funcionários das usinas de reciclagem de RCD por ano.

Tabela 31 - Custo total de salários por ano.

Função	R\$/mês	R\$/mês + encargos	R\$/ano + 13° salário
Atendente portaria	R\$ 1.084,00	R\$ 1.858,08	R\$ 24.155,04
Operador resíduos	R\$ 1.553,11	R\$ 2.662,18	R\$ 34.608,34
Operador máquina	R\$ 1.380,21	R\$ 2.365,82	R\$ 30.755,66
Operador de britadeira	R\$ 1.380,21	R\$ 2.365,82	R\$ 30.755,66
Responsável técnico	R\$ 7.744,00	R\$ 13.273,99	R\$ 172.561,87
Vendedor	R\$ 1.532,29	R\$ 2.626,50	R\$ 34.144,50
Total custos salários/ano			R\$ 326.981,07

O custo mensal de mão-de-obra das usinas de reciclagem de RCD é de R\$ 326.981,07, considerando os encargos sociais para funcionários da construção civil de 71,41% e o décimo terceiro salário.

Os custos de equipamentos de proteção individual estão descritos na Tabela 32.

Tabela 32 - Custos equipamentos de proteção individual.

Ítem	Período troca (meses)	Valor unitário (R\$)	R\$/ano
Calça	R\$ 6,00	R\$ 21,00	R\$ 42,00
Jaleco	R\$ 6,00	R\$ 20,45	R\$ 40,90
Camiseta	R\$ 3,00	R\$ 15,80	R\$ 63,20
Botina	R\$ 6,00	R\$ 38,90	R\$ 77,80
Luvas	R\$ 3,00	R\$ 6,00	R\$ 24,00
Capacete	R\$ 12,00	R\$ 8,00	R\$ 8,00
Óculos	R\$ 6,00	R\$ 3,30	R\$ 19,80
Protetor auricular	R\$ 1,00	R\$ 3,50	R\$ 42,00
Total custo EPI para 6 funcionários			R\$ 1.906,20

Fonte: Pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

O custo com os equipamentos de proteção individual para todos os funcionários ao longo de um ano de operação é de R\$ 1.906,20. Nesse cálculo foram contabilizados todos os funcionários, pois mesmo os que trabalham na parte administrativa, eventualmente, necessitam ir até o pátio da usina onde ocorre a reciclagem de RCD.

Assim, pode-se analisar que o custo de mão-de-obra anual das usinas de reciclagem de RCD, constituído pelos salários dos funcionários e os equipamentos de proteção individual é de R\$ 328.887,27.

- Custo de operação de equipamentos (Coe)

De acordo com os fabricantes, a pá carregadeira para usinas de pequeno porte, cuja potência é em torno de 146 HP, consome 10,95 litros de diesel por hora e a pá carregadeira para usina de médio porte, cuja potencia é em torno de 198 HP, consome 14,85 litros de diesel por hora. Para esse item, foram consideradas 160 horas mensais de trabalho, e o diesel a R\$ 2,82 (valor médio encontrado nos postos de combustíveis de Novo Hamburgo).

A Tabela 33 apresenta os valores encontrados do custo de combustível consumido pela pá carregadeira.

Tabela 33 - Custo combustível pá carregadeira.

Porte	Potência (HP)	Litros/hora	Custos		
			hora	mês	ano
Pequeno	146	10,95	R\$ 30,88	R\$ 4.940,64	R\$ 59.287,68
Médio	198	14,85	R\$ 41,88	R\$ 6.700,32	R\$ 80.403,84

Fonte: Pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

Os fabricantes dos equipamentos que realizam o trabalho de reciclagem de RCD disponibilizaram as informações de potências totais, de todos os motores. A tarifa de energia elétrica, de acordo com a concessionária que atende a região de Novo Hamburgo (dezembro de 2016), é de R\$ 0,49382 por kWh (considerando bandeira amarela e área industrial), além disso, há um acréscimo de 17% de ICMS. Com esses dados, foi calculado o consumo de energia pelos equipamentos da usina de reciclagem de RCD, bem como o custo mensal e anual com tarifas de energia elétrica, Tabela 34.

Tabela 34 - Custo energia elétrica usinas de reciclagem de RCD.

Porte	CV	kW	R\$/h	R\$/mês	R\$/ano
Pequeno	60	44,13	R\$ 25,50	R\$ 4.079,51	R\$ 48.954,17
Médio	95	69,87	R\$ 40,37	R\$ 6.459,00	R\$ 77.508,00

Fonte: Pesquisa de mercado em Novo Hamburgo.

A Tabela 35 apresenta o Coe das usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte.

Tabela 35 - Custo de operação equipamentos.

Porte	Pá carregadeira	Outros equipamentos	Total
	R\$/ano	R\$/ano	R\$/ano
Pequeno	R\$ 59.287,68	R\$ 48.954,17	R\$ 108.241,85
Médio	R\$ 80.403,84	R\$ 77.508,00	R\$ 157.911,84

- Custos de despesas administrativas (Cda)

Como todo empreendimento, na parte administrativa das usinas de reciclagem de RDC também depende de custos que estão envolvidos custos com telefonia e internet. Estes custos foram estimados por meio de pesquisa de mercado também em empresas de telefonia da cidade de Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul.

São inúmeros os planos de internet para empresas que atuam na cidade de Novo Hamburgo, e variam de preço, conforme velocidade. Os custos encontrados para esse serviço variam entre R\$ 60,00 até R\$ 320,00 ao mês. Optou-se por arbitrar para usina de reciclagem de pequeno porte, no caso de R\$ 150,00 ao mês para um plano intermediário de velocidade e para uma usina de reciclagem de RCD de médio porte, R\$ 320,00 ao mês para um plano de maior velocidade.

O custo com telefonia fixa foi estabelecido por meio de dados de uma empresa prestadora deste serviço na região. Desse modo, para ser possível atingir esse cálculo, estimou-se que as usinas de reciclagem de RCD, utilizam em torno de 1000 minutos por mês (valor pode variar), o que custa uma mensalidade de R\$127,80. A Tabela 36 mostra os custos com internet e telefone para as usinas de reciclagem de RCD.

A média de consumo de água por pessoa é de 144,4 litros/dia. Calculou-se, considerando seis funcionários, um consumo de 866,4 litros de água por dia.

Na Equação , o serviço básico para tarifa industrial é de R\$ 76,22, o, preço de serviço básico da categoria é de R\$ 5,85, o consumo é de 866,4 m³ por dia e o valor n (retirado da tabela COMUSA), é de 1,083.

$$\text{Valor a pagar} = \text{Serviço Básico} + \text{PB} \times c^n$$

$$\text{Valor a pagar} = 76,22 + 5,85 \times 866,4^{1,083}$$

$$\text{Valor a pagar} = 8962,23,43$$

Equação 3

O custo de consumo de água decorrente da operação das usinas de reciclagem de RCD é de R\$ 8.962,43 por mês, ou seja, R\$ 107.549,16 por ano.

A Tabela 36 apresenta os custos com as despesas administrativas das usinas de reciclagem de RCD de pequeno e médio porte.

Tabela 36 - Custo de despesas administrativas.

Porte	Internet (R\$/ano)	Telefone (R\$/ano)	Água (R\$/ano)	Total
Pequeno	R\$ 1.800,00	R\$ 1.524,00	R\$ 10.549,16	R\$ 13.873,16
Médio	R\$ 3.840,00	R\$ 1.524,00	R\$ 10.549,16	R\$ 15.913,16

- Custos de impostos

O custo dos impostos foi calculado por meio das receitas obtidas das vendas de AR, ou seja, esses custos somente irão aparecer na simulação dos cenários. Não é possível estabelecer nessa etapa do trabalho, um custo de impostos pois ainda não tem-se os valores das receitas obtidas por meio da venda de AR. Porém, esses custos serão calculados no próximo subcapítulo, nas simulações dos diferentes cenários propostos.

- Custo para disposição de rejeitos (Crej)

Por meio das visitas técnicas realizadas, constatou-se que misturado os RCD, encontram-se constantemente resíduos de classificação diferente a qual as usinas podem reciclar. Assim, é comum que materiais não recicláveis (nem pela usina de RCD nem pela cooperativa) cheguem misturados ao RCD nas caçambas (principalmente matéria orgânica) e como prediz a NBR 15.114 (ABNT, 2004), esses materiais devem ser destinados adequadamente.

Conforme já foi estimado para estabelecer a área da central de triagem, a quantidade de rejeitos é de 5 t/h na usina de pequeno porte e 7,5 t/h na usina de médio porte. Porém, foi considerado ainda, de acordo com as visitas técnicas realizadas, que 10% (no máximo) dessa quantidade sejam de resíduos que devem ser descartados em aterros sanitários. Logo, 0,5 t/h para a usina de pequeno porte e 0,75 t/h para usina de médio porte, 160 horas por mês. A tarifa para recebimento de resíduo sólido urbano no aterro sanitário de São Leopoldo é de R\$ 95,50 por tonelada. A Tabela 37 apresenta os dados de custos para disposição de rejeitos das usinas de reciclagem de RCD de pequeno e médio porte.

Tabela 37 - Custo para disposição de rejeitos no aterro.

Porte	t/h	t/mês	t/ano	R\$/ano
Pequeno	0,5	80	960	R\$ 91.680,00
Médio	0,75	120	1440	R\$ 137.520,00

Fonte: Pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

A taxa por entrega de caçamba de 4 m³ com resíduos não recicláveis, em aterro especificado, considerando 20 km de percurso é de R\$ 254,29. Os custos de transporte de rejeitos estão mostrados na Tabela 38.

Tabela 38 - Custo de transporte de rejeitos.

Porte	Rejeitos (t/ano)	Nº de viagens	R\$/ano
Pequeno	960	240	R\$ 61.029,60
Médio	1440	360	R\$ 91.544,40

Fonte: Pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

A Tabela 39 apresenta o custo para disposição de rejeitos (Crej) das usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte.

Tabela 39 - Custo disposição de rejeitos.

Porte	Disposição de rejeitos em aterro	Custos	
		Transporte de rejeitos	Total/ano
Pequeno	R\$ 91.680,00	R\$ 61.029,60	R\$ 152.709,60
Médio	R\$ 137.520,00	R\$ 91.544,40	R\$ 229.064,40

4.1.3.3 Custo de manutenção (CM)

Foram estimados os custos de manutenções de equipamentos (Cme) e o custo de depreciação de equipamentos (Cde) para obtenção do custo de manutenção (CM) das usinas de reciclagem de RCD. A Tabela 40 mostra cada um dos custos que compõem o custo de manutenção que também calculados para um ano.

Tabela 40 - Custo de manutenção.

Custos (R\$/ano)	Pequeno porte	(%)	Médio porte	(%)
	(50 t/h)		(75 t/h)	
Manutenção equipamentos (Cme)	R\$ 11.219,81	63	R\$ 12.729,81	61
Depreciação de equipamentos (Cde)	R\$ 6.672,22	37	R\$ 8.102,78	39
Manutenção (CM)	R\$ 17.892,03	100	R\$ 20.832,58	100

Fonte: Pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

- Custo manutenções dos equipamentos (Cme)

Conforme os fabricantes da pá carregadeira os intervalos de manutenção são de 500 horas para óleo e filtro de motor, 2000 horas para óleo hidráulico, 500 horas para filtro

hidráulico, 1000 horas para filtro e óleo de transmissão, e 1000 horas para óleo dos eixos. Considerando que a pá carregadeira opere em 160 horas mensais.

A Tabela 41 apresenta os valores encontrados na pesquisa de mercado para os óleos e filtros, bem como, o valor de cada manutenção, calculados por meio das horas de serviço, número de trocas por ano, valor de cada manutenção e quantidade por troca.

Tabela 41 - Custo manutenções pá carregadeira.

Manutenção	Intervalo de serviço (h)	Nº de trocas	R\$/litro	Quantidade por troca	R\$/ano
Óleo do motor	500	3,84	R\$ 20,00	8	R\$ 614,40
Óleo hidráulico	2000	0,96	R\$ 13,00	8	R\$ 99,84
Filtro hidráulico	500	3,84	R\$ 32,00	1	R\$ 122,88
Filtro de transmissão	1000	1,92	R\$ 48,00	1	R\$ 92,16
Óleo da transmissão	1000	1,92	R\$ 26,00	8	R\$ 399,36
Óleo dos eixos	1000	1,92	R\$ 18,00	5	R\$ 172,80
Total					R\$ 1.501,44

Fonte: Pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

Para ambas as pás carregadeiras, utilizou-se o mesmo custo de manutenção visto que essas informações variam muito pouco entre um equipamento e outro.

Os valores de pneus que neste caso podem ser do modelo 17,5 aro 25 com 16 lonas (indicado pelos fabricantes das pás carregadeiras), variam bastante no mercado. Foram encontrados valores entre R\$ 2.766,00 até R\$ 4.639,00. Por isso, para estimar o custo com os pneus das pás carregadeiras, utilizou-se um valor intermediário de R\$ 3.400,00 por pneu. As trocas dos pneus devem ser realizadas, de acordo com os fabricantes dos mesmos, em torno de 7.000 horas de operação. Considerando 160 horas por mês, considerou-se que a troca deve ser realizada a cada três anos. O custo mensal e anual referente a troca dos pneus está descrito na Tabela 42.

Tabela 42 - Custo pneus pá carregadeira.

Valor/pneu	Durabilidade (h)	Operação por mês (h)	Trocas/mês	R\$/mês	R\$/ano
R\$ 3.398,25	7.000	160	0,02	R\$ 77,67	R\$ 932,09
Total para 4 pneus					R\$ 3.728,37

Conforme o fornecedor dos equipamentos de estruturação das usinas de reciclagem de RCD, a empresa fabricante realiza as manutenções necessárias mensalmente. Basicamente, esses equipamentos devem passar por lubrificações a cada 40 horas de operação, ou uma vez por semana, pelo próprio operador. As mandíbulas dos britadores devem ser trocadas uma vez

por ano, e as fitas das correias transportadoras, uma vez a cada dois anos. O fabricante garante que esse custo não ultrapassa 1% do custo dos equipamentos, anualmente. Assim, foram calculados os custos de manutenção dos equipamentos de estruturação das usinas de reciclagem de RCD, de pequeno e médio porte, Tabela 43.

Tabela 43 - Custo manutenção dos equipamentos de estruturação das usinas.

Porte	Custo equipamento de cada usina	Custo de manutenção dos equipamentos
Pequeno	R\$ 599.000,00	R\$ 5.990,00
Médio	R\$ 750.000,00	R\$ 7.500,00

O custo de manutenção dos equipamentos está descrito na Tabela 44.

Tabela 44 - Custo manutenção dos equipamentos.

Porte	Custos			Total
	Pá carregadeira	Pneus	Equipamentos das usinas	
Pequeno	R\$1.501,44	R\$ 3.728,37	R\$ 5.990,00	R\$ 11.219,81
Médio	R\$1.501,44	R\$ 3.728,37	R\$ 7.500,00	R\$ 12.729,81

- Custo de depreciação de equipamentos (Cde)

De acordo com Jadovski (2005), o custo de depreciação de todos os equipamentos utilizados na usina de reciclagem de RCD, pode ser calculado de forma linear para um período de 10 anos e considerar 10% do custo de aquisição dos mesmos. Esses valores foram estabelecidos por meio das visitas técnicas nas usinas de reciclagem, nas quais os responsáveis técnicos informaram que até 10 anos ou mais os equipamentos continuam em funcionamento.

Desse modo, foram arbitrados 10 anos de período para depreciação de equipamentos e 10% do custo de aquisição dos equipamentos como valor residual. O custo de depreciação dos equipamentos está descrito na Tabela 45.

Tabela 45 - Custo de depreciação dos equipamentos.

Porte	Ce	10% (cada 10 anos)	Depreciação/ano
Pequeno (50 t/h)	R\$ 800.666,67	R\$ 80.066,67	R\$ 6.672,22
Médio (75 t/h)	R\$ 972.333,33	R\$ 97.233,33	R\$ 8.102,78

4.1.3.4 Benefícios financeiros

Os benefícios financeiros provenientes da operação das usinas de reciclagem de RCD ocorrem por meio do recebimento de RCD e venda de AR.

A Tabela 46, apresenta os valores de RCD que as usinas de reciclagem de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte têm capacidade de receber e de reciclar, considerando 8 horas de trabalho por dia, 20 dias por mês e um ano.

Tabela 46 - Capacidade de produção das usinas de RCD (t/ano).

	Pequeno porte	Unid.	Médio porte	Unid
Capacidade de produção	50	(t/h)	75	(t/h)
Carga horária de operação das usinas	8	(h/d)	8	(h/d)
	20	(d/mês)	20	(d/mês)
	12	(meses)	12	(meses)
Total de RCD	96.000	(t/ano)	144.000	(t/ano)

De acordo com Tessaro, Sá e Scremin (2012), a taxa de geração de RCD é de 1,23 kg/hab.dia, ou seja, 449 kg/hab.ano. Assim, aplicando essa taxa a qual foi desenvolvida em um estudo no Estado do Rio Grande do Sul, considerando a população de Novo Hamburgo, tem-se uma geração de 111.839,28 toneladas de RCD ao ano.

Com esses dados pode-se analisar que a geração de RCD na cidade de Novo Hamburgo (111.839,28 t/ano) é superior à capacidade da usina de pequeno porte (96.000 t/ano) e inferior à capacidade da usina de médio porte (144.000 t/ano).

A tarifa para recebimento por tonelada de RCD é de R\$ 15,00 em São Leopoldo, Rio Grande do Sul.

Os benefícios financeiros do funcionamento de usinas de reciclagem de RCD ainda podem provir da venda de AR. De acordo Miranda *et al.* (2016), no Estado do Rio Grande do Sul o valor cobrado pelo AR por metro cúbico é entre R\$ 5,00 e R\$ 35,00, dependendo da especificação do material (granulometria, composição e usina). Para acrescentar informações à pesquisa, buscaram-se os valores de comercialização de agregados reciclados na usina de reciclagem de RCD da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

A Tabela 47 apresenta os valores de venda de AR das usinas de reciclagem de RCD em São Leopoldo e também da usina de Porto Alegre, buscado por meio de pesquisa de mercado.

Tabela 47 - Valores de comercialização de AR.

Agregado reciclado	São Leopoldo m ³	Porto Alegre m ³	Preço médio m ³
Areia	---	R\$ 22,00	R\$ 22,00
Pedrisco	R\$ 25,00	R\$ 22,00	R\$ 23,50
Brita 1	R\$ 25,00	R\$ 22,00	R\$ 23,50
Brita 2	R\$ 25,00	R\$ 22,00	R\$ 23,50
Brita 3	R\$ 25,00	R\$ 22,00	R\$ 23,50
Bica corrida	R\$ 29,00	R\$ 14,00	R\$ 21,50
Preço médio dos AR			R\$ 23,00

Fonte: Pesquisa de mercado no Estado do Rio Grande do Sul.

4.2 ETAPA 2: SIMULAÇÃO DE DIFERENTES CENÁRIOS PARA ANÁLISE FINANCEIRA

Para as simulações de cada um dos cenários estabelecidos, além dos custos e benefícios financeiros envolvidos nas usinas de reciclagem de RCD, outras informações foram utilizadas. Essas informações estão descritas na Tabela 48, bem como, as fontes onde as quais foram buscadas.

Tabela 48 - Dados utilizados nas análises financeiras.

Dados	Valor utilizado	Fonte
Quantidade de rejeitos no RCD	10%	Vistas técnicas
	8 h/d	Vistas técnicas
Carga horária de operação das usinas	20 d/mês	Vistas técnicas
	12 meses	Vistas técnicas
Densidade do RCD	1,28 t/m ³	Tessaró, Sá e Scremin (2012)
Valor de recebimento de RCD	R\$ 15,00	Vistas técnicas em usina São Leopoldo
Valor de venda de AR	R\$ 23,00	Vista técnica e pesquisa de mercado: no RS

Nas tabelas das análises financeiras foram apresentadas as previsões de receitas e de despesas apenas os três primeiros anos, pois foi considerada, para todos os cenários, a operação de 80% da capacidade das usinas de reciclagem de RCD no primeiro ano, 90% no segundo ano e 100% nos anos seguintes. Isto porque, os primeiros anos de implantação das usinas podem não operar com total da capacidade em razão do atraso no conhecimento do início do funcionamento das usinas, o que pode acarretar um início de operação um pouco menos favorável em relação a produção. Nos anos seguintes ao ano 2, as previsões são idênticas ao ano 3, por isso não foram repetidas nessa etapa de análise financeira. As tabelas completas de cada um dos cenários estão disponíveis no APÊNDICE.

4.2.1 Cenário 1: Sem receita sobre recebimento de RCD

Os cálculos realizados para a simulação do cenário 1 foram divididos em usina de pequeno porte (50 t/h) e usina de médio porte (75 t/h).

4.2.1.1 Cenário 1: Usina de reciclagem de RCD de pequeno porte (50 t/h)

Estimou-se nesse cenário que a usina de reciclagem de RCD não obtém receitas por meio do recebimento de RCD, porém, possui produção igual a 100% da capacidade, 50 t/h.

Considerando 10% de rejeitos, somente 90% das 50 toneladas são utilizadas na produção de AR (45 t/h). Assim, $8 \text{ h/d} \times 45 \text{ t/h} = 360 \text{ t/d} \times 20 \text{ dias/mês} = 7.200 \text{ t/mês} / 1,28 = 5.625 \text{ m}^3/\text{mês} \times \text{R\$ } 23,00/\text{ m}^3 = \text{R\$ } 129.375,00/\text{mês} \times 12 \text{ meses/ano} = \text{R\$ } 1.552.500,00/\text{ano}$, conforme cálculos apresentados Tabela 49.

Tabela 49 - Cálculos realizados para estimar faturamento de venda e AR.

Descrição	Dados da Tabela 46	Unid.	Dados calculados	Unid.
Capacidade de produção	50	(t/h)	50	(t/h)
Menos % de rejeitos	10%	(%)	45	(t/h)
	8	(h/d)		
Multiplicação pela carga horária de operação das usinas	20	(d/mês)	86.400	(t/ano)
	12	(meses)		
Divisão pela densidade do RCD	1,28	(t/m ³)	6.7500	(m ³ /ano)
Multiplicação pelo valor de venda de AR	R\$ 23,00	(R\$/m ³)	R\$ 1.552.500,00	(R\$/ano)

Por meio dos dados calculados na Tabela 49, a venda de AR ocasiona uma receita de R\$ 1.552.500,00 por ano, porém, no primeiro ano de operação, a venda de AR ocasiona uma receita de 80% de R\$1.552.500,00, ou seja, R\$1.242.000,00. No segundo ano de operação, 90% de R\$ 1.552.500,00, ou seja, R\$ 1.397.250,00 e nos anos seguintes o total de R\$1.552.500,00.

A Tabela 50 apresenta os valores encontrados nos cálculos para análise financeira desse cenário.

Tabela 50 - Análise financeira cenário 1 pequeno porte.

Aspectos financeiros	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Anos seguintes
----------------------	-------	-------	-------	----------------

		80%	90%	100%
Recebimento RCD	0	0	0	0
Venda AR	0	R\$ 1.242.000,00	R\$ 1.397.250,00	R\$ 1.552.500,00
Receita bruta	0	R\$ 1.242.000,00	R\$ 1.397.250,00	R\$ 1.552.500,00
ICMS	0	R\$ 211.140,00	R\$ 237.532,50	R\$ 263.925,00
IPI/COFINS	0	R\$ 43.470,00	R\$ 48.903,75	R\$ 54.337,50
(-) Impostos	0	R\$ 254.610,00	R\$ 286.436,25	R\$ 318.262,50
(-) CO	0	R\$ 603.711,88	R\$ 603.711,88	R\$ 603.711,88
(-) CM	0	R\$ 17.892,03	R\$ 17.892,03	R\$ 17.892,03
Despesa bruta	0	R\$ 876.213,91	R\$ 908.040,16	R\$ 939.866,41
(-) CI	R\$ 2.707.759,65	0	0	0
Resultado Financeiro	R\$ -2.707.759,65	R\$ 365.786,09	R\$ 489.209,84	R\$ 612.633,59
Resultado Financeiro médio para os 10 anos de operação			R\$ 575.606,47	

Com base nesses resultados, pode-se observar que a previsão de receita e a previsão de despesa bruta, ocasionam um resultado financeiro de R\$ 365.786,09 no primeiro ano de operação, R\$ 489.209,84 no segundo ano de operação e R\$ 612.633,59 nos anos seguintes.

4.2.1.2 Cenário 1: Usina de reciclagem de RCD de médio porte (75 t/h)

Do mesmo modo calculado anteriormente, foi estimado o fluxo de caixa da usina de reciclagem de RCD de médio porte (75 t/h), não obtendo receita por meio do recebimento de RCD e considerando a operação de 100% da capacidade.

Para isso, foram considerados os mesmos 10% de rejeitos, logo, somente 90% das 75 toneladas serão utilizadas na produção de AR (67,5 t/h). Também foi considerado que a usina opere com 80% da capacidade no primeiro ano, 90% no segundo ano e 100% nos anos seguintes. Assim, $8 \text{ h/d} \times 67,5 \text{ t/h} = 540 \text{ t/d} \times 20 \text{ dias/mês} = 10.800 \text{ t/mês} / 1,28 = 8.437,50 \text{ m}^3/\text{mês} \times \text{R\$ } 23,00/\text{m}^3 = \text{R\$ } 194.062,50/\text{mês} \times 12 \text{ meses/ano} = \text{R\$ } 2.328.750,00/\text{ano}$, conforme cálculos apresentados na Tabela 51.

Tabela 51 - Cálculos realizados para estimar faturamento de venda e AR.

Descrição	Dados	Unid.	Dados calculados	Unid.
Capacidade de produção	75	(t/h)	75	(t/h)
Retirada de rejeitos	10%	(%)	67,5	(t/h)
	8	(h/d)		
Multiplicação pela carga horária de operação das usinas	20	(d/mês)	129.600	(t/ano)
	12	(meses)		

Divisão pela densidade do RCD	1,28 (t/m ³)	10.1250 (m ³ /ano)
Valor de venda de AR	R\$ 23,00 (R\$/m ³)	R\$ 2.328.750,00 (R\$/ano)

Por meio dos dados calculados na Tabela 51, a venda de AR ocasiona uma receita de R\$ 2.328.750,00 por ano, porém, no primeiro ano de operação, a venda de AR ocasiona uma receita de 80% de R\$ 2.328.750,00, ou seja, R\$ 1.863.000,00. No segundo ano de operação, 90% de R\$ 2.328.750,00, ou seja, R\$ 2.095.875,00 e nos anos seguintes o total de R\$ 2.328.750,00.

A Tabela 52 apresenta os valores encontrados nos cálculos para análise financeira desse cenário.

Tabela 52 - Análise financeira cenário 1 médio porte.

Aspectos financeiros	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Anos seguintes
		80%	90%	100%
Recebimento RCD	0	0	0	0
Venda AR	0	R\$ 1.863.000,00	R\$ 2.095.875,00	R\$ 2.328.750,00
Receita bruta	0	R\$ 1.863.000,00	R\$ 2.095.875,00	R\$ 2.328.750,00
ICMS	0	R\$ 316.710,00	R\$ 356.298,75	R\$ 395.887,50
IPI/COFINS	0	R\$ 65.205,00	R\$ 73.355,63	R\$ 81.506,25
(-) Impostos	0	R\$ 381.915,00	R\$ 429.654,38	R\$ 477.393,75
(-) CO	0	R\$ 731.776,67	R\$ 731.776,67	R\$ 731.776,67
(-) CM	0	R\$ 20.832,59	R\$ 20.832,59	R\$ 20.832,59
Despesa bruta	0	R\$ 1.134.524,26	R\$ 1.182.263,64	R\$ 1.230.003,01
(-) CI	R\$ 3.423.338,17	0	0	0
Resultado financeiro	R\$ -3.423.338,17	R\$ 728.475,74	R\$ 913.611,37	R\$ 1.098.746,99
Resultado Financeiro médio para os 10 anos de operação			R\$ 1.043.206,30	

Observando as previsões de receita e de despesa brutas calculadas, pode ser analisado que no primeiro ano de operação a usina de médio porte obteve um resultado financeiro de R\$ 728.475,74 no primeiro ano de operação, de R\$ 913.611,37 no segundo ano de operação e R\$ 1.098.746,99 nos anos seguintes.

Mesmo com previsão de despesas superior ao da usina de pequeno porte, a usina de médio porte possui receitas superiores que acarretam um melhor resultado financeiro ao longo dos anos (comparada à usina de pequeno porte). Esse resultado propõe que a capacidade de produção das usinas de reciclagem de RCD é um fator que influencia as questões financeiras dessa atividade. Essa evidência também foi proposta no estudo realizado por Coelho e Brito (2013b) e por Nunes *et al.* (2007), os quais concluíram que a capacidade das usinas de

reciclagem de RCD é um dos principais fatores que influenciam a viabilidade econômica. Assim, pode-se analisar que as capacidades de produção das usinas de reciclagem de RCD influenciam tanto o resultado financeiro aqui calculado, como a viabilidade econômica estudada pelos autores.

Com o desenvolvimento desse cenário pode-se analisar que mesmo sem receita sobre o recebimento de RCD, e possuindo receita somente a partir da venda de AR, as usinas de reciclagem de RCD de pequeno e médio porte possuem um resultado financeiro de até R\$ 612.633,59 e R\$1.098.746,99 anuais para a usina de pequeno e médio porte, respectivamente (nos anos seguintes ao segundo ano de operação).

4.2.2 Cenário 2: Com receita sobre recebimento de RCD e operação de 50% da capacidade

Os cálculos para obtenção do resultado financeiro desse cenário foram divididos em usina de pequeno porte (50 t/h) e usina de médio porte (75 t/h).

4.2.2.1 Cenário 2: Usina de reciclagem de pequeno porte (50 t/h)

Neste cenário o recebimento de RCD pela usina também gera uma receita. A estimativa de recebimento de RCD foi realizada por meio da capacidade da usina, logo, foi calculado o volume de RCD como sendo 50% da capacidade de operação da usina (25 t/h).

Desse modo, tem-se: $8\text{h/d} \times 25\text{t/h} = 200\text{t/d} \times 20\text{ dias/mês} = 4.000\text{ t/mês} \times \text{R\$ } 15,00/\text{t}$ (valor atribuído conforme usina de reciclagem de RCD de São Leopoldo) = R\$ 60.000,00/mês x 12 meses = R\$ 720.000,00/ano, conforme Tabela 53.

Tabela 53 - Cálculos realizados para estimar faturamento de recebimento de RCD.

Descrição	Dados	Unid.	Dados calculados	Unid.
Capacidade de produção	50	(t/h)	50	(t/h)
Recebimento RCD	50%	(%)	25	(t/h)
		8		(h/d)
Multiplicação pela carga horária de operação das usinas	20	(d/mês)	48.000	(t/ano)
		12		(meses)
Valor de recebimento de RCD	R\$ 15,00	(R\$/t)	R\$ 720.000,00	(R\$/ano)

Por meio dos dados calculados na Tabela 53, o recebimento de RCD ocasiona uma receita de R\$ 720.000,00 por ano, porém, no primeiro ano de operação, a venda de AR ocasiona

uma receita de 80% de R\$ 720.000,00, ou seja, R\$ 576.000,00. No segundo ano de operação, 90% de R\$ 720.000,00, ou seja, R\$ 648.000,00 e nos anos seguintes o total de R\$ 720.000,00.

Para calcular o faturamento da usina na venda de AR para esse cenário, foi calculada a produção considerando 10% de rejeitos e 50% da capacidade de produção. Desse modo, somente 50% das 50 toneladas serão utilizadas na produção de AR (25 t/h) e 10% desse material considerado rejeitos (22,5 t/h). Assim, $8 \text{ h/d} \times 22,5 \text{ t/h} = 180 \text{ t/d} \times 20 \text{ dias/mês} = 3.6000 \text{ t/mês} / 1,28 = 2.812,50 \text{ m}^3/\text{mês} \times \text{R\$ } 23,00/\text{ m}^3 = \text{R\$ } 64.687,50/\text{mês} \times 12 \text{ meses/ano} = \text{R\$ } 776.250,00/\text{ano}$, conforme Tabela 54.

Tabela 54 - Cálculos realizados para estimar faturamento de venda de AR.

Descrição	Dados	Unid.	Dados calculados	Unid.
Capacidade de produção	50	(t/h)	50	(t/h)
Recebimento RCD	50%	(%)	25	(t/h)
Retirada de rejeitos	10%	(%)	22,5	(t/h)
Multiplicação pela carga horária de operação das usinas	8	(h/d)	43.200	(t/ano)
	20	(d/mês)		
	12	(meses)		
Divisão pela densidade do RCD	1,28	(t/m ³)	33.750	(m ³ /ano)
Valor de venda de AR	R\$ 23,00	(R\$/m ³)	R\$ 776.250,00	(R\$/ano)

Por meio dos dados calculados na Tabela 54, a venda de AR ocasiona uma receita de R\$ 776.250,00 por ano, porém, no primeiro ano de operação, a venda de AR ocasiona uma receita de 80% de R\$ 776.250,00, ou seja, R\$ 621.000,00. No segundo ano de operação, 90% de R\$ 776.250,00, ou seja, R\$ 698.625,00 e nos anos seguintes o total de R\$ 776.250,00.

A Tabela 55 apresenta os dados calculados para a análise financeira desse cenário.

Tabela 55 - Análise financeira cenário 2 pequeno porte.

Aspectos financeiros	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Anos seguintes
		80%	90%	100%

Recebimento RCD	R\$ 0,00	R\$ 576.000,00	R\$ 648.000,00	R\$ 720.000,00
Venda AR	R\$ 0,00	R\$ 621.000,00	R\$ 698.625,00	R\$ 776.250,00
Receita bruta	R\$ 0,00	R\$ 1.197.000,00	R\$ 1.346.625,00	R\$ 1.496.250,00
ICMS	R\$ 0,00	R\$ 105.570,00	R\$ 118.766,25	R\$ 131.962,50
IPI/COFINS	R\$ 0,00	R\$ 21.735,00	R\$ 24.451,88	R\$ 27.168,75
(-) Impostos	R\$ 0,00	R\$ 127.305,00	R\$ 143.218,13	R\$ 159.131,25
(-) CO	R\$ 0,00	R\$ 603.711,88	R\$ 603.711,88	R\$ 603.711,88
(-) CM	R\$ 0,00	R\$ 17.892,03	R\$ 17.892,03	R\$ 17.892,03
Despesa bruta	R\$ 0,00	R\$ 748.908,91	R\$ 764.822,04	R\$ 780.735,16
(-) CI	R\$ 2.707.759,65	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Resultado financeiro	R\$ -2.707.759,65	R\$ 448.091,09	R\$ 581.802,97	R\$ 715.514,84
Resultado Financeiro médio para os 10 anos de operação			R\$ 675.401,28	

Com base nos cálculos desenvolvidos de previsão de receita e de despesa brutas pode-se observar que a previsão de resultado financeiro obtido é de R\$ 715.514,84 nos anos seguintes ao segundo ano de operação, no primeiro ano de R\$ 448.091,09 e no segundo R\$ 581.802,97.

Comparando os cenários, pode-se analisar que mesmo com a capacidade de produção reduzida à metade da sua capacidade, o resultado financeiro (R\$ 715.514,84) após o terceiro ano de operação, é superior, comparado a usina de pequeno porte no cenário 1, o qual não havia receita sobre o recebimento de RCD (R\$ 612.633,59 anuais). Tal resultado evidencia que a receita sobre o recebimento de RCD é um fator que influencia em aspectos financeiros das usinas de reciclagem de RCD.

Comparando essa hipótese (R\$ 715.514,84) com a usina de médio porte no cenário 1 (R\$ 1.098.746,99), nos anos seguintes ao segundo ano de operação, pode-se observar resultado financeiro inferior. O que pode significar que mesmo possuindo uma previsão de despesa bruta inferior, o recebimento de RCD e da venda de AR minimizados a metade da capacidade de produção gera receitas inferiores as da usina de médio porte do cenário 1, que não obtém receita sobre o recebimento de RCD.

4.2.2.2 Cenário 2: Usina de reciclagem de RCD de médio porte

A estimativa de recebimento de RCD foi realizada por meio da capacidade da usina, logo, foi calculado o volume de RCD como sendo 50% da capacidade de operação da usina (37,5 t/h).

Desse modo, tem-se: $8\text{h/d} \times 37,5\text{t/h} = 300\text{ t/d} \times 20\text{ dias/mês} = 6.000\text{ t/mês} \times \text{R\$ } 15,00/\text{t}$ (valor atribuído conforme usina de reciclagem de RCD de São Leopoldo) = $\text{R\$ } 90.000,00/\text{mês} \times 12\text{ meses} = \text{R\$ } 1.080.000,00/\text{ano}$, conforme Tabela 56.

Tabela 56 - Cálculos realizados para estimar faturamento de recebimento de RCD.

Descrição	Dados	Unid.	Dados calculados	Unid.
Capacidade de produção	75	(t/h)	75	(t/h)
Recebimento RCD	50%	(%)	37,5	(t/h)
	8	(h/d)		
Multiplicação pela carga horária de operação das usinas	20	(d/mês)	72.000	(t/ano)
	12	(meses)		
Valor de recebimento de RCD	R\$ 15,00	(R\$/t)	R\$ 1.080.000,00	(R\$/ano)

Por meio dos dados calculados na Tabela 56, o recebimento de RCD ocasiona uma receita de $\text{R\$ } 1.080.000,00$ por ano, porém, no primeiro ano de operação, a venda de AR ocasiona uma receita de 80% de $\text{R\$ } 1.080.000,00$, ou seja, $\text{R\$ } 864.000,00$. No segundo ano de operação, 90% de $\text{R\$ } 1.080.000,00$, ou seja, $\text{R\$ } 972.000,00$ e nos anos seguintes o total de $\text{R\$ } 1.080.000,00$.

Para calcular o faturamento da usina na venda de AR para esse cenário, foi calculada a produção considerando 10% de rejeitos e 50% da capacidade de produção. Desse modo, somente 50% das 50 toneladas serão utilizadas na produção de AR (37,5 t/h) e 10% desse material considerado rejeito (33,75 t/h). Assim, $8\text{ h/d} \times 33,75\text{ t/h} = 270\text{ t/d} \times 20\text{ dias/mês} = 5.400\text{ t/mês} / 1,28 = 4.218,75\text{ m}^3/\text{mês} \times \text{R\$ } 23,00/\text{m}^3 = \text{R\$ } 97.031,25/\text{mês} \times 12\text{ meses/ano} = \text{R\$ } 1.164.375,00/\text{ano}$.

Tabela 57 - Cálculos realizados para estimar faturamento de venda de AR.

Descrição	Dados	Unid.	Dados calculados	Unid.
Capacidade de produção	75	(t/h)	75	(t/h)
Recebimento RCD	50%	(%)	37,5	(t/h)
Retirada de rejeitos	10%	(%)	33,75	(t/h)
	8	(h/d)		
Multiplicação pela carga horária de operação das usinas	20	(d/mês)	64.800	(t/ano)
	12	(meses)		
Divisão pela densidade do RCD	1,28	(t/m ³)	5.0625	(m ³ /ano)
Valor de venda de AR	R\$ 23,00	(R\$/m ³)	R\$ 1.164.375,00	(R\$/ano)

Por meio dos dados calculados na Tabela 57, a venda de AR ocasiona uma receita de $\text{R\$ } 1.164.375,00$ por ano, porém, no primeiro ano de operação, a venda de AR ocasiona uma

receita de 80% de R\$ 1.164.375,00, ou seja, R\$ 931.500,00. No segundo ano de operação, 90% de R\$ 1.164.375,00, ou seja, R\$ 1.047.937,50 e nos anos seguintes o total de R\$ 1.164.375,00.

A Tabela 58 apresenta os dados calculados para a análise financeira.

Tabela 58 - Análise financeira cenário 2 médio porte.

Aspectos financeiros	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3
		80%	90%	100%
Recebimento RCD	R\$ 0,00	R\$ 864.000,00	R\$ 972.000,00	R\$ 1.080.000,00
Venda AR	R\$ 0,00	R\$ 931.500,00	R\$ 1.047.937,50	R\$ 1.164.375,00
Receita bruta	R\$ 0,00	R\$ 1.795.500,00	R\$ 2.019.937,50	R\$ 2.244.375,00
ICMS	R\$ 0,00	R\$ 158.355,00	R\$ 178.149,38	R\$ 197.943,75
IPI/COFINS	R\$ 0,00	R\$ 32.602,50	R\$ 36.677,81	R\$ 40.753,13
(-) Impostos	R\$ 0,00	R\$ 190.957,50	R\$ 214.827,19	R\$ 238.696,88
(-) CO	R\$ 0,00	R\$ 731.776,67	R\$ 731.776,67	R\$ 731.776,67
(-) CM	R\$ 0,00	R\$ 20.832,59	R\$ 20.832,59	R\$ 20.832,59
Despesa bruta	R\$ 0,00	R\$ 943.566,76	R\$ 1.484.385,93	R\$ 991.306,14
(-) CI	R\$ 3.423.338,17	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Resultado financeiro	R\$ -3.423.338,17	R\$ 851.933,24	R\$ 535.551,57	R\$ 1.253.068,87
Resultado Financeiro médio para os 10 anos de operação			R\$ 1.141.203,57	

Por meio das previsões de receita e despesa bruta, pode ser analisado que o resultado financeiro é de R\$ 851.933,24 no primeiro ano, R\$ 535.551,57 no segundo ano e nos anos seguintes R\$ 1.253.068,87.

Os resultados financeiros da usina de médio porte são superiores a da usina de pequeno porte, nesse mesmo cenário e em todos os anos de operação.

Além disso, os resultados financeiros desse cenário são superiores aos do cenário 1 para usinas de médio porte, em todos os anos de operação. A falta de receita sobre o recebimento de RCD acarretou uma diminuição na receita bruta e conseqüentemente, o cenário 1 apresentou resultado financeiro inferior. Tal fato também corrobora com a evidência de que a receita obtida por meio do recebimento de RCD, mesmo sendo metade da capacidade de produção, é um fator que influencia nas questões financeiras das usinas.

4.2.3 Cenário 3: Com receita sobre recebimento de RCD e operação de 100% da capacidade

Os cálculos para obtenção do resultado financeiro desse cenário, também foram divididos em usina de pequeno porte (50 t/h) e usina de médio porte (75 t/h).

4.2.3.1 Cenário 3: Usina de reciclagem de pequeno porte

Desse modo, tem-se: $8\text{h/d} \times 50\text{ t/h} = 400\text{ t/d} \times 20\text{ dias/mês} = 8.000\text{ t/mês} \times \text{R\$ } 15,00/\text{t}$ (valor atribuído conforme usina de reciclagem de RCD de São Leopoldo) = $\text{R\$ } 120.000,00/\text{mês} \times 12\text{ meses} = \text{R\$ } 1.440.000,00/\text{ano}$, conforme Tabela 59.

Tabela 59 - Cálculos realizados para estimar faturamento de recebimento de RCD.

Descrição	Dados	Unid.	Dados calculados	Unid.
Capacidade de produção	50	(t/h)	50	(t/h)
Recebimento RCD	100%	(%)	50	(t/h)
	8	(h/d)		
Multiplicação pela carga horária de operação das usinas	20	(d/mês)	96.000	(t/ano)
	12	(meses)		
Valor de recebimento de RCD	R\$ 15,00	(R\$/t)	R\$1.440.000,00	(R\$/ano)

Por meio dos dados calculados na Tabela 59, o recebimento de RCD ocasiona uma receita de $\text{R\$ } 1.440.000,00$ por ano, porém, no primeiro ano de operação, a venda de AR ocasiona uma receita de 80% de $\text{R\$ } 1.440.000,00$, ou seja, $\text{R\$ } 1.152.000,00$. No segundo ano de operação, 90% de $\text{R\$ } 1.440.000,00$, ou seja, $\text{R\$ } 1.296.000,00$ e nos anos seguintes o total de $\text{R\$ } 1.440.000,00$.

Para estimar o faturamento da usina na venda de AR para esse cenário, foi calculada a produção considerando 10% de rejeitos (45 t/h). Assim, $8\text{ h/d} \times 45\text{ t/h} = 360\text{ t/d} \times 20\text{ dias/mês} = 7.200\text{ t/mês} / 1,28 = 5.625\text{ m}^3/\text{mês} \times \text{R\$ } 23,00/\text{ m}^3 = \text{R\$ } 129.375,00 /\text{mês} \times 12\text{ meses/ano} = \text{R\$ } 1.552.500,00/\text{ano}$, conforme.

Tabela 60 - Cálculos realizados para estimar faturamento de venda de AR.

Descrição	Dados	Unid.	Dados calculados	Unid.
Capacidade de produção	50	(t/h)	50	(t/h)
Recebimento RCD	100%	(%)	50	(t/h)
Retirada de rejeitos	10%	(%)	45	(t/h)
	8	(h/d)		
Multiplicação pela carga horária de operação das usinas	20	(d/mês)	8.6400	(t/ano)
	12	(meses)		
Divisão pela densidade do RCD	1,28	(t/m ³)	67.500	(m ³ /ano)
Valor de venda de AR	R\$ 23,00	(R\$/m ³)	R\$1.552.500,00	(R\$/ano)

Por meio dos dados calculados na Tabela 60, a venda de AR ocasiona uma receita de $\text{R\$ } 1.552.500,00$ por ano, porém, no primeiro ano de operação, a venda de AR ocasiona uma receita de 80% de $\text{R\$ } 1.552.500,00$, ou seja, $\text{R\$ } 1.242.000,00$. No segundo ano de operação,

90% de R\$1.552.500,00, ou seja, R\$ 1.397.250,00 e nos anos seguintes o total de R\$1.552.500,00.

A Tabela 61 apresenta os resultados obtidos nos cálculos para análise financeira da usina de reciclagem de RCD de pequeno porte, considerando 100% da capacidade de produção.

Tabela 61 - Análise financeira cenário 3 pequeno porte.

Aspectos financeiros	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3
		80%	90%	100%
Recebimento RCD	R\$ 0,00	R\$ 1.152.000,00	R\$ 1.296.000,00	R\$ 1.440.000,00
Venda AR	R\$ 0,00	R\$ 1.242.000,00	R\$ 1.397.250,00	R\$ 1.552.500,00
Receita bruta	R\$ 0,00	R\$ 2.394.000,00	R\$ 2.693.250,00	R\$ 2.992.500,00
ICMS	R\$ 0,00	R\$ 211.140,00	R\$ 237.532,50	R\$ 263.925,00
IPI/COFINS	R\$ 0,00	R\$ 43.470,00	R\$ 48.903,75	R\$ 54.337,50
(-) Impostos	R\$ 0,00	R\$ 254.610,00	R\$ 286.436,25	R\$ 318.262,50
(-) CO	R\$ 0,00	R\$ 603.711,88	R\$ 603.711,88	R\$ 603.711,88
(-) CM	R\$ 0,00	R\$ 17.892,03	R\$ 17.892,03	R\$ 17.892,03
Despesa bruta	R\$ 0,00	R\$ 876.213,91	R\$ 908.040,16	R\$ 939.866,41
(-) CI	R\$ 2.707.759,65	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Resultado financeiro	R\$ -2.707.759,65	R\$ 1.517.786,09	R\$ 1.785.209,84	R\$ 2.052.633,59
Resultado Financeiro médio para os 10 anos de operação			R\$ 1.972.406,47	

O resultado financeiro decorrente da previsão de receita e despesa bruta, nos anos seguintes ao segundo ano de operação é de R\$ 2.052.633,59, já no primeiro e no segundo ano é R\$ 1.517.786,09 e R\$ 1.785.209,84, respectivamente.

Conforme esperado esse cenário apresentou o mais elevado resultado financeiro em relação às usinas de pequeno porte simuladas nos outros cenários.

Esses resultados financeiros, podem indicar que o recebimento de RCD e a venda de AR iguais a capacidade de produção da usina de reciclagem de RCD são fatores que influenciam nos aspectos financeiros. Porém, conforme investigado na revisão bibliográfica e indicado do relatório da ABRECON (ABRECON, 2015), a maioria das usinas de reciclagem de RCD no Brasil não operam com capacidade total, logo, esse cenário é otimista em relação a realidade brasileira. Contudo, acredita-se que esse cenário poderia ser parte da realidade caso existisse maior incentivo público à gestão de RCD nos municípios e ao mercado do AR.

4.2.3.2 Cenário 3: Usinas de reciclagem de RCD de médio porte

Para esse cenário tem-se: $8\text{h/d} \times 75\text{ t/h} = 600\text{ t/d} \times 20\text{ dias/mês} = 12.000\text{ t/mês} \times \text{R\$ } 15,00/\text{t}$ (valor atribuído conforme usina de reciclagem de RCD de São Leopoldo) = $\text{R\$ } 180.000,00/\text{mês} \times 12\text{ meses} = \text{R\$ } 2.160.000,00/\text{ano}$, conforme Tabela 62.

Tabela 62 - Cálculos realizados para estimar faturamento de recebimento de RCD.

Descrição	Dados	Unid.	Dados calculados	Unid.
Capacidade de produção	75	(t/h)	75	(t/h)
Recebimento RCD	100%	(%)	75	(t/h)
	8	(h/d)		
Multiplicação pela carga horária de operação das usinas	20	(d/mês)	14.4000	(t/ano)
	12	(meses)		
Valor de recebimento de RCD	R\$ 15,00	(R\$/t)	R\$ 2.160.000,00	(R\$/ano)

Por meio dos dados calculados na Tabela 62 o recebimento de RCD ocasiona uma receita de $\text{R\$ } 2.160.000,00$ por ano, porém, no primeiro ano de operação, a venda de AR ocasiona uma receita de 80% de $\text{R\$ } 2.160.000,00$, ou seja, $\text{R\$ } 1.728.000,00$. No segundo ano de operação, 90% de $\text{R\$ } 2.160.000,00$, ou seja, $\text{R\$ } 1.944.000,00$ e nos anos seguintes o total de $\text{R\$ } 2.160.000,00$.

Para calcular o faturamento da usina na venda de AR para esse cenário, foi calculada a produção considerando 10% de rejeitos (67,5 t/h). Assim, $8\text{ h/d} \times 67,5\text{ t/h} = 540\text{ t/d} \times 20\text{ dias/mês} = 10.800\text{ t/mês} / 1,28 = 8.437,50\text{ m}^3/\text{mês} \times \text{R\$ } 23,00/\text{ m}^3 = \text{R\$ } 194.062,50 /\text{mês} \times 12\text{ meses/ano} = \text{R\$ } 2.320.750,00/\text{ano}$, conforme Tabela 63.

Tabela 63 - Cálculos realizados para estimar faturamento de venda de AR.

Descrição	Dados	Unid.	Dados calculados	Unid.
Capacidade de produção	75	(t/h)	75	(t/h)
Recebimento RCD	100%	(%)	75	
Retirada de rejeitos	10%	(%)	67,5	(t/h)
	8	(h/d)		
Multiplicação pela carga horária de operação das usinas	20	(d/mês)	12.9600	(t/ano)
	12	(meses)		
Divisão pela densidade do RCD	1,28	(t/m ³)	10.1250	(m ³ /ano)
Valor de venda de AR	R\$ 23,00	(R\$/m ³)	R\$ 2.328.750,00	(R\$/ano)

Por meio dos dados calculados na Tabela 63, a venda de AR ocasiona uma receita de $\text{R\$ } 2.328.750,00$ por ano, porém, no primeiro ano de operação, a venda de AR ocasiona uma receita de 80% de $\text{R\$ } 2.328.750,00$, ou seja, $\text{R\$ } 1.863.000,00$. No segundo ano de operação,

90% de R\$ 2.328.750,00, ou seja, R\$ 2.095.875,00 e nos anos seguintes o total de R\$ 2.328.750,00.

A Tabela 64 apresenta os resultados obtidos nos cálculos para análise financeira da usina de reciclagem de RCD de pequeno porte, considerando 100% da capacidade de produção.

Tabela 64 - Análise financeira cenário 3 médio porte.

Aspectos financeiros	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Anos seguintes
		80%	90%	100%
Recebimento RCD	R\$ 0,00	R\$ 1.728.000,00	R\$ 1.944.000,00	R\$ 2.160.000,00
Venda AR	R\$ 0,00	R\$ 1.863.000,00	R\$ 2.095.875,00	R\$ 2.328.750,00
Receita bruta	R\$ 0,00	R\$ 3.591.000,00	R\$ 4.039.875,00	R\$ 4.488.750,00
ICMS	R\$ 0,00	R\$ 316.710,00	R\$ 356.298,75	R\$ 395.887,50
IPI/COFINS	R\$ 0,00	R\$ 65.205,00	R\$ 73.355,63	R\$ 81.506,25
(-) Impostos	R\$ 0,00	R\$ 381.915,00	R\$ 429.654,38	R\$ 477.393,75
(-) CO	R\$ 0,00	R\$ 731.776,67	R\$ 731.776,67	R\$ 731.776,67
(-) CM	R\$ 0,00	R\$ 20.832,59	R\$ 20.832,59	R\$ 20.832,59
Despesa bruta	R\$ 0,00	R\$ 1.134.524,26	R\$ 1.182.263,64	R\$ 1.230.003,01
(-) CI	R\$ 3.423.338,17	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Resultado financeiro	R\$ -3.423.338,17	R\$ 2.456.475,74	R\$ 2.857.611,37	R\$ 3.258.746,99
Resultado Financeiro médio para os 10 anos de operação			R\$ 3.138.406,30	

De acordo com os cálculos de previsão de receita e de despesas brutas, o resultado financeiro, nos anos seguintes ao segundo ano de operação é de R\$ 3.258.746,99, já no primeiro e no segundo ano é R\$ 2.456.475,74 e R\$ 2.857.611,37, respectivamente.

Conforme esperado esse cenário apresentou o mais elevado resultado financeiro em relação às usinas de médio porte simuladas nos outros cenários.

Nesse cenário, a melhor hipótese de operação de ambas as usinas de reciclagem de RCD simuladas, pode-se analisar que mesmo com a previsão de despesas superiores aos outros cenários, a receita obtida por meio do recebimento de RCD e de venda de AR em quantidade igual à capacidade de produção, ocasiona melhor resultado financeiro. Essa análise corrobora com evidência de que a capacidade de produção é um fator que influencia as questões financeiras de operação das usinas de reciclagem de RCD.

4.2.3.3 Comparativo entre as simulações dos cenários

A Tabela 65 apresenta resultados financeiros de cada um dos cenários para ambas as usinas de reciclagem de RCD (pequeno e médio porte) após o segundo ano de operação. Além disso, o resultado médio dos 10 anos de operação das usinas de reciclagem.

Tabela 65 - Comparativo entre as simulações.

Cenário	Resultado financeiro anual após segundo ano de operação		Resultado financeiro médio dos 10 anos de operação	
	(50 t/h)	75 (t/h)	(50 t/h)	75 (t/h)
Cenário 1	R\$ 612.633,59	R\$ 1.098.746,99	R\$ 575.606,47	R\$ 1.043.206,30
Cenário 2	R\$ 715.514,84	R\$ 1.253.068,87	R\$ 675.401,28	R\$ 1.141.203,57
Cenário 3	R\$ 2.052.633,59	R\$ 3.258.746,99	R\$ 1.972.406,47	R\$ 3.138.406,30

Comparando os resultados financeiros das usinas de médio e pequeno porte em todos os cenários (1, 2 e 3) os valores mais interessantes são os das usinas de médio porte. Pode-se perceber que o resultado financeiro médio dos 10 anos de operação é bastante superior em todos os cenários para as usinas de médio porte. Tal resultado pode indicar que mesmo exigindo maiores custos de implantação, operação e manutenção (previsão de despesa bruta), a maior capacidade de produção ocasiona melhor resultado financeiro. Alguns custos, como o custo de mão-de-obra, são os mesmos para ambas as usinas de reciclagem de RCD, o que pode acarretar uma vantagem para as de médio porte, as quais possuem receitas brutas. Essa análise corrobora com o fato já evidenciado de que a capacidade de produção das usinas de reciclagem de RCD interferem nos resultados financeiros.

Comparando os cenários, é possível analisar que o cenário 3 apresenta melhores resultados (conforme esperado) pois, as usinas de reciclagem de RCD operam com total capacidade as quais foram instaladas e obtém receitas sobre o recebimento de RCD e sobre a venda de AR. Porém, conforme identificado nas visitas técnicas realizadas e também conforme relatado pela ABRECON (2015), a maioria das usinas de reciclagem de RCD não operam com capacidade total. Isso pode indicar que as falhas no recebimento de RCD, decorrentes das lacunas na gestão de RCD pelos municípios, ocasionam realidades diferentes ao cenário 3 simulado nesse trabalho. Logo, caso seja implantada uma nova usina de reciclagem, sob essas delimitações, talvez o cenário 3 não seja o mais próximo a realidade.

Comparando os cenários 1 e 2, pode-se analisar que o cenário 2 (mesmo com operação de 50% da capacidade), obteve resultados financeiros superiores em ambos os portes de usinas. Isto é, a falta de receita sobre o recebimento de RCD pelas usinas é um fator que influencia as questões financeiras de maneira considerável. Essa evidencia também foi destacada na pesquisa realizada por Nunes *et al.* (2007), a qual concluiu que somente com receita sobre a venda de material reciclado não há viabilidade econômica em usinas de reciclagem de RCD privadas.

Assim, o cenário o qual possui produção de 50% da capacidade mostra valores mais interessantes de resultados financeiros. Porém ambas as usinas (pequeno e médio porte) conseguem obter um fluxo de caixa atraente nos dois cenários.

Considerando a área de pesquisa onde a geração de RCD é de 111.839,28 t/ano, acredita-se que o melhor cenário para implantação é da usina de pequeno porte que possui capacidade de recebimento de RCD de 96.000 t/ano. Mesmo o valor sendo inferior a geração de RCD na área de pesquisa, estima-se que nem todo RCD gerado é conduzido até usinas de reciclagem. Por isso, não é considerada a geração de RCD de uma localidade igual à capacidade máxima da usina de reciclagem a qual será implantada. Isso porque, conforme analisado nos cenários simulados, o não recebimento de RCD pode acarretar problemas nos resultados financeiros da operação de usinas de reciclagem de RCD.

Todos os cenários consideraram que o total de AR produzido pelas usinas de reciclagem de RCD seja vendido. Esse é outro fator importante nos aspectos financeiros pois sem a receita sobre a venda de AR os resultados financeiros serão diferentes aos quais foram calculados. De acordo com Miranda, Angulo e Carelli (2008), existem dificuldades na aplicação de AR devido a variabilidade de características do material. Mesmo com a normatização pela NBR 15.116 (ABNT, 2004), existem dificuldades em aplicar o AR o que indica que as normas não garantem qualidade ao material e portanto, nem a sua aceitação no mercado. Assim, a normatização e melhora na qualidade dos AR implicam na maior quantidade de venda de AR e por isso são fatores que influenciam os aspectos financeiros.

4.3 ETAPA 3: DETERMINAÇÃO PAYBACK

A Tabela 66 apresenta os valores de payback obtidos para as usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte no cenário 1.

Tabela 66 - Payback usinas do cenário 1.

Indicativos	Cenário 1	
	Pequeno porte 50 (t/h)	Médio porte 75 (t/h)
(-)CI	R\$ 2.707.759,65	R\$ 3.423.338,17
(=) Resultado financeiro médio	R\$ 575.606,47	R\$ 1.043.206,30
Payback (anos)	4,7	3,3

Por meio do cálculo do *payback* pode-se analisar que a usina de médio porte possui um período de retorno de investimento de 3,3 anos, enquanto a de pequeno porte possui um período de 4,7 anos. Tal diferença pode ocorrer em função da maior capacidade de produção da usina de médio porte proporcionar maior resultado financeiro.

A Tabela 67 apresenta os valores utilizados no cálculo do *payback* para usinas de reciclagem de pequeno e médio porte simuladas no cenário 2.

Tabela 67 - Payback usinas do cenário 2.

Indicativos	Cenário 2	
	Pequeno porte 50 (t/h)	Médio porte 75 (t/h)
(-)CI	R\$ 2.707.759,65	R\$ 3.423.338,17
(=) Resultado financeiro médio	R\$ 675.401,28	R\$ 1.141.203,57
Payback (anos)	4,0	3,0

Por meio do cálculo do *payback* pode-se analisar que a usina de médio porte possui um período de retorno de investimento de 3 anos, enquanto a de pequeno porte possui um período de 4 anos. Essa diferença também pode ser explicada pela maior capacidade de produção da usina de médio porte, que propicia melhor resultado financeiro.

A Tabela 68 apresenta os valores utilizados no cálculo do *payback* das usinas de pequeno e médio porte simuladas no cenário 3.

Tabela 68 - Payback usinas do cenário 3.

Indicativos	Cenário 2	
	Pequeno porte 50 (t/h)	Médio porte 75 (t/h)
(-)CI	R\$ 2.707.759,65	R\$ 3.423.338,17
(=) Resultado financeiro médio	R\$ 1.972.406,47	R\$ 3.138.406,30
Payback (anos)	1,4	1,1

Por meio do cálculo do *payback* pode-se analisar que a usina de médio porte possui um período de retorno de investimento de 1,1 anos, enquanto a de pequeno porte possui um período de 1,4 anos. Conforme ocorreu nos outros cenários simulados, essa diferença também pode ser explicada pela maior capacidade de produção da usina de médio porte, que propicia melhor resultado financeiro.

Analisando o *payback*, pode-se presumir que o melhor cenário para implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD, considerando os dois portes, seja o cenário 3.

O cenário 1 foi desenvolvido para analisar financeiramente caso não houvesse receitas sobre o recebimento de RCD, e apresentou resultados menos interessantes.

Comparando as simulações realizadas dos cenários 1 e 2, pode-se destacar que o cenário 2, o qual a operação das usinas foi considerada em 50% da capacidade, obteve melhores resultados de período de retorno de investimento, *payback*.

As usinas de médio porte, em todas as simulações de cenários, apresentaram valores de *payback* mais atraentes, pois esse indicativo mostra que esse porte de usina recupera mais rapidamente o custo de investimento. Esse resultado corrobora com os resultados obtidos nas outras etapas e mostra que mesmo com um investimento maior e custos de operação e manutenção mais elevados, a maior receita promove vantagens financeiras (maior resultado financeiro e menor *payback*), em relação à usina de pequeno porte.

Cabe observar as diferenças entre as porcentagens que representam as diferenças entre os custo de implantação (CI) das usinas de reciclagem de pequeno (50 t/h) e médio porte e comparar com as porcentagens que representam as diferenças entre os resultados financeiros médios das usinas, Tabela 69.

Tabela 69 - Comparativo entre as porcentagens dos CI e resultados financeiros médios.

Cenário	Porte das usinas	Custo de implantação	Diferenças entre os CI	Resultado financeiro médio	Diferenças entre os resultados financeiros médios
Cenário 1	Pequeno (50 t/h)	R\$ 2.707.759,65	26,43%	R\$ 575.606,47	81,2%
	Médio (75 t/h)	R\$ 3.423.338,17		R\$ 1.043.206,30	
Cenário 2	Pequeno (50 t/h)	R\$ 2.707.759,65	26,43%	R\$ 675.401,28	69%
	Médio (75 t/h)	R\$ 3.423.338,17		R\$ 1.141.203,57	
Cenário 3	Pequeno (50 t/h)	R\$ 2.707.759,65	26,43%	R\$ 1.972.406,47	59,1%
	Médio (75 t/h)	R\$ 1.043.206,30		R\$ 3.138.406,30	

Com os dados apresentados na Tabela 69 pode ser analisado que a diferença, em porcentagem, entre os custos de implantação das usinas de pequeno e de médio porte são pequenas quando comparadas as diferenças, em porcentagem, entre os resultados financeiros médio para os 10 anos de operação. Esse comparativo indica que é mais vantajoso a implantação de usinas de reciclagem de RCD de maior porte, pois elas acarretam um resultado financeiro médio até 81,2% (cenário 1) superior à usina de menor porte. Para o cenário 2, calculou-se uma diferença de 69% entre os resultados financeiros médios das usinas, e no cenário 3, 59,1%.

4.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE PRINCIPAIS FATORES INFLUENCIADORES NO ASPECTO FINANCEIRO

Assim, com todos os cálculos desenvolvidos, pode-se analisar que a capacidade das usinas de reciclagem de RCD é o fator principal nos aspectos financeiros. Também se pode

analisar que a receita sobre o recebimento de RCD é outro fator que influencia nos aspectos financeiros e no *payback*.

Assim, os mesmos fatores encontrados no desenvolvimento das simulações dos cenários como influenciadores sobre os aspectos financeiros de usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte foram encontrados nos cálculos desse indicativo (*payback*).

Ressalta-se que os principais fatores influenciadores em aspectos financeiros de implantação e operação das usinas de reciclagem de RCD são o recebimento dos resíduos e a venda de AR. Sem que haja essas atividades envolvidas as usinas, em nenhum dos cenários, não conseguem atingir resultados financeiros favoráveis. Com a análise da operação de usinas em funcionamento, foi possível identificar que esses dois dos fatores dependem de incentivos públicos. Logo, a gestão de RCD nos municípios surge como mais um dos fatores importantes na viabilidade financeira de usinas de reciclagem, pois essa ação pode garantir que a usina receberá o RCD gerado em cada município. O registro e a fiscalização por parte das prefeituras aos caçambeiros pode minimizar a ocorrência de empresas clandestinas que eventualmente possam desviar as cargas de RCD para áreas de descarte indevido. O poder público deve também, criar PEVs com o intuito de arrecadar maior quantidade de RCD gerado nos municípios pelos pequenos geradores e encaminhá-los até as usinas de reciclagem de RCD. A educação ambiental sobre os problemas ocasionados pelo descarte inapropriado de RCD é uma ação que promove o funcionamento das PEVs com maior eficiência.

Além disso, a questão do mercado de AR depende novamente das prefeituras e o poder público, pois a utilização de AR em suas obras, principalmente de pavimentação que podem absorver grande quantidade do AR que é produzido pelas usinas de reciclagem. Cabe ressaltar que a Lei nº 12.305/2010 estabelece que o governo deve priorizar aquisições e contratações de produtos reciclados, porém, nas cidades estudadas, isso não ocorre. Todas essas necessidades também foram abordadas na pesquisa de Tam e Tam (2006), que também entrevistaram responsáveis por usinas de reciclagem de RCD. Para eles o incentivo público deve priorizar o consumo de material reciclado, além de ofertar terrenos desocupados para implantação de usinas e criar pontos de entrega voluntária. Além disso, conforme já discutido, a normatização em busca de AR de melhor qualidade e menor variabilidade nas características, podem colaborar com maior aceitação do AR no mercado e maior aplicabilidade.

5 CONCLUSÃO

Com o intuito de determinar e analisar principais fatores que influenciam aspectos financeiros para implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte foi desenvolvido esse trabalho.

Por meio da identificação dos principais custos e benefícios financeiros envolvidos nas usinas de reciclagem de RCD conclui-se que para um período de 10 anos, os CO representam 68% dos custos da usina de pequeno porte e 67% da usina de médio porte. O CI apresentou 30% dos custos da usina de pequeno porte e 31% da usina de médio porte. O CM representou 2% dos custos em ambos os portes de usinas. O custo de aquisição de terreno (Ct), apresentou valor com maior representatividade entre os custos de implantação, sendo 48% na usina de pequeno porte e 49,7% na usina de médio porte. Entre os custos de operação (CO), o custo de mão-de-obra (Cmo) apresentou maior representatividade, 54% nas usinas de pequeno porte e 45% nas usinas de médio porte.

Por meio da simulação dos diferentes cenários de implantação e operação de usinas de reciclagem RCD para análise financeira, conclui-se que o melhor cenário simulado é o cenário 3, o qual possui receita sobre o recebimento de RCD e produção de 100% da sua capacidade. Em seguida o cenário 2, que considerou receita sobre o recebimento de RCD e produção de 50% da capacidade, mostrou-se como segundo melhor cenário. E o cenário 1, que simula a receita nula para recebimento de RCD e produção de 100% da capacidade, apresentou resultados financeiros menos atrativos.

Por meio do cálculo para estimar o período de retorno de investimento (*payback*) das simulações realizadas, conclui-se que, o melhor resultado apresentou um *payback* de 1,1 anos, sendo que esse resultado foi obtido pelos resultados financeiros da usina de médio porte (75 t/h) na simulação do cenário 3, e 1,4 anos para a usina de pequeno porte (50 t/h) no mesmo cenário. O cenário 1 apresentou período de retorno de investimento mais longos, sendo eles de 4,7 e 3,3 anos para usinas de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte, respectivamente. O cenário 2 apresentou valores intermediários de *payback* de 4 anos para usina de pequeno porte (50 t/h) e 3 anos para usina de médio porte (75 t/h).

A análise financeira indica que a usina de médio porte (75 t/h) apresentou melhor resultado financeiro e menor período de retorno de investimento em todos os cenários, assim,

pode-se observar que entre as capacidades de produção e sobre as condições estudadas, a maior delas (75 t/h), é a melhor opção no ponto de vista financeiro.

Além disso, comparando as diferenças, em porcentagem, entre os custos de implantação das usinas de pequeno e de médio porte e as diferenças, em porcentagem, entre os resultados financeiros médio para os 10 anos de operação, observou-se que a implantação de usinas de maior porte é mais vantajoso.

Assim, os resultados obtidos propõem que os principais fatores que influenciam aspectos financeiros na implantação e operação das usinas de reciclagem de RCD são:

- a) Capacidade de produção;
- b) Tarifas e obtenção de receitas para o recebimento de RCD pelas usinas;
- c) Quantidade de RCD recebido pelas usinas;
- d) Venda de AR (normatização e qualidade);
- e) Gestão pública de RCD;
- f) Mercado para AR.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho foi elaborado com o intuito de determinar e analisar os principais fatores que influenciam em aspectos financeiros para implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD de pequeno (50 t/h) e médio (75 t/h) porte.

Com o método de pesquisa proposta e os resultados obtidos, pode-se dizer que há possibilidade de aprimoramento para determinar e analisar esses fatores.

Sugere-se, visto que o custo de aquisição de terreno apresentou grande parcela do custo de implantação, considerar o aluguel de terreno para a implantação de usinas de reciclagem de RCD, tornando esse o custo de operação.

Sugere-se determinar e analisar os principais fatores que influenciam em aspectos financeiros para implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD de capacidades de produção diferentes às quais foram abordadas.

Sugere-se o desenvolvimento de novos cenários, incluindo a ausência de receita sobre a venda de AR. Podendo esse material ser doado, ou ainda, ser utilizado por uma empresa

conjunta à usina de reciclagem de RCD no desenvolvimento de artefatos de concreto (blocos não estruturais, mobiliário urbano, calçadas e etc.).

Sugere-se investigar fatores em relação a qualidade dos AR produzidos nas usinas de reciclagem de RCD e analisar como estes podem influenciar em aspectos financeiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013**. 120 p. 2014.

AGRELA, F.; SÁNCHEZ, M. J.; GERALDES, V. L.; JIMÉNEZ, J. R. Limiting properties in the characterisation of mixed recycled aggregates for use in the manufacture of concrete. **Construction and Building Materials**, v. 25, n. 10, p. 3950-3955, 2011.

AJAYI, S. O.; OYEDELE, L. O.; BILAL, M.; AKINADE, O. O.; ALAKA, H. A.; OWOLABI, A. H.; KADIRI, K. O. Waste effectiveness of the construction industry: Understanding the impediments and requisites for improvement. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 102, p. 101-112, 20145.

AL-HAJJ, A.; HAMANI, K. Material waste in the UAE construction Industry: Main causes and minimization practices. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 7, n. 4, p. 221-235, 2011.

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2001. 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 11.174**: Armazenamento de resíduos-classe II- não inertes e classe III-inertes. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 12.235**: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 13.221**: Transporte terrestre de resíduos. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15.112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos- Área de transbordo e triagem-Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15.113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15.114**: Resíduos sólidos da construção civil –Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15.115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT **NBR 15.116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Rio de Janeiro, 2004e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT **NBR 15873**: coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010

BAHERA, M.; BHATTACHARYYA, S. K.; MINOCHA, A. K.; DEOLIYA, .; MAITI, S. Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete—A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review. **Construction and building materials**, v. 68, p. 501-516, 2014.

BAKSHAN, A.; SROUR, I.; CHEHAB, G.; EL-FADEL, M. A field based methodology for estimating waste generation rates at various stages of construction projects. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 100, p. 70-80, 2015.

BARROS, R. T. de V. Elementos de gestão de resíduos sólidos. **Belo Horizonte: Tessitura**, 2012.

BENETTI, J. K. Avaliação do módulo de elasticidade dinâmico de concreto produzido com agregado graúdo reciclado de concreto. 2012. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS, 2012.

BERNARDES, A.; Thomé, A.; PRIETTO, P. D. M.; ABREU, A. G. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 3, p. 65-76, 2008.

BLENGINI, G. A.; GARBARINO, E. Resources and waste management in Turin (Italy): the role of recycled aggregates in the sustainable supply mix. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 10, p. 1021-1030, 2010.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305/2010, 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. Diário Oficial da União, Brasília, 2 ago. 2010a.

BRASIL. Lei 10.522 de 24 de agosto de 2012. Institui o sistema de gestão sustentável de resíduos da construção civil e resíduos volumosos - SGRCC - e o plano municipal de gerenciamento integrado de resíduos da construção civil e resíduos volumosos - PMRCC, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Belo Horizonte, 24 ago. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, 05 jul. 2002.

BRASIL. Conselho Nacional do MeioAmbiente. Resolução nº. 348 de 5 de Julho de 2002. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Diário Oficial da República. Brasília/DF, 2004.

BRAVO, M.; BRITO de J.; PONTES, J.; EVANGELISTA, L.. Mechanical performance of concrete made with aggregates from construction and demolition waste recycling plants. **Journal of Cleaner Production**, v. 99, p. 59-74, 2015.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R.; SIQUEIRA, J. O. Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do método de Monte Carlo. **Caderno de pesquisas em Administração**, v. 1, n. 6, p. 62-74, 1998.

CACHIM, P.; VELOSA, A. L.; FERRAZ, E. Substitution materials sustainable concrete production Portugal. **Journal of Civil Engineering**, v.18, n. 1, p. 60 -66, 2014.

CARNEIRO, A. P.; BURGOS, P. C.; ALBERTE, E. P. V. Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos. In: **Reciclagem de Entulho para Produção de Materiais de Construção**: projeto entulho bom. Salvador: EDUFBA, 2001, p.188-227.

COELHO, A.; DE BRITO, J. Generation of construction and demolition waste in Portugal. **Waste Management & Research**, v. 29, n. 7, p. 739-750, 2011.

COELHO, A.; BRITO, J. Environmental analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal–Part II: environmental sensitivity analysis. **Waste Management**, v. 33, n. 1, p. 147-161, 2012.

COELHO, A.; BRITO, J. Environmental analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal–Part I: energy consumption and CO₂ emissions. **Waste management**, v. 33, n. 5, p. 1258-1267, 2013a.

COELHO, A.; BRITO, J. Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal–part I: location, materials, technology and economic analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 338-352, 2013b.

COSTA, N. ; JÚNIOR, N. C.; LUNA, M.; SELIG, P.; ROCHA, J. Planejamento de programas de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: uma análise multivariada. **Engenharia Sanitaria Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 446-456, 2007.

DIAS, M. F. **Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras residenciais verticais**. 2013. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS, 2013.

DING, T.; XIAO, J. Estimation of building-related construction and demolition waste in Shanghai. **Waste Management**, v. 34, n. 11, p. 2327-2334, 2014.

DIRECTIVE 2008/98/EC, de 18 de Novembro de 2008. Waste Framework directive. Brussels, Belgium.

FAGURY, S. C.; GRANDE, F. Mo. Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)– aspectos gerais da gestão pública de São Carlos/SP. **Exacta**, v. 5, n. 1, 2008.

FORMOSO, C. T.; SOIBELMAN, L.; CESARE, C.; ISATTO, E. L. Material waste in building industry: main causes and prevention. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 1298, n. 4, p. 316-326, 2002.

GRABASCK, J. **Aspectos e impactos ambientais decorrentes da extração de agregado natural e produção de agregado reciclado: estudo de caso no RS**. 2016. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS, 2016.

HEINECK, S. **Desempenho de argamassas de revestimento com incorporação da fração miúda da britagem de concreto**. 2012. 132. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS, 2012.

HUANG, W. L.; LIN, D. H.; CHANG, N. B.; LIN, K. S.; Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 37, n. 1, p. 23-37, 2002.

JADOVSKI, I. **Diretrizes Técnicas e Econômicas para Usinas de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição**. 2005. 180f. Tese (Mestrado Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2001.

JIMÉNEZ, J. R.; AYUSO, J.; FERNÁNDEZ, J. M.; BRITO, J. Use of fine recycled aggregates from ceramic waste in masonry mortar manufacturing. **Construction and Building Materials**, v. 40, p. 679-690, 2013.

JINGKUANG, L.; YOUSONG, W.; YIYONG, L. A Model for Quantification of Construction Waste in New Residential Buildings in Pearl River Delta of China. **The Open Construction and Building Technology Journal**, v. 6, p. 398-403, 2012.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: **SEMINÁRIO RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES**, 2000, São Paulo. Anais eletrônico... São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2000. Disponível em: <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/CETESB.pdf>>. Acesso em: 8 de set. de 2015.

JOHN, V. M.; ZORDAN, S. E. Research & development methodology for recycling residues as building materials—a proposal. **Waste Management**, v. 21, n. 3, p. 213-219, 2001.

JOHN, V. M.; ANGULO, S. C. Metodologia para desenvolvimento de reciclagem de resíduos. **Coletânea Habitare**, v. 4, p. 8-71, 2003. Disponível em: <<http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/126.pdf>>. Acesso em: 18 de nov. de 2015.

KARPINSKI, L.A.; MICHEL, P. D. L.; MACULAN, L. S.; GUIMARÃES, J.; SAÚGO, A. **Poposta de gestão de resíduos da construção civil para o município de Passo Fundo-RS**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 2008.

LEDESMA, E. F.; JIMÉNEZ, J. R.; AYUSO, J.; FERNÁNDEZ, J. M.; BRITO, J. Maximum feasible use of recycled sand from construction and demolition waste for eco-mortar production–Part-I: ceramic masonry waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 87, p. 692-706, 2015.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. 270 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do RioGrande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LIMA, J. D.; SCHEITT, L. C.; BOSCHI, T. F.; SILVA, N. J.; MEIRA, A. A.; DIAS, G. H. Proposals of adjustment for the payback calculation of funded investment projects. **Custos e agronegócios**, v. 85, p. 390, 2013.

MANOWONG, E. Investigating factors influencing construction waste management efforts in developing countries: an experience from Thailand. **Waste Management**, v. 30, n. 1, p. 56-71, 2012.

MELO, A. B.; GONCALVES, A. F.; MARTINS, I. M. Construction and demolition waste generation and management in Lisbon (Portugal). **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 12, p. 1252-1264, 2011.

MELO, L. A.; SAUTTER, K. D.; JANISSEK, P. R. Estudo de cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba. **Eng Sanit Ambient**, v. 14, n. 4, p. 551-558, 2009.

MERCADER-MOYANO, P.; RAMÍREZ-DE-ARELLANO-AGUDO, A. Selective classification and quantification model of C&D waste from material resources consumed in residential building construction. **Waste Management & Research**, v. 31, p. 31-36, 2013.

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, É. Di. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 1, p. 57-71, 2009.

MIRANDA, L. F. R. **Inovações tecnológicas para a triagem de RCD**. In: Seminário Nacional de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. ABRECON, 2015.

MIRANDA, L. R. F., TORRES, L., VOGT, V., BROCARDO, F. L. M., BARTOLI, H. **Panorama atual do setor de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. ENTAC, 2016.

MOYANO, P. M.; AGUDO, A. R. Selective classification and quantification model of C&D waste from material resources consumed in residential building construction. **Waste Management & Research**, v. 31, 458-474, 2013.

NUNES, K. R. A.; MAHLERB, C. F.; VALLEA, R.; NEVES, C. Evaluation of investments in recycling centres for construction and demolition wastes in Brazilian municipalities. **Waste Management**, v. 27, n. 11, p. 1531-1540, 2007.

OLIVEIRA, M. E. D.; SALES, R.L J. M.; OLIVEIRA, L. A. SI.; CABRAL, A. E. B. Diagnóstico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE. **Eng Sanit Ambient**, v. 16, n. 3, p. 219-224, 2011.

PASCHOALIN, J. A., FARIA, A. C., PIRES, G. W. M. O., LIMA DUARTE, E. B. Investimentos em Ativos Imobilizados para Instalação de Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil de Médio Porte na Zona Leste de São Paulo. **Desenvolvimento em Questão**, v. 14, n. 36, p. 320-351, 2016.

PAZ, M. C. P.; PAZ, R. J. **O descarte de resíduos da construção e demolição (RCD) no município de João Pessoa-PB: implicações ao meio ambiente e à saúde pública.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE. Anais Eletrônicos...João Pessoa, PB, 2013. Disponível em: <<http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2013/trabalhos/pdf/congestas2013-et-03-037.pdf>>. Acesso em 10 nov. 2015.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 199 f. Tese (Doutorado)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

RAHMAN, M. A.; IMTEAZ, M.; ARULRAJAH, A.; DISFANI, M. M. Suitability of recycled construction and demolition aggregates as alternative pipe backfilling materials. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, p. 75-84, 2014.

RODRÍGUEZ, G.; MEDINA, C.; ALEGRE, F. J.; ASENSIO, E.; ROJAS, M. I. S. Assessment of Construction and Demolition Waste plant management in Spain: in pursuit of sustainability and eco-efficiency. **Journal of Cleaner Production**, v. 90, p. 16-24, 2015.

SÁEZ, P. V.; MERINO, M. D. R.; PORRAS-AMORES, C.; GONZÁLEZ, A. S. A. Assessing the accumulation of construction waste generation during residential building construction works. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 93, p. 67-74, 2014.

SÁEZ, P. V.; PORRAS-AMORES, C.; DEL RÍO MERINO, M. New quantification proposal for construction waste generation in new residential constructions. **Journal of Cleaner Production**, v. 102, n. 8, p. 58-64, 2015.

SAGHAFI, M. D.; TESHNIZI, Z. S. H. Recycling value of building materials in building assessment systems. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 11, p. 3181-3188, 2011.

SANTOS, E. C. G. **Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado**. 2007. 168f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia)-Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2007.

SEADON, J. K. Sustainable waste management systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 16, p. 1639-1651, 2010.

SILVA, C. S. de S. da. **Diagnóstico ambiental de áreas de disposição de resíduos da construção e demolição em Porto Alegre**. 2014. 116 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, São Leopoldo, RS, 2014a.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V.; ANDRADE, A. C. DE SOUZA. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente Construído**, v. 4, n. 4, p. 33-46, 2004.

TAM, Vivian WY; TAM, C. M. Evaluations of existing waste recycling methods: a Hong Kong study. **Building and Environment**, v. 41, n. 12, p. 1649-1660, 2006.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 2, p. 121-130, 2012.

VEFAGO, L. H. M.; AVELLANEDA, J. Recycling concepts and the index of recyclability for building materials. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 72, p. 127-135, 2013.

WERLE, A. P.; KAZMIERCZAK, C. S.; KULAKOWSKI, M. P. Carbonatação em concretos com agregados reciclados de concreto. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 2, p. 213-228, 2011.

APÊNDICES

Aspectos financeiros:

- A. Recebimento de RCD
- B. Venda de AR
- C. Receita bruta
- D. ICMS
- E. IPI/COFINS
- F. Impostos
- G. Custo de operação (CO)
- H. Custo de manutenção (CM)
- I. Despesa bruta
- J. Custo de implantação (CI)
- K. Resultado financeiro
- L. Resultado financeiro médio dos 10 anos de operação

Usina de reciclagem de RCD de pequeno porte (50 t/h): Cenário 1											
Aspectos financeiros	Ano 0	80% Ano 1	90% Ano 2	100% Ano 3	100% Ano 4	100% Ano 5	100% Ano 6	100% Ano 7	100% Ano 8	100% Ano 9	100% Ano 10
A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,00	1.242.000,00	1.397.250,00	1.552.500,00	1.552.500,00	1.552.500,00	1.552.500,00	1.552.500,00	1.552.500,00	1.552.500,00	1.552.500,00
C	0,00	1.242.000,00	1.397.250,00	1.552.500,00							
D	0,00	211.140,00	237.532,50	263.925,00	263.925,00	263.925,00	263.925,00	263.925,00	263.925,00	263.925,00	263.925,00
E	0,00	43.470,00	48.903,75	54.337,50	54.337,50	54.337,50	54.337,50	54.337,50	54.337,50	54.337,50	54.337,50
F	0,00	254.610,00	286.436,25	318.262,50	318.262,50	318.262,50	318.262,50	318.262,50	318.262,50	318.262,50	318.262,50
G	0,00	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88
H	0,00	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03
I	0,00	876.213,91	908.040,16	939.866,41							
J	2.707.759,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	-2.707.759,65	365.786,09	489.209,84	612.633,59							
L											575.606,47

- Valores em reais (R\$).

Usina de reciclagem de RCD de médio porte (75 t/h): Cenário 1											
Aspectos financeiros		80%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,00	1.863.000,00	2.095.875,00	2.328.750,00	2.328.750,00	2.328.750,00	2.328.750,00	2.328.750,00	2.328.750,00	2.328.750,00	2.328.750,00
C	0,00	1.863.000,00	2.095.875,00	2.328.750,00							
D	0,00	316.710,00	356.298,75	395.887,50	395.887,50	395.887,50	395.887,50	395.887,50	395.887,50	395.887,50	395.887,50
E	0,00	65.205,00	73.355,63	81.506,25	81.506,25	81.506,25	81.506,25	81.506,25	81.506,25	81.506,25	81.506,25
F	0,00	381.915,00	429.654,38	477.393,75	477.393,75	477.393,75	477.393,75	477.393,75	477.393,75	477.393,75	477.393,75
G	0,00	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67
H	0,00	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59
I	0,00	1.134.524,26	1.182.263,64	1.230.003,01							
J	3.423.338,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	-3.423.338,17	728.475,74	913.611,37	1.098.746,99							
L											1.043.206,30

- Valores em reais (R\$).

Usina de reciclagem de RCD de pequeno porte (50 t/h): Cenário 2											
Aspectos financeiros		80%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
A	0,00	576.000,00	648.000,00	720.000,00	720.000,00	720.000,00	720.000,00	720.000,00	720.000,00	720.000,00	720.000,00
B	0,00	621.000,00	698.625,00	776.250,00	776.250,00	776.250,00	776.250,00	776.250,00	776.250,00	776.250,00	776.250,00
C	0,00	1.197.000,00	1.346.625,00	1.496.250,00							
D	0,00	105.570,00	118.766,25	131.962,50	131.962,50	131.962,50	131.962,50	131.962,50	131.962,50	131.962,50	131.962,50
E	0,00	21.735,00	24.451,88	27.168,75	27.168,75	27.168,75	27.168,75	27.168,75	27.168,75	27.168,75	27.168,75
F	0,00	127.305,00	143.218,13	159.131,25	159.131,25	159.131,25	159.131,25	159.131,25	159.131,25	159.131,25	159.131,25
G	0,00	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88
H	0,00	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03
I	0,00	748.908,91	764.822,04	780.735,16							
J	2.707.759,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	-2.707.759,65	448.091,09	581.802,97	715.514,84							
L											675.401,28

- Valores em reais (R\$).

Usina de reciclagem de RCD de médio porte (75 t/h): Cenário 2											
Aspectos financeiros		80%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
A	0,00	864.000,00	972.000,00	1.080.000,00	1.080.000,00	1.080.000,00	1.080.000,00	1.080.000,00	1.080.000,00	1.080.000,00	1.080.000,00
B	0,00	931.500,00	1.047.937,50	1.164.375,00	1.164.375,00	1.164.375,00	1.164.375,00	1.164.375,00	1.164.375,00	1.164.375,00	1.164.375,00
C	0,00	1.795.500,00	2.019.937,50	2.244.375,00							
D	0,00	158.355,00	178.149,38	197.943,75	197.943,75	197.943,75	197.943,75	197.943,75	197.943,75	197.943,75	197.943,75
E	0,00	32.602,50	36.677,81	40.753,13	40.753,13	40.753,13	40.753,13	40.753,13	40.753,13	40.753,13	40.753,13
F	0,00	190.957,50	214.827,19	238.696,88	238.696,88	238.696,88	238.696,88	238.696,88	238.696,88	238.696,88	238.696,88
G	0,00	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67
H	0,00	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59
I	0,00	943.566,76	1.484.385,93	991.306,14							
J	3.423.338,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	-3.423.338,17	851.933,24	535.551,57	1.253.068,87							
L											1.141.203,57

- Valores em reais (R\$).

Usina de reciclagem de RCD de pequeno porte (50 t/h): Cenário 3											
Aspectos financeiros		80%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
A	0,00	1.152.000,00	1.296.000,00	1.440.000,00	1.440.000,00	1.440.000,00	1.440.000,00	1.440.000,00	1.440.000,00	1.440.000,00	1.440.000,00
B	0,00	1.242.000,00	1.397.250,00	1.552.500,00	1.552.500,00	1.552.500,00	1.552.500,00	1.552.500,00	1.552.500,00	1.552.500,00	1.552.500,00
C	0,00	2.394.000,00	2.693.250,00	2.992.500,00							
D	0,00	211.140,00	237.532,50	263.925,00	263.925,00	263.925,00	263.925,00	263.925,00	263.925,00	263.925,00	263.925,00
E	0,00	43.470,00	48.903,75	54.337,50	54.337,50	54.337,50	54.337,50	54.337,50	54.337,50	54.337,50	54.337,50
F	0,00	254.610,00	286.436,25	318.262,50	318.262,50	318.262,50	318.262,50	318.262,50	318.262,50	318.262,50	318.262,50
G	0,00	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88	603.711,88
H	0,00	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03	17.892,03
I	0,00	876.213,91	908.040,16	939.866,41							
J	2.707.759,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	-2.707.759,65	1.517.786,09	1.785.209,84	2.052.633,59							
L											1.972.406,47

- Valores em reais (R\$).

Usina de reciclagem de RCD de médio porte (75 t/h): Cenário 3											
Aspectos financeiros		80%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
A	0,00	1.728.000,00	1.944.000,00	2.160.000,00	2.160.000,00	2.160.000,00	2.160.000,00	2.160.000,00	2.160.000,00	2.160.000,00	2.160.000,00
B	0,00	1.863.000,00	2.095.875,00	2.328.750,00	2.328.750,00	2.328.750,00	2.328.750,00	2.328.750,00	2.328.750,00	2.328.750,00	2.328.750,00
C	0,00	3.591.000,00	4.039.875,00	4.488.750,00							
D	0,00	316.710,00	356.298,75	395.887,50	395.887,50	395.887,50	395.887,50	395.887,50	395.887,50	395.887,50	395.887,50
E	0,00	65.205,00	73.355,63	81.506,25	81.506,25	81.506,25	81.506,25	81.506,25	81.506,25	81.506,25	81.506,25
F	0,00	381.915,00	429.654,38	477.393,75	477.393,75	477.393,75	477.393,75	477.393,75	477.393,75	477.393,75	477.393,75
G	0,00	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67	731.776,67
H	0,00	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59	20.832,59
I	0,00	1.134.524,26	1.182.263,64	1.230.003,01							
J	3.423.338,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	-3.423.338,17	2.456.475,74	2.857.611,37	3.258.746,99							
L											3.138.406,30

- Valores em reais (R\$).

ANEXO A

PREÇO DE VENDA DE ÁREA DE TERRA EM nOVO HAMBURGO: INFORMAÇÕES DISPONIBILIZADAS POR EMPRESA DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS

CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA

DADOS		VARIÁVEIS	
Total da Amostra	: 792	Total	: 14
Utilizados	: 745	Utilizadas	: 13
Outlier	: 34	Grau Liberdade	: 732

MODELO LINEAR DE REGRESSÃO – Escala da Variável Dependente: ln(y)

COEFICIENTES		VARIÇÃO	
Correlação	: 0,92318	Total	: 412,05845
Determinação	: 0,85225	Residual	: 60,88067
Ajustado	: 0,84983	Desvio Padrão	: 0,28839

F-SNEDECOR		D-WATSON	
F-Calculado	: 351,86610	D-Calculado	: 2,00871
Significância	: < 0,01000	Resultado Teste	: Não auto-regressão 90%

NORMALIDADE			
Intervalo	Classe	% Padrão	% Modelo
-1	a 1	68	67
-1,64	a +1,64	90	88
-1,96	a +1,96	95	95

MODELO UTILIZADO NA ESTIMATIVA DE VALOR (Moda)

$$Y = 4856,610227 * X_1^{-0,341737} * X_2^{0,270101} * 2,718^{(0,095090 * X_3)} * 2,718^{(0,203257 * X_4)} * 2,718^{(0,547764 * X_5)} * 2,718^{(0,235137 * X_6)} * 2,718^{(-0,302609 * X_7)} * X_8^{0,495646} * 2,718^{(0,069862 * X_9)} * 2,718^{(0,392162 * X_{10})} * 2,718^{(-394,626103 * 1/X_{11})} * 2,718^{(0,068566 * X_{12})}$$

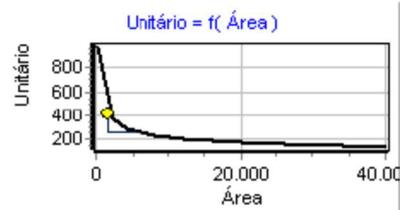
MODELO DE ESTIMATIVA – PRINCIPAIS INDICADORES

AMOSTRA		MODELO	
Média	: 616,47	Coefic. Aderência	: 0,85282
Varição Total	: 206501482,85	Varição Residual	: 30392754,82
Variância	: 277183,20	Variância	: 41520,16
Desvio Padrão	: 526,48	Desvio Padrão	: 203,76

DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS

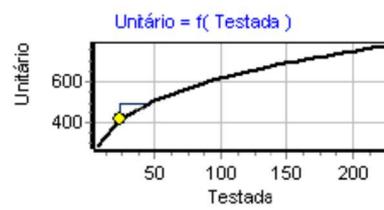
X₁ Área

área do terreno em m²
Tipo: Quantitativa
Amplitude: 122,50 a 39887,90
Impacto esperado na dependente: Negativo
10% da amplitude na média: -36,00 % na estimativa



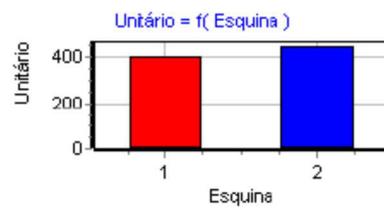
X₂ Testada

frente principal em metros
Tipo: Quantitativa
Amplitude: 6,50 a 223,72
Impacto esperado na dependente: Positivo
10% da amplitude na média: 19,30 % na estimativa



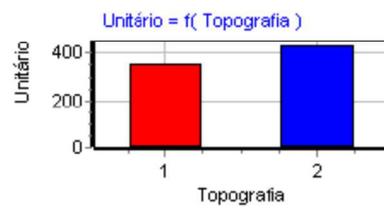
X₃ Esquina

1 = meio de quadra
2 = esquina
Tipo: Dicotômica Isolada
Amplitude: 1 a 2,00
Impacto esperado na dependente: Positivo
Diferença entre extremos: 9,98 % na estimativa
Micronumerosidade: atendida.



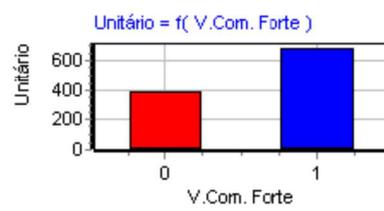
X₄ Topografia

1 = declive ou acíve
2 = plano
Tipo: Dicotômica Isolada
Amplitude: 1 a 2,00
Impacto esperado na dependente: Positivo
Diferença entre extremos: 22,50 % na estimativa
Micronumerosidade: atendida.



X₅ V.Com. Forte

Dicotômica de Grupo
1 - 0 - 0 = Vocação comercial forte (trechos da Nações Unidas, Primeiro de Março, Bento Gonçalves, Joaquim Nabuco, Marcílio Dias, Maurício Cardoso)
0 - 1 - 0 = Vocação comercial
0 - 0 - 1 = Vocação residencial ou industrial
0 - 0 - 0 = Vocação mista (paradigma
Tipo: Dicotômica Grupo: Vocação
Amplitude: 0 a 1
Impacto esperado na dependente: Positivo
Diferença entre extremos: 72,90 % na estimativa
Micronumerosidade: atendida.



X₆ V. Com.

Dicotômica de Grupo

1 - 0 - 0 = Vocação comercial forte (trechos da Nações Unidas, Primeiro de Março, Bento Gonçalves, Joaquim Nabuco, Marcílio Dias, Maurício Cardoso)

0 - 1 - 0 = Vocação comercial

0 - 0 - 1 = Vocação residencial ou industrial

0 - 0 - 0 = Vocação mista (paradigma)

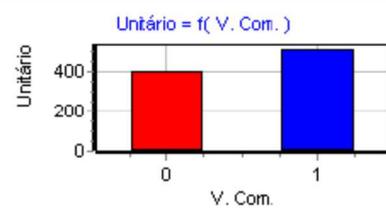
Tipo: Dicotômica Grupo: Vocação

Amplitude: 0 a 1

Impacto esperado na dependente: Positivo

Diferença entre extremos: 26,50 % na estimativa

Micronumerosidade: atendida.

**X₇ V. Resid/Ind.**

Dicotômica de Grupo

1 - 0 - 0 = Vocação comercial forte (trechos da Nações Unidas, Primeiro de Março, Bento Gonçalves, Joaquim Nabuco, Marcílio Dias, Maurício Cardoso)

0 - 1 - 0 = Vocação comercial

0 - 0 - 1 = Vocação residencial ou industrial

0 - 0 - 0 = Vocação mista (paradigma)

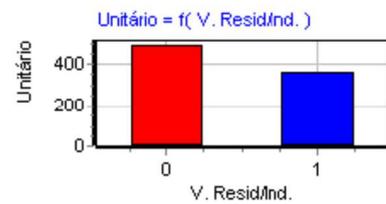
Tipo: Dicotômica Grupo: Vocação

Amplitude: 0 a 1

Impacto esperado na dependente: Negativo

Diferença entre extremos: -26,10 % na estimativa

Micronumerosidade: atendida.

**X₈ Padrão**

Padrão das edificações vizinhas

1 = baixo/industrial

2 = normal/baixo

3 = normal

4 = normal/alto

5 = luxo

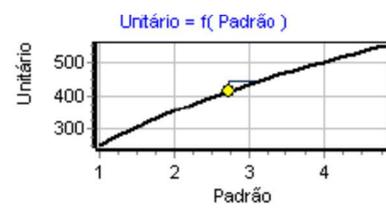
Tipo: Código Alocado

Amplitude: 1 a 5,00

Impacto esperado na dependente: Positivo

10% da amplitude na m dia: 7,01 % na estimativa

Micronumerosidade: atendida.

**X₉ IA**

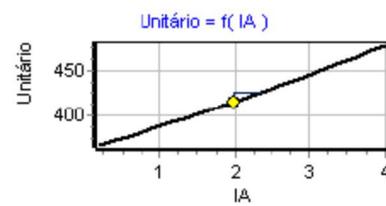
 ndice de aproveitamento, conforme plano diretor

Tipo: Quantitativa

Amplitude: 0,2 a 4,00

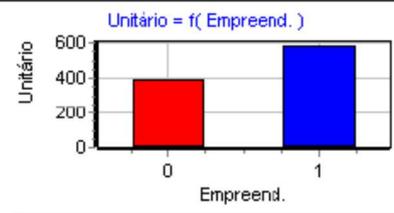
Impacto esperado na dependente: Positivo

10% da amplitude na m dia: 2,69 % na estimativa



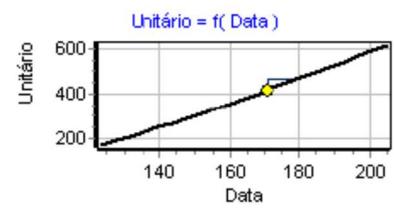
X₁₀ Empreend.

0 = terreno sem vocação para empreendimentos
1 = terreno com vocação para empreendimentos
Tipo: Dicotômica Isolada
Amplitude: 0 a 1
Impacto esperado na dependente: Positivo
Diferença entre extremos: 48,00 % na estimativa
Micronumerosidade: atendida.



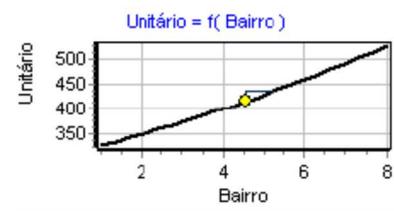
X₁₁ Data

data histórica
194 = março / 2016
Tipo: Quantitativa
Amplitude: 123,00 a 205,00
Impacto esperado na dependente: Positivo
10% da amplitude na média: 11,20 % na estimativa



X₁₂ Bairro

Tipo: Código Alocado
Amplitude: 1 a 8,00
Impacto esperado na dependente: Positivo
10% da amplitude na média: 4,92 % na estimativa
Micronumerosidade: atendida.



* NH/LG

0 = região de lomba grande
1 = região de novo hamburgo
Tipo: Dicotômica Isolada
Amplitude: 1 a 1
Impacto esperado na dependente: Positivo

Micronumerosidade: atendida.

Y Unitário

Valor unitário do terreno (R\$/m²)
Tipo: Dependente
Amplitude: 62,68 a 3761,57

Micronumerosidade para o modelo: atendida.

PARÂMETROS DE ANÁLISE DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES

VARIÁVEL	Escala Linear	T-Student Calculado	Significância (Soma das Caudas)	Determ. Ajustado (Padrão = 0,84983)
X ₁ Área	ln(x)	-15,5573	0,01	0,80045
X ₂ Testada	ln(x)	7,71696	0,01	0,83783
X ₃ Esquina	x	3,48844	0,0573947	0,84754
X ₄ Topografia	x	7,21043	0,01	0,83938
X ₅ V.Com. Forte	x	12,41061	0,01	0,81848
X ₆ V. Com.	x	6,46992	0,01	0,84146
X ₇ V. Resid/Ind.	x	-10,6483	0,01	0,82681
X ₈ Padrão	ln(x)	14,22711	0,01	0,80857
X ₉ IA	x	3,54909	0,0461642	0,84745
X ₁₀ Empreend.	x	11,41637	0,01	0,82333
X ₁₁ Data	1/x	-28,35	0,01	0,68538
X ₁₂ Bairro	x	8,23053	0,01	0,83616

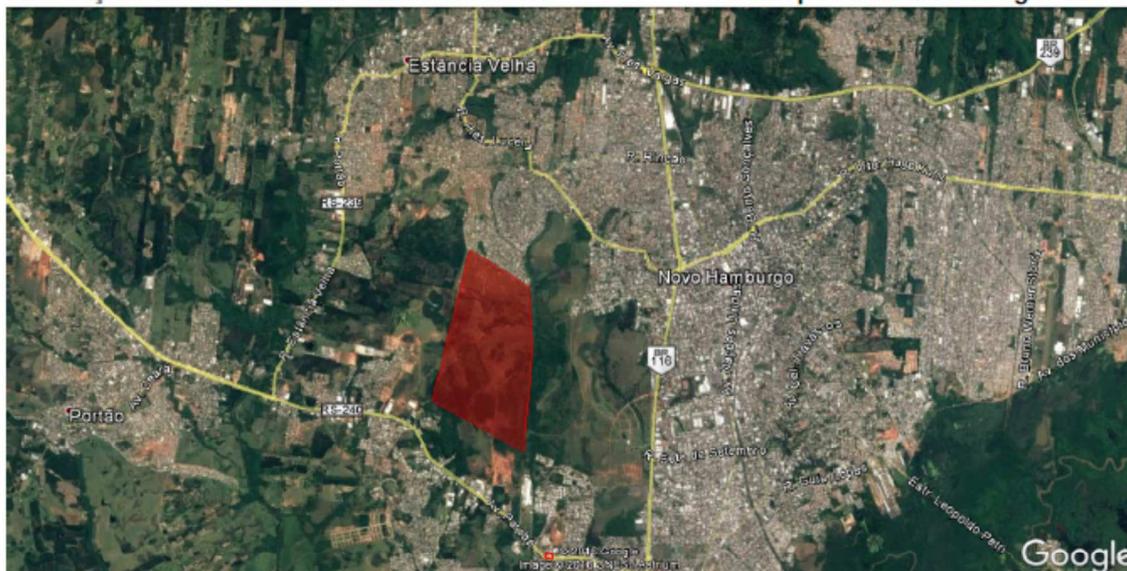
MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS (Valores em percentual)

- MATRIZ SUPERIOR – PARCIAIS
- MATRIZ INFERIOR – ISOLADAS

Variável	Forma Linear	Área	Testada	Esquina	Topografia	V.Com. Forte	V. Com.	V. Resid/Ind.	Padrão	IA	Empreend.	Data	Bairro	Unitário
X ₁	ln(x)		81	9	7	22	10	26	17	7	31	39	12	50
X ₂	ln(x)	84		25	5	13	3	14	8	2	0	18	11	27
X ₃	x	16	31		3	5	8	3	1	0	0	8	3	13
X ₄	x	-6	-2	10		3	2	2	22	2	9	21	2	26
X ₅	x	4	4	10	15		40	10	19	4	11	22	0	42
X ₆	x	5	7	4	13	-13		33	2	3	9	10	7	23
X ₇	x	-9	-9	-16	-21	-34	-44		20	18	13	28	4	37
X ₈	ln(x)	-9	-2	11	1	14	16	-21		8	21	37	34	47
X ₉	x	-16	-10	8	13	27	13	-39	17		10	12	7	13
X ₁₀	x	39	41	19	7	20	8	-22	10	19		27	3	39
X ₁₁	1/x	-18	-18	-7	0	-13	-8	7	1	1	-12		18	72
X ₁₂	x	-6	-1	12	16	32	17	-39	59	33	25	-6		29
Y	ln(y)	-11	4	24	27	47	31	-55	51	40	35	-46	62	

Endereço: Gleba urbana no bairro Boa Saúde

Município: Novo Hamburgo - RS



1. ESCALAS ADOTADAS NA ESTIMATIVA

Característica	Escala Adotada	Justificativa para a Escala Adotada	Extp. (%)	Mínimo Amostra	Máximo Amostra
Área	15.000,00	m ²		122,50	39.887,90
Testada	75,00	m		6,50	223,72
Esquina	1,00	meio de quadra		1,00	2,00
Topografia	2,00	plano		1,00	2,00
V.Com. Forte	0,00	vocação residencial/industrial		0,00	1,00
V. Com.	0,00	vocação residencial/industrial		0,00	1,00
V. Resid/Ind.	1,00	vocação residencial/industrial		0,00	1,00
Padrão	1,00	baixo		1,00	5,00
IA	2,00	vide PDUA (SM4)		0,20	4,00
Empreend.	0,00	sem vocação para empreendimentos		0,00	1,00
Data	205,00	março/2017		123,00	205,00
Bairro	2,00	boa saúde		1,00	8,00
Unitário	136,87	R\$/m²		62,68	3.761,57

2. INTERVALOS DE VALORES PARA ESTIMATIVA

	Valor Mínimo	Valor Estimado	Valor Máximo	Desvio Mínimo	Desvio Máximo	Desvio Total
Confiança (80 %)	128,15	136,87	146,18	-6,37%	6,80%	13,18%
Predição (80%)	94,02	136,87	199,25	-31,31%	45,58%	76,88%
Campo de Arbitrio	116,34	136,87	157,40	-15,00%	15,00%	30,00%

3. INTERVALOS DE VALORES PARA DECISÃO

	Mínimo (R\$)	Estimativa (R\$)	Máximo (R\$)
Confiança (80 %)	1.922.250,00	2.053.050,00	2.192.700,00
Predição (80%)	1.410.300,00	2.053.050,00	2.988.750,00
Campo de Arbitrio	1.745.100,00	2.053.050,00	2.361.000,00

4. VALOR UNITÁRIO ARBITRADO 120,45

Justificativa: Adotou-se o unitário 12% abaixo do valor central, tendo em vista que o modelo estatístico é composto tanto por dados de oferta quanto por dados vendidos. Entretanto, não foi utilizada variável específica para diferenciar tais dados. Notoriamente, dados em oferta possuem valor acima do valor praticado de mercado. Em análise à outros modelos onde tal variável foi contemplada, determinou-se 12% como valor adequado para representar a diferença usual entre os valores de oferta e de venda.

5. VALOR DE AVALIAÇÃO

R\$ 1.800.000,00 (um milhão e oitocentos mil reais)

6. INTERVALO ADMISSÍVEL PARA MÉDIA DE MERCADO

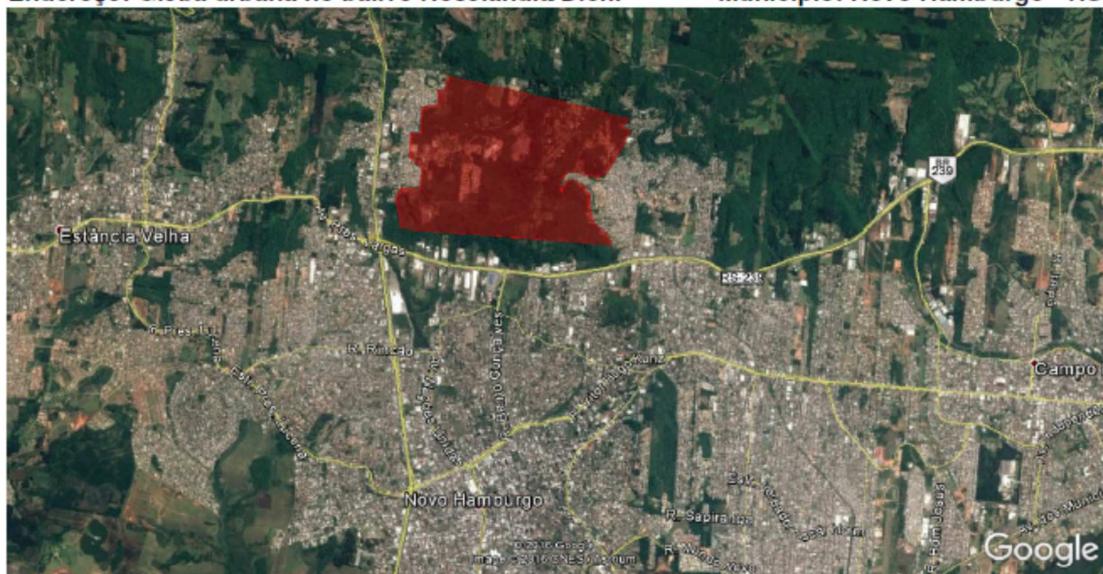
Mínimo (R\$):	1.745.100,00
Arbitrado (R\$):	1.800.000,00
Máximo (R\$):	1.946.400,00

7. CLASSIFICAÇÃO QUANTO A PRECISÃO

Amplitude do intervalo de confiança para 80% de confiabilidade: 13,18 %
Classificação para a estimativa: Grau III de Precisão

Endereço: Gleba urbana no bairro Roselândia/Diehl

Município: Novo Hamburgo - RS



1. ESCALAS ADOTADAS NA ESTIMATIVA

Característica	Escala Adotada	Justificativa para a Escala Adotada	Extp. (%)	Mínimo Amostra	Máximo Amostra
Área	15.000,00	m ²		122,50	39.887,90
Testada	75,00	m		6,50	223,72
Esquina	1,00	meio de quadra		1,00	2,00
Topografia	1,00	declive/active		1,00	2,00
V.Com. Forte	0,00	vocação residencial/industrial		0,00	1,00
V. Com.	0,00	vocação residencial/industrial		0,00	1,00
V. Resid/Ind.	1,00	vocação residencial/industrial		0,00	1,00
Padrão	1,00	baixo		1,00	5,00
IA	0,20	vide PDUA (APA Norte)		0,20	4,00
Empreend.	0,00	sem vocação para empreendimentos		0,00	1,00
Data	205,00	março/2017		123,00	205,00
Bairro	1,00	roselândia/diehl		1,00	8,00
Unitário	91,97	R\$/m ²		62,68	3.761,57

2. INTERVALOS DE VALORES PARA ESTIMATIVA

	Valor Mínimo	Valor Estimado	Valor Máximo	Desvio Mínimo	Desvio Máximo	Desvio Total
Confiança (80 %)	85,88	91,97	98,49	-6,62%	7,09%	13,72%
Predição (80%)	63,14	91,97	133,95	-31,35%	45,65%	76,99%
Campo de Arbitrio	78,17	91,97	105,77	-15,00%	15,00%	30,00%

3. INTERVALOS DE VALORES PARA DECISÃO

	Mínimo (R\$)	Estimativa (R\$)	Máximo (R\$)
Confiança (80 %)	1.288.200,00	1.379.550,00	1.477.350,00
Predição (80%)	947.100,00	1.379.550,00	2.009.250,00
Campo de Arbitrio	1.172.550,00	1.379.550,00	1.586.550,00

4. VALOR UNITÁRIO ARBITRADO 80,93

Justificativa: Adotou-se o unitário 12% abaixo do valor central, tendo em vista que o modelo estatístico é composto tanto por dados de oferta quanto por dados vendidos. Entretanto, não foi utilizada variável específica para diferenciar tais dados. Notoriamente, dados em oferta possuem valor acima do valor praticado de mercado. Em análise à outros modelos onde tal variável foi contemplada, determinou-se 12% como valor adequado para representar a diferença usual entre os valores de oferta e de venda.

5. VALOR DE AVALIAÇÃO

R\$ 1.215.000,00 (um milhão, duzentos e quinze mil reais)

6. INTERVALO ADMISSÍVEL PARA MÉDIA DE MERCADO

Mínimo (R\$):	1.172.550,00
Arbitrado (R\$):	1.215.000,00
Máximo (R\$):	1.311.900,00

7. CLASSIFICAÇÃO QUANTO A PRECISÃO

Amplitude do intervalo de confiança para 80% de confiabilidade: 13,72 %
Classificação para a estimativa: Grau III de Precisão