

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
NÍVEL MESTRADO**

**LUÍS FERNANDO WEISSHEIMER**

**A INFLUÊNCIA DO USO DA ARGAMASSA ESTABILIZADA NA  
DIMINUIÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS**

**São Leopoldo  
2017**

LUÍS FERNANDO WEISSHEIMER

A INFLUÊNCIA DO USO DA ARGAMASSA ESTABILIZADA NA DIMINUIÇÃO  
DE IMPACTOS AMBIENTAIS

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

Orientador(a): Prof. Dra. Andrea Parisi Kern

Co-orientador(a): Prof. Dra. Feliciane Andrade Brehm

São Leopoldo

2017

W433i Weissheimer, Luís Fernando.

A influência do uso da argamassa estabilizada na diminuição de impactos ambientais /Luís Fernando Weissheimer.– 2017.

107f. : il.; 30 cm.

Dissertação(mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2017.

“Orientador(a): Prof. Dra. Andrea ParisiKern ;co-orientador(a): Prof. Dra. Feliciane Andrade Brehm.”

1. Resíduos de construção. 2. Argamassa estabilizada. 3. Resolução CONAMA 307/2002.I. Título.

CDU 624

A dissertação de mestrado

**“A INFLUÊNCIA DO USO DA ARGAMASSA ESTABILIZADA NA DIMINUIÇÃO DE IMPACTOS  
AMBIENTAIS”**

apresentada por **Luis Fernando Weissheimer**

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. Feliciane Andrade Brehm  
Coorientadora  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS



Prof. Dr. Antonio Eduardo Bezerra Cabral  
Universidade Federal do Ceará– UFC  
(participação por webconferência\*)



Prof. Dra. Marlova Piva Kulakowski  
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.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Geração anual de RCD na Coréia do Sul.....	19
Quadro 2 - Geração anual de RCD na União Europeia .....	20
Quadro 3 – Geração anual de RCD nos Estados Unidos .....	21
Quadro 4 – Composição predominante do RCD em países europeus.....	24
Quadro 5 - Composição predominante do RCD em cidades brasileiras .....	25
Quadro 6 – Classificação dos RCD segundo a Resolução CONAMA 307/2002.....	30
Quadro 7 – Classificação dos Resíduos Sólidos segundo a NBR 10.004.....	31
Quadro 8 – Destinação Final dos RCD segundo a Resolução CONAMA 307/2002 .	34
Quadro 9 – Delineamento das etapas de realização do trabalho.....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidades de resíduos da construção civil produzidas no mundo.....	23
Tabela 2 - Classificação dos RCD segundo a RCRA (Estados Unidos) .....	27
Tabela 3 - Classificação dos RCD segundo a Lista Europeia de Resíduos .....	28
Tabela 4 - Produtos, possíveis contaminantes e respectivos riscos ambientais .....	37
Tabela 5 – Obras visitadas, dados dos pavimentos tipo e etapas de execução .....	42
Tabela 6 - Etapa de obra, tipo de resíduo, classificação e produtos utilizados .....	46
Tabela 7 – Levantamento de dados Obra A.....	50
Tabela 8 - Levantamento de dados Obra B .....	51
Tabela 9 - Levantamento de dados Edifício C.....	51
Tabela 10 – Variáveis Independentes de Projeto do Edifício A.....	53
Tabela 11 – Variáveis Independentes de Projeto do Edifício B.....	53
Tabela 12 – Variáveis Independentes de Projeto do Edifício C .....	53
Tabela 13 -Volumes de RCD Classe A gerados nos pavimentos tipo dos edifícios..	57
Tabela 14 – Variáveis independentes de projeto (área de alvenaria e reboco) .....	59
Tabela 15 – Variáveis independentes de projeto (volume de alvenaria e reboco) ....	61
Tabela 16 – Tipo de Argamassa utilizado nos Edifícios A, B e C.....	65
Tabela 17 - Teste de amostras independentes – área de alvenaria e reboco.....	65
Tabela 18 - Teste de amostras independentes – volume de alvenaria e reboco .....	66
Tabela 19 – Resumo da análise de regressão do Modelo 1 .....	66
Tabela 20 – Coeficientes do Modelo 1 .....	67
Tabela 21– Resumo da análise de regressão do Modelo 2 .....	68
Tabela 22 – Coeficientes do Modelo 2 .....	68
Tabela 23 – Resumo da análise de regressão do Modelo 3 .....	68
Tabela 24 – Coeficientes do Modelo 3 .....	69
Tabela 25 – Resumo da análise de regressão do Modelo 4 .....	69
Tabela 26 – Coeficientes do Modelo 4 .....	70
Tabela 27 – Seleção do modelo empírico mais adequado.....	70
Tabela 28 – Análise de Correlação de Pearson dos coeficientes do Modelo 4.....	71
Tabela 29 – Comparativo entre volume real e estimado pelo Modelo 4 no Ed. A...	71
Tabela 30 – Comparativo entre volume real e estimado pelo Modelo 4 no Ed. B...	72
Tabela 31 – Comparativo entre volume real e estimado pelo Modelo 4 no Ed. C...	73

Tabela 32 – Redução média na geração de RCD Classe A observada após o implemento do uso de argamassa estabilizada no Edifício C .....	73
Tabela 33 – Valores acima do L.Q para extrato lixiviado - Inorgânicos.....	74
Tabela 34 – Valores acima do L.Q para extrato solubilizado - Inorgânicos.....	75

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição dos responsáveis pela geração de RCD no Brasil .....	22
Gráfico 2 - Evolução da quantidade de RCD coletada no Brasil em 2013 e 2014 ....	23
Gráfico 3 – Distribuição dos resíduos segregados em uma obra semelhante .....	32
Gráfico 4 – Distribuição dos resíduos segregados na edificação avaliada.....	33
Gráfico 5 – Teste de normalidade - Gráfico PP da variável não transformada.....	58
Gráfico 6 – Teste de normalidade - Gráfico PP com transformação de log natural...	58
Gráfico 7 – Teste de normalidade - Gráfico PP da variável não transformada.....	60
Gráfico 8 – Teste de normalidade - Gráfico PP da variável não transformada.....	60
Gráfico 9 – Teste de normalidade - Gráfico PP da variável não transformada.....	61
Gráfico 10 – Teste de normalidade - Gráfico PP da variável não transformada.....	62
Gráfico 11 – Teste de normalidade - Gráfico PP da variável não transformada.....	63
Gráfico 12 – Teste de normalidade - gráfico PP da variável não transformada .....	63
Gráfico 13 – Teste de normalidade - gráfico PP com transformação de log natural .	64



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (a) Edifício A, (b) Edifício B, (c) Edifício C .....	42
Figura 2 - Fluxograma do cronograma padrão das obras da construtora avaliada ...	43
Figura 3 – Blocos cerâmicos utilizados na vedação dos Edifícios A, B e C .....	46
Figura 4 – Argamassa convencional (Edifício B) e estabilizada (Edifício C) .....	47
Figura 5 – Resíduos de Classes A, B e C presentes no Edifício B .....	47
Figura 6 – Tintas, Solventes e Resíduos Classe D presentes no Edifício B .....	48
Figura 7 – Critérios de equalização para quantificação de RCD Classe A gerado nas obras .....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
C3S	Silicato Tricálcico
CAD	Computer Aided Design
CAS	Chemical Abstract Service
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EPA	Environmental Protection Agency
EU	European Union
FISPQ	Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos
HAP	Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos
LBP	Tinta a Base de Chumbo
L.Q.	Limite de Quantificação
MOE	Ministry of Environment
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
PCB	Bifenilos Policlorados
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RCRA	Resource Conservation and Recovering Act
RSU	Resíduos Sólidos urbanos
WASCON	International Conference on the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials
VMP	Valor Máximo Permitido
VOC's	Volatile Organic Compound

## RESUMO

WEISSHEIMER, L. F. **A influência do uso de argamassa estabilizada na geração de resíduos Classe A em obras verticais**. São Leopoldo, 2017. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo. 2017.

A construção civil é uma atividade fundamental para o desenvolvimento da sociedade, gerando empregos, qualidade de vida e desenvolvimento econômico. Porém, através do uso descontrolado de recursos naturais, tem gerado grande volume de resíduos e impactos ambientais negativos consideráveis. Ao passo que novas tecnologias surgem como alternativas ao tradicional desperdício presente nessa atividade, esse estudo analisou a influência da substituição do uso de argamassa convencional pelo uso de argamassa estabilizada na geração dos resíduos classificados como Classe A pela Resolução 307 (CONAMA, 2002). Para tal, foram quantificados os resíduos gerados durante a execução de três obras residenciais verticais, denominadas Edifícios A, B e C, avaliando-se, por meio de técnicas estatísticas, a variação na taxa de geração de resíduo Classe A em decorrência da mudança do sistema de produção de argamassa convencional (A e B) para o sistema de argamassa estabilizada (C). Após a análise dos resultados, considerando que o único sistema construtivo que sofreu alteração foi o tipo de argamassa, constatou-se redução na taxa de geração de RCD Classe A de aproximadamente 31% no edifício C, onde foi utilizada a argamassa estabilizada, em comparação com a média dos Edifícios A e B, onde foi utilizada argamassa convencional. Foram, ainda, coletadas amostras de cada tipo de argamassa, enviadas para análises de lixiviação e solubilização frente aos critérios da NBR 10.004 (ABNT, 2004), não sendo apontadas diferenças significativas entre as amostras para esses parâmetros, concluindo-se que utilização da argamassa estabilizada reduz de forma significativa a quantidade de RCD no canteiro de obras, sem o aumento de risco de contaminação ambiental por parte do mesmo.

Palavras-chave: resíduos de construção; argamassa estabilizada; resolução CONAMA 307/2002.

## ABSTRACT

**WEISSHEIMER, L. F. The influence of the use of stabilized mortar on the generation of Class A waste in vertical buildings.** São Leopoldo, 2017. 137p. Dissertation (Master Degree in Civil Engineering) – Postgraduate Program in Civil Engineering, Unisinos, São Leopoldo. 2017.

Civil construction is a fundamental activity for society's development, generating jobs, life quality and economic development. However, through the uncontrolled use of natural resources, it has generated a large amount of waste and considerable negative environmental impacts. While new technologies arise as alternatives to the traditional waste present in this activity, this study analyzed the influence of the replacement of conventional mortar by the use of stabilized mortar in the generation of waste classified as Class A by Resolution 307 (CONAMA, 2002). For this, the waste generated during the execution of three vertical residential buildings, named Buildings A, B and C, were quantified, using statistical techniques to evaluate the variation in the rate of generation of Class A waste due to the change in the system of conventional mortar (A and B) for the stabilized mortar system (C). After the results analysis, considering that the only construction system that changed was the type of mortar, it was verified a reduction in the rate of generation of Class A CDW of approximately 31% in Building C, where the stabilized mortar was used, in comparison with the average of Buildings A and B, where conventional mortar was used. Samples were also collected from each type of mortar, sent for leaching and solubilization analyzes against the criteria of NBR 10.004 (ABNT, 2004). Since no significant differences between the samples were indicated for these parameters, it was concluded that the use of mortar reduces significantly the amount of CDW at the construction site, without increasing the risk of environmental contamination by the same.

Keywords: construction waste; stabilized mortar; CONAMA resolution 307/2002.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.2 OBJETIVOS .....	16
1.2.1 Objetivo Geral .....	16
1.2.2 Objetivos Específicos .....	16
1.3 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	17
<b>2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO</b> .....	<b>17</b>
2.1 DADOS DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO .....	19
2.2 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO .....	25
2.2.1 Classificação do RCD.....	26
2.2.2 Segregação .....	32
2.2.3 Armazenagem .....	33
2.2.4 Transporte e destinação final .....	34
2.3 EVOLUÇÃO DOS MATERIAIS E REFLEXOS NA COMPOSIÇÃO DOS RCD ...	35
2.3.1 Materiais potencialmente perigosos .....	36
2.3.2 Argamassa industrializada estabilizada.....	38
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>41</b>
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO .....	41
3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	43
3.3 ETAPA 1: LEVANTAMENTO DE DADOS.....	45
3.3.1 Variável dependente – Volume de RCD Classe A gerado no pavimento.....	50
3.3.2 Variáveis independentes – Características de Projeto e Execução .....	52
3.4 ETAPA 2: TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS .....	54
3.5 ETAPA 3: ANÁLISE QUALITATIVA .....	55
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>57</b>
4.1 VARIÁVEL DEPENDENTE – VOLUME DE RCD GERADO NO PAV. TIPO .....	57
4.2 VARIÁVEIS INDEPENDENTES – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO.....	59
4.3 VARIÁVEIS INDEPENDENTES – CARACTERÍSTICAS DE EXECUÇÃO.....	65
4.4 MODELAGEM ESTATÍSTICA .....	66
4.4.1 Modelo 01 – Volume de RCD Classe A por Área de alvenaria e reboco .....	66
4.4.2 Modelo 02 – Volume de RCD Classe A por Área de alvenaria e reboco (com supressão de constante) .....	67
4.4.3 Modelo 03 – Volume de RCD Classe A por Volume de alvenaria e reboco.....	68

4.4.4 Modelo 04 – Volume de RCD Classe A por Volume de alvenaria e reboco (com supressão de constante) .....	69
4.5 SELEÇÃO DO MODELO EMPÍRICO MAIS ADEQUADO.....	70
4.6 INFLUÊNCIA DO TIPO DE ARGAMASSA NA GERAÇÃO DE RCD CLASSE A	73
4.7 CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS SEGUNDO A NBR 10.004:2004	74
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>76</b>
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	76
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO B .....</b>	<b>97</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma atividade fundamental para o desenvolvimento da sociedade, gerando empregos, qualidade de vida e desenvolvimento econômico ao longo do tempo (TESSARO, 2012). É uma atividade muito antiga, sendo que a construção em larga escala iniciou no Egito, entre 4.000 a.C e 2.000 a.C, utilizando como matéria-prima pedras e tijolos unidos por uma forma primitiva de argamassa de cal e areia. Permaneceu uma atividade com poucas inovações tecnológicas até a Revolução Industrial, quando o surgimento do aço, concreto e novos equipamentos alavancou a produtividade do setor (ALGARVIO, 2009).

Atualmente, o uso descontrolado de recursos naturais e o grande volume de resíduos gerados colocam a construção à frente de impactos ambientais consideráveis. Diante dessa realidade, vem aumentando a preocupação das autoridades quanto à disposição final dos resíduos gerados. (TESSARO, 2012).

Ao ser realizada uma obra, a grande variedade de atividades envolvidas como demolições, escavações, alvenaria, revestimentos e outras representa um elevado consumo de recursos naturais, gerando uma complexa gama de resíduos e, por conseqüência, a necessidade de gerenciamentos para que esses não representem prejuízos ao meio ambiente (KARPINSKI, 2009).

A Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos – ABRELPE (2014) estimou a geração de resíduos de construção e demolição (RCD) no Brasil em 45 milhões de toneladas naquele ano, representando 36% de um total de 124 milhões de toneladas de resíduos sólidos gerados.

Autores como Oliveira (2008) destacam que os RCD nem sempre são encontrados na mesma forma e composição, podendo ter suas características alteradas em função do local da geração, da tecnologia aplicada na construção, das adições utilizadas no decorrer da obra, bem como da qualidade do projeto e mão de obra utilizada. Tanto a quantidade, quanto a qualidade do RCD são sensíveis a tais variações.

No Brasil, grande parte dos resíduos gerados pela construção civil, é classificada na Classe A da Resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002), sendo aqueles resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados (tijolos, telhas, argamassa, concreto, tubos, etc); bem como na Classe II - B (Inertes) da NBR-10.004, que abrange os *resíduos que não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados*

*a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, sendo essas as bases para o gerenciamento de RCD no país (MELO, 2010).*

Os RCD Classe A, de acordo com Karpinski (2009), representam a maior parcela do RCD gerado, sendo compostos por argamassas, blocos de concretos, tijolos e componentes de vedação, muitas vezes misturados a resíduos de outras classes (plásticos, metais, madeira). Enfatiza, ainda, que o principal responsável pelo grande volume de resíduo gerado pela construção tende a ser o descarte de argamassas, abrindo um precedente para a investigação dessa realidade e quanto a eficiência de algumas alternativas que prometem mudar esse cenário.

As argamassas, tidas geralmente como material básico e secundário, passaram a ganhar importância e novas atribuições específicas, sendo possível classificá-las de acordo com suas propriedades, utilização, tipo de concepção, local de produção, aplicação ou tipos de ligantes utilizados (APPS, 2011)

Os primeiros registros do emprego da argamassa como material de construção são pré-históricos, sendo que as mais antigas eram feitas a base de cal e areia. A introdução do cimento Portland, principal componente das argamassas modernas, em conjunto com aditivos orgânicos, permitiu maior controle sobre as propriedades físico-químicas desse material, levando ao surgimento das argamassas industrializadas no final do século XIX na Europa e Estados Unidos (COUTINHO, 2013).

Dentre as novas soluções industrializadas surgem as argamassas estabilizadas, que são dosadas e misturadas em centrais, cujo transporte para obras é feito por caminhões betoneira. O uso desse produto cria condições para o aumento do rendimento de trabalho e redução do desperdício, visto que evita paradas para a confecção da argamassa e permite armazenamento por até 72h devido aos aditivos estabilizadores que controlam a hidratação do cimento e retardam a pega.

Dessa forma, podem ser utilizadas nos dias seguintes, evitando descartes ao final dos turnos de trabalho, o que fortalece a expectativa de redução da quantidade de resíduos gerados em obra, considerando a larga utilização desse produto no assentamento de alvenarias e revestimentos.

As argamassas estabilizadas tiveram seu uso disseminado no Brasil a partir da década de 90, através de investimentos das indústrias cimenteiras para atender a demanda por racionalização das construtoras, em um mercado cada vez mais



exigente e voltado para a redução de perdas e ganho de produtividade (COUTINHO, 2013).

Apesar de terem boa aceitação pela indústria da construção, demonstrando grande capacidade em atender às necessidades dos construtores, possibilidade de produção em larga escala, facilidade de controle tecnológico, assistência técnica e acompanhamento, Pagnussat et al. (2012, p. 1), argumentam que o uso de argamassas estabilizadas ainda é "*muitíssimo pequeno no Brasil, ficando restrito a alguns mercados regionais bem específicos*".

Schmid (2011) corrobora com essa afirmativa, salientando que no ano de 2007 a Europa contava com mais de 500 fábricas de argamassa estabilizada, com produção anual de 6.000m<sup>3</sup> cada, enquanto no Brasil havia apenas 12 fabricantes e produção anual de 4.800m<sup>3</sup> por empresa.

Diante do exposto, pode-se dizer que ainda existe pouco conhecimento acerca das reais propriedades das argamassas estabilizadas, não possuindo, atualmente, norma brasileira para regulamentar suas características ou seu desempenho, originando incertezas sobre sua qualidade (JANTSCH, 2015).

Ainda, a utilização de aditivos químicos na produção dessas argamassas, entre eles aditivos incorporadores de ar, a fim de melhorar a trabalhabilidade e acabamento das misturas e, principalmente, aditivos estabilizadores que controlam a hidratação do C3A, retardando a pega, abre a possibilidade de novas vias de contaminação ambiental quando esses materiais adquirem a forma de resíduos.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral analisar a influência da substituição do sistema de argamassa convencional pelo sistema de argamassa estabilizada na geração dos resíduos identificados como Classe A frente a Resolução CONAMA 307/2002

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a. quantificar em plantas e registros o material necessário e o RCD gerado pela construtora nas obras A, B e C;
- b. classificar os resíduos gerados frente aos critérios da Resolução CONAMA 307/2002;
- c. identificar as características de projeto e execução de cada edificação que podem influenciar a geração de RCD no canteiro-de-obras;
- d. analisar a influência do tipo de argamassa adotado na geração dos resíduos identificados como Classe A frente a Resolução CONAMA 307/2002.
- e. analisar se há alteração de classificação ambiental através de ensaios de lixiviação e solubilização em amostras das argamassas estudadas.

### 1.3 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

O presente trabalho tem como foco quantificar a redução no volume de resíduos gerado em uma obra onde o uso de argamassa convencional foi substituído inteiramente pela uso de argamassa estabilizada, nas etapas consideradas pelo estudo.

Os parâmetros avaliados, portanto, estão vinculados a dados específicos da empresa avaliada e das etapas descritas na metodologia, não sendo considerados quantitativos gerados em outras etapas de obra ou empreendimentos além dos caracterizados na metodologia.

## 2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

A construção civil é um setor com grande representatividade e crescimento no mundo, e acumula funções sociais e econômicas. Porém, também sustenta o paradoxo de ser uma atividade de grande impacto ambiental, sendo que os sistemas produtivos atuais ainda estão baseados no consumo desenfreado de recursos

naturais, dos quais uma considerável parcela acaba sendo convertida em resíduos sólidos (HALMEMAN; SOUZA; CASARIN, 2009).

Os resíduos de construção acabam por gerar grandes impactos socioambientais quando dispostos inadequadamente, comprometendo o solo, corpos d'água além de intensificar as enchentes, poluir o ar e contribuir com a proliferação de vetores responsáveis por doenças (BESEN et al., 2010).

A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2014), define Resíduo de Construção e Demolição (RCD) ou Resíduo de Construção Civil (RCC)<sup>1</sup> como “todo resíduo gerado no processo construtivo, de reforma, escavação ou demolição”, embora desastres naturais como terremotos, furacões, enchentes e mais recentemente a Tsunami no Japão em março de 2011, constituem outra fonte geradora de RCD (LIMA e SILVA, 2014).

É importante ressaltar que os resíduos provenientes de materiais de construção podem causar impactos negativos ao ambiente e seus ecossistemas durante todas as fases do seu ciclo de vida útil, inclusive já na fase de extração, através da mineração e outras práticas que podem impactar habitats locais.

Nessa etapa, a remoção de vegetação, aumenta a ação do escoamento superficial e o arraste das camadas superficiais de solo, que acabam sedimentando-se em cursos d'água (CALKINS, 2009).

Além disso, a atividade mineradora gera resíduos que podem conter metais pesados, os quais acabam se acumulando no solo e atingindo águas superficiais e subterrâneas, enquanto a fase de beneficiamento e produção podem causar impactos no ar, água e solo, através de emissões atmosféricas que se depositam tanto em regiões próximas quanto em locais afastados da indústria (CALKINS, 2009).

Ocorrem também efeitos secundários, como a queima de combustíveis fósseis na etapa de transporte dos materiais, sendo, contudo, nas etapas de aplicação e manutenção dos mesmos que existe o maior risco de contaminação do meio ambiente, principalmente em decorrência do uso de solventes, adesivos, seladores, e outros produtos no processo construtivo, que podem emitir gases VOC's, ou subprodutos químicos tóxicos para o ambiente.

---

<sup>1</sup> A sigla RCD (resíduos de construção e demolição) é amplamente utilizada pela literatura, incluindo este trabalho, em tradução ao termo utilizado na língua inglesa (*CDW – construction and demolition waste*), embora a legislação brasileira utilize a sigla RCC (resíduos da construção civil).

Da mesma forma, a disposição final não controlada dos materiais ou resíduos decorrentes do seu uso, expõe o ambiente de forma direta a todas essas possibilidades de contaminação, podendo impactar tanto o solo quanto águas superficiais e subterrâneas, bem como a qualidade do ar em casos de incineração (CALKINS, 2009).

Devido à classificação geralmente adotada para os RCD, considerados em sua maior parte como materiais inertes e aparentemente inofensivos ao meio ambiente. Autores como Cochran et al. (2007) e Lage et al. (2010) argumentam que os mesmos são tratados com menor importância que os demais resíduos sólidos urbanos, apesar de representarem grandes volumes.

## 2.1 DADOS DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

Os RCD representam uma das maiores parcelas dos resíduos sólidos gerados no mundo, tanto em países desenvolvidos, quanto em países subdesenvolvidos chegando, em alguns casos, a representar 50% do volume total de resíduos sólidos gerados anualmente (JIMÉNEZ et al 2012).

Por exemplo, na Coreia do Sul, representam 49,9% do total de resíduos sólidos, o que corresponde a 68 milhões de toneladas/ano. Desses, 65% são resíduos de concreto, 18,9% asfalto, 10,6% misturas e 2,6% de solo. Aproximadamente 98,1% desses resíduos são utilizados como agregado reciclado, enquanto apenas 1,9% são destinados a aterros ou incinerados (MOE OF KOREA, 2011).

Quadro 1 – Geração anual de RCD na Coreia do Sul

País	População (hab)	RCD Gerado (ton)	Geração anual de RCD (ton/hab)
Coreia do Sul	49.779.440	68.000.000	1,366

Fonte: Ministry of Environment of Korea (2011).

Já na União Europeia, essa fração corresponde a até 30% do total de resíduos gerados, totalizando 461 milhões de toneladas de RCD produzidos por ano (E.C. DG ENV, 2011).

O Quadro 2 apresenta os dados de geração de resíduos em países da União Europeia em levantamento realizado pelo European Commission - Directorate-General Environment, no ano de 2011.

Quadro 2 - Geração anual de RCD na União Europeia

País	População (hab)	RCD Gerado (ton)	Geração anual de RCD (ton/hab)
Áustria	8.300.000	6.700.000	0,810
Alemanha	82.400.000	72.300.000	0,880
Bélgica	10.500.000	11.100.000	1,060
Bulgária	7.700.000	7.300.000	0,950
Chipre	800.000	700.000	0,880
Dinamarca	5.400.000	4.500.000	0,830
Eslováquia	5.400.000	5.100.000	0,940
Eslovênia	2.000.000	1.900.000	0,950
Espanha	43.000.000	31.800.000	0,740
Estônia	1.300.000	1.500.000	1,150
Finlândia	5.300.000	5.200.000	0,980
França	63.200.000	62.600.000	0,990
Grécia	11.100.000	10.500.000	0,950
Holanda	16.300.000	24.000.000	1,470
Hungria	10.100.000	9.500.000	0,940
Irlanda	4.100.000	2.600.000	0,630
Itália	58.800.000	47.000.000	0,800
Letônia	2.300.000	2.200.000	0,960
Lituânia	3.400.000	3.200.000	0,940
Luxemburgo	500.000	700.000	1,400
Malta	400.000	800.000	2,000
Polônia	38.200.000	38.200.000	1,000
Portugal	10.600.000	11.500.000	1,080
Reino Unido	60.400.000	55.200.000	0,910
República Checa	10.300.000	14.800.000	1,440
Romênia	21.600.000	20.300.000	0,940
Suécia	9.000.000	10.300.000	1,140
<b>TOTAL</b>	<b>492.400.000</b>	<b>461.500.000</b>	<b>0,937</b>

Fonte: European Commission - Directorate-General Environment (2011)

Os índices de reciclagem de RCD na União Europeia variam de 1% em países como Chipre e 5% em Portugal, para até mesmo 94% na Dinamarca e 98% na Holanda, mostrando grande disparidade no manejo desses materiais, o que resulta em uma média de 46% de RCD reciclado, considerando as taxas dos 27 países que compõem o grupo (PEREIRA; VIEIRA, 2013).

Nos Estados Unidos, em levantamento realizado por Townsend et al. (2014), foi estimado o total de 480 milhões de toneladas de RCD, sendo o resíduo oriundo de demolição responsável por mais de 310 milhões de toneladas. O mesmo levantamento reporta ainda as taxas de reciclagem por tipo de RCD gerado, apresentando um total de 73,5% de resíduo reciclado anualmente nos EUA. O Quadro 3 detalha os resultados obtidos pelo estudo.

Quadro 3 – Geração anual de RCD nos Estados Unidos

País	População (hab)	RCD Gerado (ton)	Geração anual de RCD (ton/hab)
Estados Unidos	317.012.372	480.000.000	1,514

Fonte: Townsend et al. (2014).

O setor mais representativo é a demolição não residencial com 39%. As reformas residenciais e não residenciais compõem 22% e 19%, respectivamente, seguido de demolição residencial com 11%. A construção de novas edificações é responsável por apenas 9% do total de RCD gerado, sendo 6% construção residencial e 3% construção não residencial (EPA, 2003).

A geração dos resíduos de construção e demolição nas cidades brasileiras vem crescendo significativamente na última década. São resíduos provenientes da construção da infraestrutura urbana, de responsabilidade do poder público e, principalmente, da ação da iniciativa privada na construção de novas edificações, ampliações e reformas de edificações existentes (MMA, 2010).

É importante que sejam consideradas algumas características da indústria da construção civil, que a diferem de outras indústrias. Kern (2005), ao citar Oliveira et al. (1997), destaca a constante precariedade nas condições de trabalho, a grande diversidade de atividades e materiais, dificuldade de organização e controle do trabalho, baixa especialização e alta rotatividade da mão de obra como algumas delas.

A pesquisa realizada por Dias (2013), também citada por Kern et al (2015), investiga variáveis de projeto e produção que influenciam a geração de resíduos em prédios residenciais verticais e apontam a forma do edifício, área de construção, organização do canteiro e sistema construtivo como principais parâmetros.

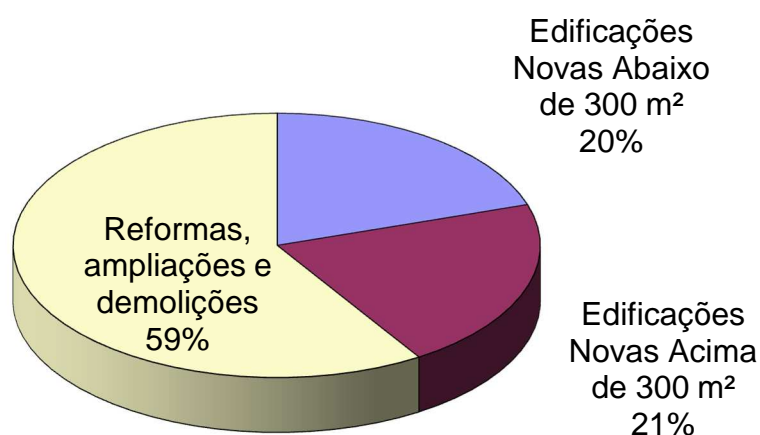
Todas essas características contribuem para uma elevada quantidade de perdas, sendo agravadas pelo armazenamento e transporte inadequados dos materiais (do momento do recebimento até o local de utilização) e na disposição dos resíduos gerados. Falhas de projeto e escolha de sistemas construtivos inadequados também são responsáveis por potencializar a geração de resíduos em algumas situações (BRÖNSTRUP, 2009).

Leal (2001) aponta que uma grande parcela dos RCD é gerada pela construção informal (autoconstrução reformas, ampliações e demolições). Na pesquisa realizada pelo autor apenas entre 20% e 25% dos RCD das cidades brasileiras era gerados por

empresas construtoras. Pesquisadores como Pinto (1999) e mais recentemente Mália, Brito e Bravo (2011), em seus estudos voltados à construção de edificações residenciais novas, indicaram taxas de geração de RCD na faixa de 100 a 150 kg/m<sup>2</sup> construído, considerando estrutura de concreto armado.

O Gráfico 1 apresenta a distribuição da origem do RCD gerado no Brasil segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2010).

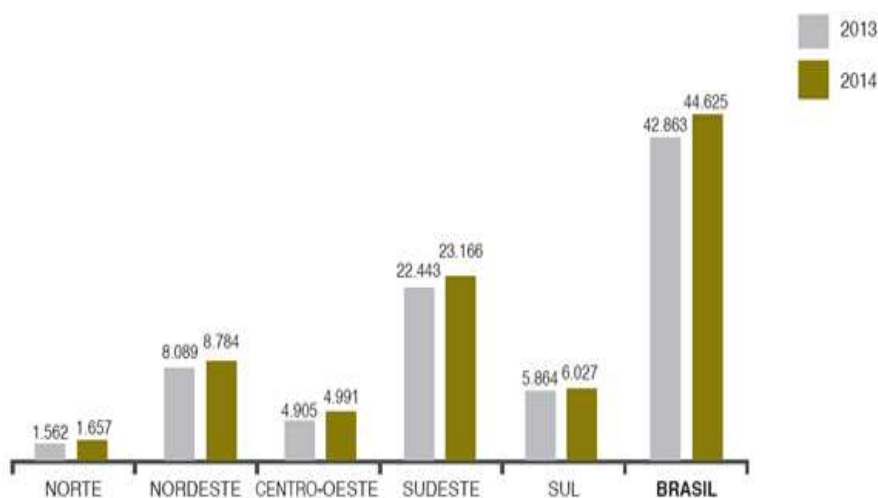
Gráfico 1 - Distribuição dos responsáveis pela geração de RCD no Brasil



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2010)

Dados da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos (ABRELPE, 2014) mostram que os municípios brasileiros coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCD em 2014, o que corresponde a 36% de um total de 124 milhões de toneladas de resíduos sólidos gerados, um aumento de 4,1% em relação a 2013, chegando-se a uma taxa de geração anual de 0,22 ton/hab de RCD (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Evolução da quantidade de RCD coletada no Brasil em 2013 e 2014



Fonte: Abrelpe (2014)

Segundo a ABRELPE (2014) esta situação também é observada em anos anteriores, sendo que em 2013 e 2012 houve um aumento de mais de 4,6% na quantidade coletada.

Tal situação exige atenção especial quanto ao destino final dado aos RCD, pois uma boa parcela não contabilizada corresponde ao resíduo descartado de forma clandestina.

Do volume total de RCD gerado, a Associação Brasileira para a Reciclagem de RCD (ABRECON) estima que 21% sejam reciclados atualmente no país (ABRECON, 2015).

A Tabela 1 apresenta um comparativo entre a geração de resíduos de construção no Brasil e em outros países.

Chama a atenção a relativa baixa taxa de geração anual, que pode indicar falhas nos dados oficiais disponibilizados indicando que, apesar da baixa taxa de geração em comparação a esses, os altos índices de reciclagem praticados no exterior reduzem o grande desperdício de materiais que ocorre em nosso país.

Tabela 1 - Quantidades de resíduos da construção civil produzidas no mundo		
País	Geração anual (ton/hab)	Estimativa de Reciclagem
Brasil <sup>(a)</sup>	0,50	21%



Coréia do Sul <sup>(b)</sup>	1,37	98%
Estados unidos <sup>(c)</sup>	1,50	73%
União Europeia <sup>(d)</sup>	0,94	46%

Fontes: (a) Abrecon (2015); (b) Moe of Korea (2011); (c) Townsend et al. (2014); (d) Pereira & Vieira (2013)

Contudo, os dados apresentados pela bibliografia e por entidades do setor refletem quantidades de resíduo geradas em construções formais. Considerando a grande informalidade presente no setor, entende-se que a geração de resíduo de construção seja significativamente maior, prejudicando a confiabilidade dos dados apresentados.

Ao se comparar a composição do RCD com os resíduos gerados por outras indústrias, é notável que o mesmo apresente características bastante heterogêneas, aglomerando frações dos diversos materiais presentes no canteiro de obras (PONTES, 2007).

Fatores como o tipo de construção (nova, reforma, manutenção), o sistema construtivo utilizado ou mesmo o local de armazenamento temporário podem alterar as características do material residual (MORAIS, 2006).

Karpinski (2008) afirma que a alternância de materiais que circulam no canteiro de obras nas diferentes etapas de construção (fundações, estrutura, vedação, acabamento) acaba provocando um reflexo na composição do RCD gerado em cada uma dessas etapas, embora sempre exista um componente predominante.

Pinto (1999) indica que o local de origem também influencia a composição do RCD, ressaltando estudos que demonstram um aumento na presença de embalagens e componentes industrializados em países desenvolvidos, diminuindo a participação dos resíduos minerais.

O estudo de Xavier (2001) apresenta a composição, em porcentagem, dos RCD em alguns países da Europa no ano 2000, conforme pode ser observado no Quadro 4.

Quadro 4 – Composição predominante do RCD em países europeus

País	Argamassa, Concreto e Cerâmica (%)	Asfalto (%)	Outros (%)
Bélgica	81	11	08
França	80	05	15
Dinamarca	83	09	08

Alemanha	45	35	20
Irlanda	90	03	07
Itália	75	10	15
Holanda	77	16	07
Espanha	80	00	20
Reino Unido	65	30	05

Fonte: adaptado de Xavier (2001).

Comparando os dados dos países europeus com os de algumas cidades brasileiras, segundo levantamento de Cabral e Moreira (2011), percebe-se a predominância de materiais oriundos de concreto e cerâmica havendo, contudo, uma diminuição na presença do resíduo de asfalto e o aparecimento do resíduo de escavações, como segunda categoria mais importante, o que acaba expondo diferenças no perfil construtivo de cada região.

Quadro 5 - Composição predominante do RCD em cidades brasileiras

Cidade	Concreto e Cerâmica (%)	Solo e Rocha (%)	Outros (%)
São Paulo (SP)	63	32	05
Porto Alegre (RS)	98	01	01
Ribeirão Preto (SP)	82	17	01
Salvador (BA)	67	27	06
Campina Grande (PB)	73	09	18
Maceió (AL)	97	01	02
Fortaleza (CE)	74	04	12

Fonte: adaptado de Cabral e Moreira (2011)

## 2.2 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

O crescente reconhecimento do desenvolvimento sustentável como um valor importante tem atraído uma diversidade de indústrias, incluindo o setor de construção, a criar iniciativas para promover o desenvolvimento sustentável. Contudo, a gestão de resíduos de construção ainda cede lugar ao desempenho econômico em grande parte das empresas no mercado, onde o lucro ainda é o principal objetivo, enquanto os aspectos ambientais e sociais são de muito menor prioridade (WANG et al., 2010).

Na Europa, antes de 1990, a maioria dos RCD era descartada em aterros sanitários. Inicialmente, com vista a reduzir o uso de espaço nos aterros, o interesse na reciclagem desses materiais cresceu. No início da década de 1990, as autoridades

européias começaram a desenvolver regulamentos sobre a aplicação de resíduos minerais em construção (SOMASUNDARAM et al., 2014).

Osmani et al. (2008) consideram que a legislação é um dos principais incentivos para a implementação da gestão de resíduos. Dessa forma, o processo já se inicia na etapa de projeto onde arquitetos e engenheiros, a fim de evitar a geração de materiais residuais que mais tarde deverão ser gerenciados, tendem a aperfeiçoar os sistemas construtivos utilizados, de forma a reduzir o desperdício.

Em se tratando de resíduos de construção, o aspecto econômico tem sido tema de discussões mesmo para países desenvolvidos. Apesar de haver grandes diferenças nos problemas relacionados à gestão e na própria composição dos resíduos quando comparados aos países em desenvolvimento, em ambas as situações a indústria de construção tem demorado a perceber na gestão de RCD uma promissora oportunidade de negócios (ZERBROCK, 2003).

A implementação de práticas de gestão de RCD adequadas pode trazer benefícios econômicos, aliados ao aumento da qualidade do produto final. Isso porque o investimento na gestão de resíduos pressupõe, além da otimização do projeto, a adoção de tecnologias de construção de baixo desperdício, a diminuição no consumo de recursos materiais e o maior controle de execução, que acabam refletindo positivamente no imóvel pronto (YUAN, 2013).

### **2.2.1 Classificação do RCD**

Em sistemas de gestão de RCD, a primeira etapa consiste na classificação do material gerado, de forma a facilitar o reaproveitamento ou destinação correta do mesmo.

Considerando que os Estados Unidos da América já possuíam na década de 1970 legislação sobre o tema, Lei de Conservação e Reciclagem de Recursos (Resource Conservation and Recovering Act – RCRA), pode-se dizer que a preocupação com os resíduos de construção e demolição é relativamente recente tanto nos países da União Europeia, cujas políticas de manejo desses resíduos datam da década de 1990, quanto no Brasil, cuja principal normativa para esse tipo de resíduos, a resolução 307 do CONAMA, data de 2002.

A Tabela 2 apresenta o sistema de classificação de resíduos dos Estados Unidos, segundo a Lei de Conservação e Reciclagem de Recursos (RCRA).

Tabela 2 - Classificação dos RCD segundo a RCRA (Estados Unidos)

Material	Classificação
Concreto, blocos de concreto, drywall (gesso acartonado ou gesso), de alvenaria, asfalto e madeira telhas, ardósia, e gesso.	Não Perigoso
Formas e esquadros de madeira serrada, compensados, laminados de madeira, pedaços de madeira e paletes.	Não Perigoso
Aço, aço inoxidável, tubos, vergalhões, alumínio, cobre e latão, estruturas de aço residencial e comercial, aço estrutural, postes de aço.	Não Perigoso
Tijolos e blocos decorativos	Não Perigoso
Tapumes	Não Perigoso
Portas e Janelas	Não Perigoso
Tubulações hidráulicas	Não Perigoso
Fiação elétrica	Não Perigoso
Isolamento sem amianto	Não Perigoso
Madeira, serragem, escova, árvores, tocos, terra, preenchimento, materiais rochosos e granulares.	Não Perigoso
Tintas, vernizes, solventes, aferidores, diluentes, resinas, cimento para telhados, adesivos, lubrificantes de máquinas e calafetar.	Perigoso
Os tambores e recipientes que já contiveram os itens listados acima.	Perigoso
Madeira tratada, incluindo madeira serrada, postes, laços, para pavimentos, e postes	Perigoso
Itens que contenham amianto, como certos tipos mais antigos de placa de piso, isolamento, ou outros materiais que contenham amianto.	Perigoso

Tabela 3 (cont.) - Classificação dos RCD segundo a RCRA (Estados Unidos)

Material	Classificação
Os produtos que contêm chumbo	Perigoso
Os produtos que contêm mercúrio	Perigoso

Outros artigos que têm constituintes perigosos inseparáveis

Perigoso

Fonte: (U.S. EPA, 2004)

Em 1991, na Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Implicações Técnicas de Construções com Materiais Alternativos (International Conference on the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials – WASCON 91), a lixiviação de poluentes provenientes dos resíduos e o impacto ambiental resultante foram tratados pela primeira vez em uma conferência internacional.

Estudos de lixiviação foram apresentados para uma grande variedade de resíduos que, potencialmente, poderiam contribuir para a contaminação do solo, tais como cinzas volantes de produção de eletricidade e da combustão de resíduos sólidos urbanos (SOMASUNDARAM et al., 2014).

Já a União Europeia desenvolveu o Catálogo Europeu de Resíduos (EU, 1994), que mais tarde deu origem à Lista Europeia de Resíduos (EU, 2001), a qual classifica os RCD (Código 17) em cinco principais categorias (Tabela 3).

Tabela 4 - Classificação dos RCD segundo a Lista Europeia de Resíduos

Material	Classificação	Código
Concreto	Não perigoso	17-01-01
Tijolos	Não perigoso	17-01-02
Telhas e Cerâmica	Não perigoso	17-01-03
Concreto, tijolos, telhas e cerâmicas (isolados ou misturados) contendo substâncias perigosas.	Perigoso	17-01-06
Concreto, tijolos, telhas e cerâmicas (isolados ou misturados) não contendo substâncias perigosas.	Não perigoso	17-01-07

Fonte: European Union (2001).

Nota-se que tanto a classificação adotada pelos Estados Unidos, quanto a adotada pela União Europeia diferenciam resíduos de mesma origem com relação à presença ou não de substâncias perigosas.

Em ambas as situações, no caso de ser constatada a presença de alguma substância potencialmente perigosa, existem procedimentos para enquadramento do resíduo em questão.

Nos Estados Unidos, o procedimento para esses casos é estabelecido pela resolução SW-846 da EPA, denominada *Test Methods for the Evaluation of Solid Waste Physical/ Chemical Methods*.

Na União Europeia, os procedimentos são determinados pela European List of Waste (EU, 2001), que lista os resíduos considerados perigosos e os limites de concentração para cada um deles, orientando ensaios de lixiviação para verificação da toxicidade.

Importante salientar que os métodos de classificação internacionais não serão aprofundados nessa pesquisa, servindo apenas como referência para comparação com o sistema de classificação adotado no Brasil.

A classificação do RCD no Brasil é baseada na legislação, sendo a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em vigor desde 2002, o principal instrumento. Esta resolução, além de classificar os resíduos, estabelece responsabilidades para os geradores (divididos em pequenos e grandes), transportadores e poder público. Essa resolução tem como base os 3R's da sustentabilidade: reduzir, reutilizar e reciclar. Seu foco principal está na prevenção à geração de resíduos e secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final dos mesmos.

De acordo com Bronstrup et al, (2009), a Resolução 307 do CONAMA visa também à aprovação de um conjunto de normas técnicas relacionadas ao manejo, reciclagem e utilização de agregados derivados da transformação dos resíduos. Contudo, antes de qualquer processo de reutilização ou reciclagem ser viável, são necessários alguns cuidados preliminares, devendo ser iniciado o processo já no canteiro de obras.

Ao contrário das resoluções internacionais anteriormente descritas, a Resolução CONAMA 307/2002 não diferencia em seus critérios de classificação materiais que se encontrem misturados com aditivos químicos, colas, desmoldantes, resinas, tinturas e outros químicos largamente empregados que, apesar de necessários aos processos construtivos, acabam incorporando ao material residual características que poderiam levar mesmo a ser classificado, em alguns casos, como resíduo perigoso, o que induziria a uma série de restrições em sua disposição final (BREHM et al., 2013).

O Quadro 6 apresenta a classificação proposta pela Resolução CONAMA 307/2002, de acordo com as características dos materiais:

Quadro 6 – Classificação dos RCD segundo a Resolução CONAMA 307/2002

CLASSE A	<p>São os resíduos reutilizáveis como agregados, tais como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;</li> <li>— resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento e outros), argamassa e concreto;</li> <li>— resíduos de processo de preparo e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios e outros) produzidos nos canteiros de obras.</li> </ul>
CLASSE B	<p>II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (redação dada pela Resolução nº 469/15).</p>
CLASSE C	<p>São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (redação dada pela Resolução nº 431/11).</p>
CLASSE D	<p>São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (redação dada pela Resolução nº 348/04).</p>

Fonte: BRASIL, (2002)

Apesar de não constar como critério para classificação pela Resolução CONAMA 307/2002, o Brasil possui como norma para classificação de resíduos sólidos em geral a NBR 10.004 (ABNT, 2004).

Essa norma tem o objetivo de classificar os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente. Através de critérios físico-químicos estabelece níveis de periculosidade aos mesmos, sendo considerada na metodologia dessa pesquisa. O Quadro 7 apresenta a classificação proposta pela norma.

Quadro 7 – Classificação dos Resíduos Sólidos segundo a NBR 10.004

Classe I	Perigosos	São aqueles que apresentam periculosidade <sup>2</sup> e características como corrosividade, reatividade, inflamabilidade, toxicidade e patogenicidade.
Classe II	Não perigosos	São aqueles que não apresentam as características de periculosidade apresentada no item supracitado.
Classe II-A	Não inertes	São resíduos que não se enquadram nas classificações de resíduo classe I – perigosos ou de resíduo classe IIB – inertes. Os resíduos classe IIA podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água
Classe II-B	Inertes	Quaisquer resíduos representativos que submetido a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, a temperatura ambiente, conforme ABNTNBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, executando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

Fonte: ABNT (2004)

A demanda por diferentes tipos de produtos químicos para construção civil varia de acordo com o tipo de uso da construção (infraestrutura, residencial, não residencial), com o sistema construtivo adotado (estruturas em madeira, concreto, ou metálicas), bem como com o tipo de intervenção (construção nova ou reforma) e o

<sup>2</sup> A NBR 10.004 define periculosidade como a “característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, pode apresentar: a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada”.



grau de industrialização das soluções empregadas (COUNCIL OF SCIENCE AND INDUSTRIAL RESEARCH, 2010).

Dentre as diversas classes de produtos químicos utilizados, destacam-se os modificadores de asfalto, as colas, adesivos e selantes, revestimentos protetores, tintas, vernizes e pigmentos, além de resinas epóxis e aditivos para concreto.

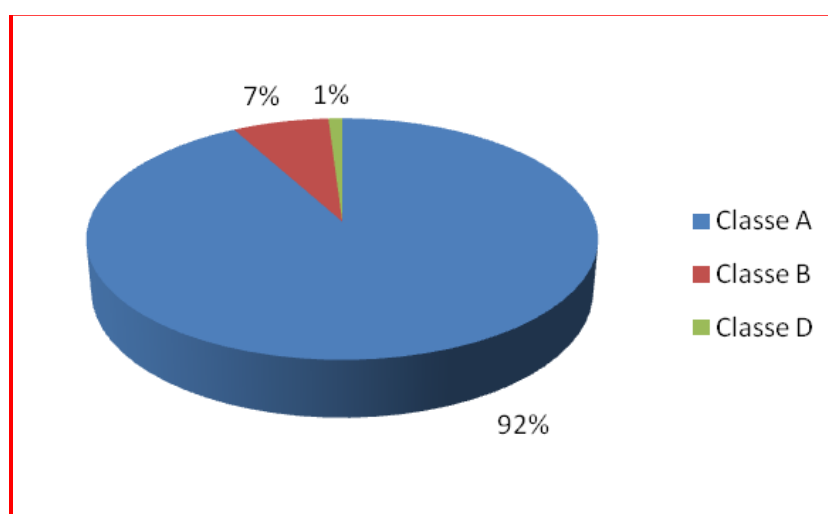
### 2.2.2 Segregação

A segregação é uma etapa importante do processo de gerenciamento dos RCD, que deve ser bem executada para possibilitar a máxima reciclagem ou reutilização dos resíduos, garantindo que as características do produto reciclado sejam compatíveis ao uso a que ele se propõe. (CABRAL; MOREIRA, 2011).

A contaminação com materiais não inertes produz reciclados de pouca qualidade, sendo fundamental a separação dos diversos tipos de resíduos produzidos, onde a fase inerte é a que possui maior potencial de reaproveitamento (CABRAL; MOREIRA, 2011).

Os dados apresentados por Pinto *et. al* (1999) apontam estatísticas indicando porcentagens de até 99% de RCD com possibilidades de reutilização no local ou reciclagem por outras indústria e aproximadamente 1% de resíduos perigosos (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Distribuição dos resíduos segregados em uma obra semelhante



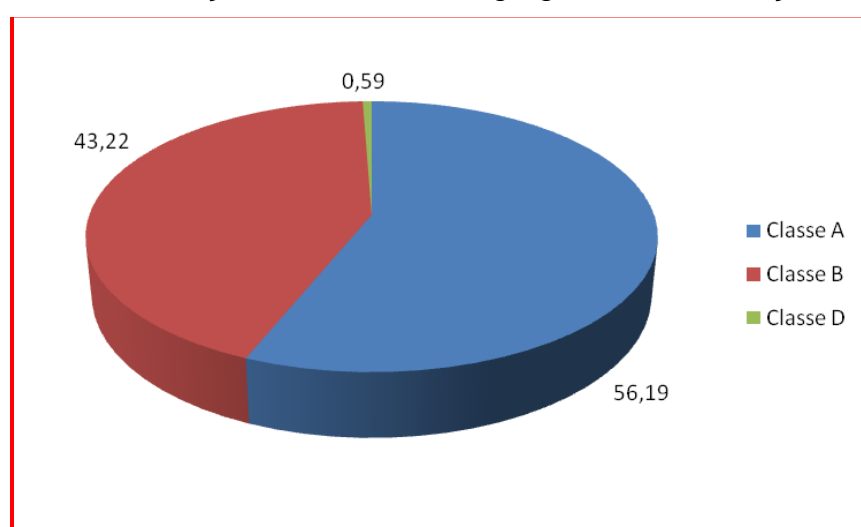
Fonte: Pinto (1999)

De acordo com pesquisa de Weissheimer e Kern (2014), que segregaram e quantificaram resíduos em uma obra residencial vertical no município de Lajeado/RS,

seguinte a classificação da Resolução 307/2002 do CONAMA, a maioria dos resíduos gerados foi enquadrada nas Classes A e B.

Os resíduos classificados como perigosos (classe D) tiveram pouca participação no total de resíduos observados no estudo, circunscritos à estimativa do volume das embalagens de tintas, não somando 1% do total. Cabe ressaltar que no ano seguinte à essa pesquisa, as embalagens vazias de tintas imobiliárias passaram a ser consideradas Classe B.

Gráfico 4 - Distribuição dos resíduos segregados na edificação avaliada



Fonte: Weissheimer e Kern (2014)

### 2.2.3 Armazenagem

Lima e Lima (2009) recomendam que, após a segregação, os RCD sejam acondicionados em recipientes que ofereçam as condições necessárias ao volume de resíduo produzido na obra, sendo os dispositivos de armazenamento mais utilizados as bombonas, *bags*, baias e caçambas estacionárias.

Independente do tipo de recipientes utilizados, estes deverão ser devidamente sinalizados, informando o tipo de resíduo que cada um acondiciona, garantindo a organização da obra e preservação da qualidade do RCD, além de facilitar os trabalhos de remoção pelos agentes transportadores (LIMA e LIMA, 2009).

Demais resíduos produzidos na obra que não configuram RCD, mas sim RSU em geral (como restos de alimentos, suas embalagens, copos plásticos, papéis oriundos de instalações sanitárias), devem ser acondicionados em sacos plásticos e

encaminhados para a coleta pública. No caso da existência de ambulatório no canteiro de obras, os resíduos de gerados devem atender à legislação pertinente (LIMA; LIMA, 2009).

#### 2.2.4 Transporte e destinação final

Os resíduos da construção civil gerados em construções, demolições e reformas, quando descartados de maneira ilegal em avenidas, ruas e praças, provocam enchentes e privam a população de espaços que poderiam ser destinados para lazer e recreação (JACOBI; BESEN, 2011).

Com relação à disposição final dos RCD, a Resolução CONAMA 307/2002 estabelece os requisitos a serem cumpridos para cada classe de resíduos, conforme demonstrado no Quadro 8.

Quadro 8 – Destinação Final dos RCD segundo a Resolução CONAMA 307/2002

CLASSE A	Deverão ser reutilizados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros; (nova redação dada pela Resolução 448/12).
CLASSE B	Deverão ser reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
CLASSE C	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
CLASSE D	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. (nova redação dada pela Resolução 448/12).

Fonte: Brasil (2002).

A legislação prevê que tanto o transporte quanto a destinação final dos RCD devem ser realizadas apenas por empresas habilitadas legalmente para tais

atividades, através de licenciamento próprio ao tipo de resíduo a ser transportado/recebido.

### 2.3 EVOLUÇÃO DOS MATERIAIS E REFLEXOS NA COMPOSIÇÃO DOS RCD

Desde o seu início, a indústria de materiais de construção vem se modificando, na busca de novas soluções que causem impactos positivos na qualidade e produtividade das obras. Calkins (2009) já constatava que a atividade passava por grandes transformações, deixando de ser limitada ao uso de materiais de produção local, passando a dispor de materiais produzidos em larga escala e com distribuição a nível global.

A grande variedade de materiais que surge desse novo cenário, somada ao avanço das tecnologias construtivas, vem resultando no desenvolvimento de materiais altamente processados, como compósitos, misturas e aditivos químicos que melhoram as propriedades dos insumos de construção, proporcionando maior durabilidade, resistência e eficiência aos materiais (CALKINS, 2009).

Pode-se atribuir como fatores responsáveis por esses avanços o aumento do custo da mão de obra, maior grau de profissionalização de técnicos e engenheiros que passam a projetar com métodos construtivos mais econômicos e produtivos (por exemplo, utilização de poliestireno expansível para preenchimento de lajes e paredes ao invés de tijolos cerâmicos, tornando as edificações mais leves), além do aumento da disponibilidade de tecnologias sofisticadas e de novas regulamentações, que direcionam a construção civil para materiais de maior complexidade. (CALKINS, 2009).

Exemplo disso é a Norma de Desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2013), cujos níveis de exigência inevitavelmente conduzem ao uso de produtos altamente processados, com rígido controle de qualidade.

Com a frequente utilização dos produtos antes mencionados, aumenta a preocupação com o comportamento dos RCD tanto para fins de reutilização e reciclagem, quanto nos ambientes de destinação final. Galvín et al (2012) caracterizaram amostras de RCD provenientes de duas usinas de reciclagem, contendo asfalto, cerâmica, solo natural, gesso e partículas leves de concreto e agregados naturais, demonstrando a variedade de produtos incorporados aos materiais considerados inertes.

### 2.3.1 Materiais potencialmente perigosos

Materiais potencialmente perigosos, como o amianto, tinta à base de chumbo (LBP) e bifenilos policlorados (PCB), têm sido historicamente utilizados na construção e manutenção de muitos edifícios. Estes materiais podem afetar significativamente a capacidade de reciclagem de alguns materiais, especialmente aqueles derivados de edifícios antigos. Nos Estados Unidos, em alguns casos, as preocupações quanto à possibilidade de estes materiais entrar no fluxo de reciclagem têm impedido que lotes inteiros de RCD sejam reciclados (GALVIN et al., 2012).

As substâncias perigosas presentes nos RCD podem causar danos ambientais se não forem devidamente gerenciadas. Quando estes materiais são aplicados como base de rodovias, por exemplo, a água de chuva superficial ou subterrânea entra em contato com eles, podendo ocorrer a lixiviação de elementos perigosos para o solo (GALVIN et al., 2012).

A busca da prática sustentável através da reciclagem, se aplicada de forma descontrolada, pode trazer consigo novos impactos ambientais. Contudo, essa prática exige uma compreensão do comportamento dos elementos presentes nos novos materiais que podem ser prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. (MEDINA; FRÍAS; ROJAS, 2014)

Os materiais reciclados são potenciais veículos para cargas variáveis de contaminantes, tais como metais pesados, metaloides, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) e sais, capazes de se deslocar gradativamente para o solo e águas subterrâneas (SUSSET; GRATHWOHL, 2011). Estes agregados reciclados são, em geral, considerados quimicamente inertes (GALVÍN et al., 2012). No entanto, com foco na preservação das águas subterrâneas, tem havido grande interesse dos países da União Europeia nos mecanismos de transporte de contaminantes através do solo e da evolução das concentrações dos mesmos na água subterrânea (SUSSET; LEUCHS, 2008), utilizando como base principalmente os ensaios de lixiviação (SCHWAB et al., 2014).

Galvín et al, (2012) realizaram testes de lixiviação em amostras de RCD que revelaram a liberação de concentrações de As, Ca, Cd, Cr, Cu, Hg, Mg, Ni, Pb, Se, Sb e Zn. Na mesma linha, Somasundaram (2014) constatou a liberação de metais pesados em amostras de resíduo de concreto, além de hidrocarbonetos poli aromáticos (HAP) e bifenilos policlorados (PCB) em amostras de resíduo de asfalto.

Resultados de pesquisa realizada em Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) de materiais utilizados na construção de um prédio no município de Lajeado/RS (WEISSHEIMER, L.F.; KERN, A.P., 2014), indicam a presença de substâncias não classificadas pela Resolução CONAMA 307 que, em altas concentrações podem representar riscos de contaminação no caso de exposição ao meio ambiente, como cal virgem, plastificantes, impermeabilizantes, desmoldantes, além de substâncias já classificadas como perigosas (Classe D) por essa resolução, como hidroasfalto, tintas e solventes.

Tabela 5 - Produtos, possíveis contaminantes e respectivos riscos ambientais

PRODUTO	COMPOSIÇÃO	Nº CAS	RISCOS AMBIENTAIS (Fichas de Segurança - FISPQ)
Cal Virgem	Óxido de Cálcio	1305-78-8	Solubilização e alcalinização de pH em recursos hídricos e solo.
Plastificante	Resinato de Sódio	68201-59-2	Contaminação do ar, solubilização e contaminação de recursos hídricos e solo.
	Silicato de Sódio	1344-09-8	Produto prejudicial ao meio aquático, valor de pH pode influenciar no desenvolvimento de espécies aquáticas.
Impermeabilizante	Hidróxido de Potássio	1310-58-3	
Desmoldante	Óleo Diesel	68334-30-5	Contaminação do ar, solubilização e contaminação de recursos hídricos e solo.
	Hidrocarbonetos Alifáticos	64742-47-8	
Hidroasfalto	Emulsão Asfáltica	8052-42-4	Contaminação do ar, solubilização e contaminação de recursos hídricos e solo.
	PEAD	25087-34-7	
	Poliéster	9065-68-3	
Cimento CP-IV	Várias	-	Produto não apresenta riscos ao meio ambiente.
Tinta Acrílica	Várias (Produto Perigoso)	-	Perigoso para o ambiente. Muito tóxico para os organismos aquáticos, podendo causar efeitos nefastos em longo prazo no ambiente aquático.

Tabela 6 (Cont.) - Produtos, possíveis contaminantes e respectivos riscos ambientais

PRODUTO	COMPOSIÇÃO	Nº CAS	RISCOS AMBIENTAIS (Fichas de Segurança - FISPQ)
---------	------------	--------	--

Tinta Esmalte	Várias (Produto Perigoso)	-	Perigoso para o ambiente. Muito tóxico para os organismos aquáticos, podendo causar efeitos nefastos em longo prazo no ambiente aquático.
Solvente	Nafta	64742-82-1	Nocivo para os organismos aquáticos, podendo causar efeitos nocivos em longo prazo no ambiente aquático.
	Querosene	8008-20-6	
	Benzeno	71-43-2	

Fonte: Weissheimer e Kern (2014)

No Brasil, para obtenção de informações quanto à estabilidade química dos RCD quando em contato com soluções aquosas, são utilizados ensaios de lixiviação e solubilização que permitem verificar o grau de imobilização de contaminantes. Existem diferentes metodologias para ensaios de lixiviação e solubilização, porém são as normas NBR 10.005 (ABNT, 2004) e NBR 10.006 (ABNT, 2004), respectivamente, que estabelecem diretrizes para esses procedimentos no Brasil.

Trabalhos como os de Brehm et al, (2013), Lima (2013) e Córdoba (2014) realizaram procedimentos de lixiviação e solubilização em RCD de acordo com as normas brasileiras, também constatando a liberação de metais pesados e componentes orgânicos desses materiais.

### 2.3.2 Argamassa industrializada estabilizada

A melhoria da produtividade também tem sido buscada por novos materiais e componentes através da industrialização. Considerando a importância socioeconômica da construção civil dentre as atividades desenvolvidas pelo homem, é fato que ainda é um setor onde ocorre muito desperdício, se comparada a outras indústrias.

Pesquisadores como Formoso et al. (1997) e Agopyan et al. (1998) apontam que essas perdas não se resumem apenas ao desperdício de materiais, mas também ao uso ineficiente de equipamentos, mão-de-obra e recursos, necessitando constantemente de inovações tecnológicas e de gestão que introduzam melhorias no processo produtivo.

Surgidas na década de 50, as argamassas industrializadas representaram uma evolução no sistema produtivo da construção civil, sendo capazes de proporcionar maior padronização e rapidez ao processo. (SILVA, 2007).

Foram aperfeiçoadas na década de 1970 quando, na Alemanha, a inclusão de aditivos retardadores de pega no produto tornou essas argamassas capazes de permanecerem estáveis por até 72h, mantendo suas características de uso, dando origem às *argamassas estabilizadas*.

As argamassas estabilizadas são dosadas em centrais, misturadas e transportadas em caminhões betoneira, sendo descarregadas e armazenadas em recipientes próximos aos locais de aplicação. Sua composição é semelhante à das argamassas industrializadas e convencionais sendo, contudo, a cal substituída por aditivos incorporadores de ar, a fim de melhorar a trabalhabilidade e acabamento das misturas e, principalmente, aditivos estabilizadores que controlam a hidratação do C3A, retardando a pega (HARTMANN et al., 2011).

A argamassa estabilizada já vem sendo utilizada com maior frequência em atividades como revestimento (chapisco, emboço e reboco interno e externo), regularização de pisos e assentamento de alvenaria de vedação.

De acordo Mann Neto, Andrade e Soto (2010) a grande vantagem da argamassa estabilizada está na redução dos desperdícios em obra, devido à possibilidade de utilização da mesma por período prolongado, além da eliminação das etapas de estocagem, transporte interno do material e produção da argamassa em canteiro.

Além da redução de RCD gerado no canteiro, a ausência dos restos de produção e transporte da argamassa (embalagens de cimento, cal e aditivos, por exemplo) proporciona maior limpeza da obra e qualidade no ambiente de trabalho.

Marcondes (2009) destaca ainda algumas outras vantagens do uso da argamassa estabilizada quando comparada com argamassas de cimento produzidas em obra são: melhor homogeneidade e acabamento; menor permeabilidade; menor taxa de exsudação.

Segundo Shmid (2011), o uso da argamassa estabilizada aumenta o rendimento da mão de obra em até 35%, evitando paradas para aguardar a confecção da argamassa, principalmente no início do expediente.

Com um planejamento adequado das quantidades de argamassa comprada diariamente, somado aos ganhos de produtividade com a realocação da mão de obra antes utilizada para confeccionar a argamassa convencional, seu uso pode se tornar vantajoso, visto que o desperdício de materiais para o preparo da argamassa



convencional no canteiro de obras acaba exigindo muito mais quantidade de material comprado para uma mesma quantidade de argamassa aproveitada.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho utilizou como estratégia de pesquisa o estudo de caso, que permite a análise do objeto em seu contexto real. Através de múltiplas fontes de evidência (qualitativas e quantitativas), utiliza-se a interação de um conjunto de variáveis para possibilitar a generalização dos resultados, de acordo com Meirinhos (2010).

Considerando que a pesquisa foi realizada com base nas evidências de três obras (casos) da mesma construtora, a estratégia adotada consiste em um estudo de casos coletivo, apresentando, segundo Vázquez e Ângulo (2003), um grau mínimo de instrumentalização, visto que cada caso constitui um instrumento para compreensão do problema que envolve o conjunto.

Para o tratamento dos dados foi utilizado o software IBM SPSS, que disponibiliza a aplicação computacional das técnicas de regressão linear múltipla e análise de correlação, necessárias para obtenção do modelo de estimativa e mensuração da influência de cada variável na generalização do modelo.

#### 3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

A pesquisa foi realizada através da parceria com uma empresa construtora com sede na cidade de Esteio/RS, voltada para empreendimentos residenciais de alto padrão, com mais de 20 anos de atuação no mercado de construção civil, e quase 100 mil m<sup>2</sup> construídos.

Foram disponibilizados pela Construtora os projetos, registros e acesso aos canteiros de três obras, denominadas Edifícios A, B e C, para observação das características de projeto e execução utilizadas na formulação das variáveis.

O estudo, conforme especificado nos objetivos (Capítulo 1), tem como foco principal quantificar os resíduos Classe A gerados pela Construtora durante a execução de três obras residenciais verticais, avaliando, através de técnicas estatísticas, a variação na taxa de geração de resíduo Classe A (Res. CONAMA 307/2002) em decorrência da mudança do sistema de produção de argamassa convencional (Edifícios A e B) para o sistema de argamassa estabilizada (Edifício C).

A Figura 1 apresenta a fachada das obras visitadas durante a primeira etapa da pesquisa, localizadas nos municípios de Canoas (A) e Esteio (B e C).



Figura 1 – (a) Edifício A, (b) Edifício B, (c) Edifício C

Devido à existência de registros detalhados dos volumes de resíduos gerados em todas as obras, foi realizada apenas uma vistoria de reconhecimento ao Edifício A (já concluído) e aos canteiros de obras dos Edifícios B e C.

A Tabela 5 apresenta dados gerais das edificações vistoriadas, bem como a etapa em que as mesmas se encontravam no momento da vistoria.

Tabela 7 – Obras visitadas, dados dos pavimentos tipo e etapas de execução

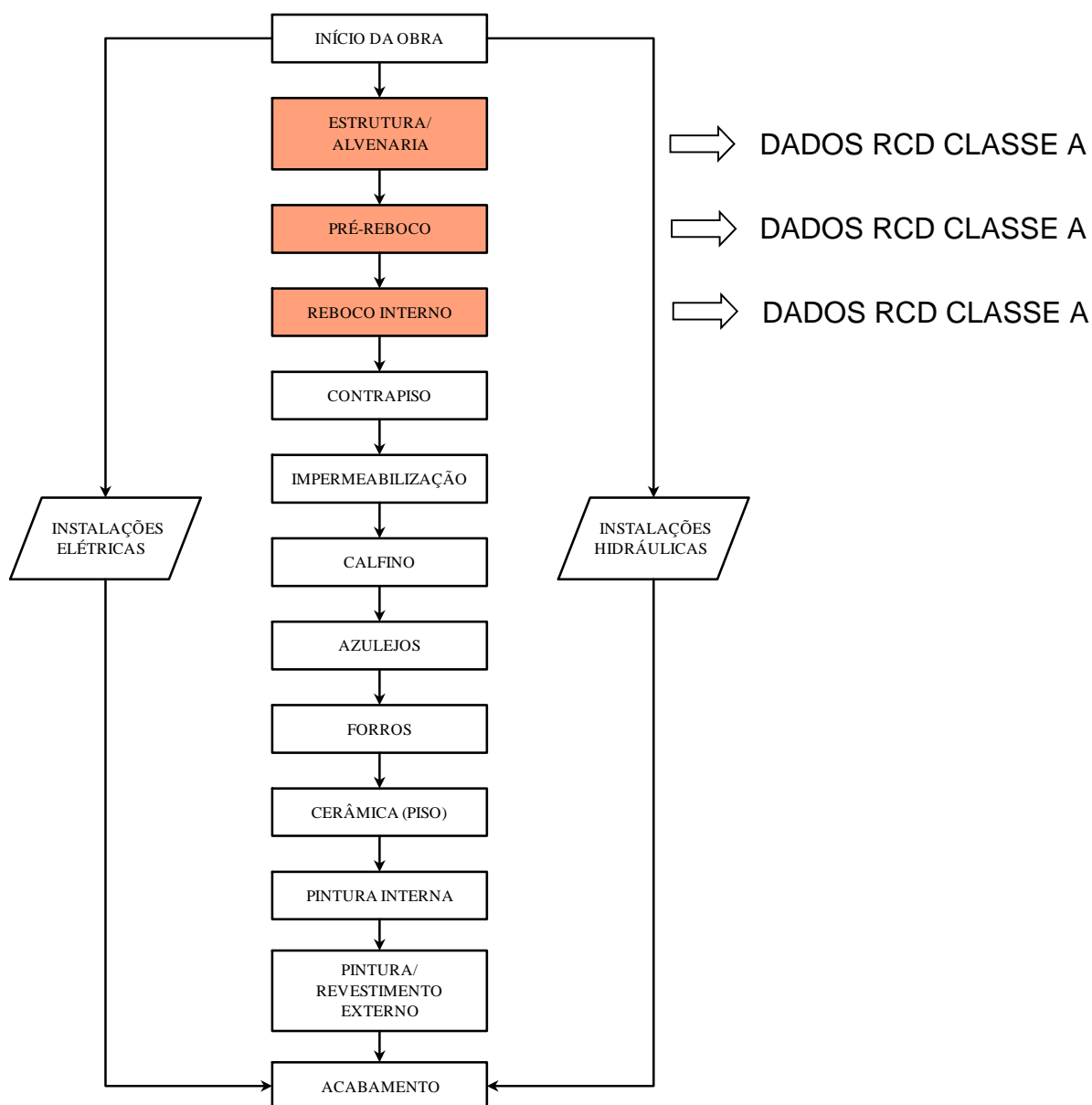
Obra	Nº pav. Tipo	Área pav. Tipo	Total	Etapa de execução
A	12	779,28 m <sup>2</sup>	9.351,36 m <sup>2</sup>	Concluída
B	14	431,96 m <sup>2</sup>	6.047,44 m <sup>2</sup>	Acabamento
C	13	447,35 m <sup>2</sup>	5.815,55 m <sup>2</sup>	Reboco Interno

Observou-se que o planejamento das obras que estavam em andamento estava sendo seguido e controlado, sendo que informações sobre os cronogramas das obras foram disponibilizadas digitalmente pela Construtora.

As etapas de obra consideradas nesse trabalho incluem estrutura e alvenaria (argamassa de assentamento) e revestimento interno (argamassa de chapisco e reboco – paredes e lajes).

As demais etapas de obras não foram consideradas pelo fato das obras B e C estarem em andamento.

Para um melhor entendimento das etapas consideradas pela pesquisa, foi elaborado um fluxograma do cronograma seguido pelas obras, destacando as etapas consideradas na pesquisa (Figura 2):



**Figura 2 – Fluxograma do cronograma padrão das obras da construtora avaliada**

### 3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Para atendimento dos objetivos propostos, a metodologia de trabalho foi dividida em três etapas, denominadas “levantamento de dados”, “tratamento de dados” e “análise de dados”, mostradas no delineamento do Quadro 9.

Quadro 9 – Delineamento das etapas de realização do trabalho

	Objetivo específico	QUESTÕES DE PESQUISA	FERRAMENTA/FONTES DE EVIDÊNCIA
LEVANTAMENTO DE DADOS	Quantificar e classificar os resíduos gerados em obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qual a quantidade de RCD gerada em cada obra estudada?</li> <li>- Como o RCD é segregado e armazenado?</li> <li>- Quais as características de projeto e execução das edificações?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observação in loco.</li> <li>- Análise de registros.</li> </ul>
TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	Tratar os dados estatisticamente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Como as características de projeto e execução exercem influência na quantidade de resíduos gerados?</li> <li>- Existe variação na taxa de geração de RCD Classe A entre as obras?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Banco de dados com as quantidades de RCD Classe A gerado nas obras.</li> <li>- Modelos de estimativa.</li> <li>- Gráficos e Tabelas.</li> </ul>
ANÁLISE QUALITATIVA	Analisar características de lixiviação e solubilização resíduo gerado pela argamassa convencional e argamassa estabilizada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As concentrações das substâncias presentes estão dentro dos limites da NBR 10004:2004?</li> <li>- Existe variação na classificação das argamassas de acordo com as análises?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laudos de Análises Laboratoriais.</li> <li>- Gráficos e Tabelas.</li> </ul>

A primeira etapa, “Levantamento de Dados”, foi realizada com o acompanhamento da Técnica em Segurança do Trabalho e Meio Ambiente da Construtora nas visitas aos canteiros-de-obra.

Já a realização da segunda etapa, “Tratamento e Análise dos Dados”, ocorreu com auxílio de um bolsista de iniciação científica da Unisinos, nas atividades de lançamento e quantificação das variáveis de projeto.

A terceira etapa foi realizada através da coleta de amostras no canteiro da Obra C, onde estavam disponíveis tanto a argamassa estabilizada quanto a argamassa convencional. As amostras foram enviadas para análises de extrato lixiviado e extrato solubilizado, para verificação dos limites de concentrações previstos pela NBR 10004:2004.

A seguir é descrita a realização das três etapas de pesquisa.

### 3.3 ETAPA 1: LEVANTAMENTO DE DADOS

A investigação quantitativa e classificação dos os resíduos gerados nas obras pesquisadas buscou responder as seguintes questões de pesquisa:

- I - Quanto resíduo de argamassa foi gerado até o momento da vistoria?
- II - Qual a classificação dos resíduos gerados?
- III - Como é realizada a segregação dos resíduos nas obras?
- IV - Quais os sistemas construtivos adotados na obra?
- V - Existe variação na geração de resíduos com o uso de diferentes sistemas?

Foram visitadas uma edificação concluída (Edifício A) e duas obras em andamento (Edifícios B e C), sendo as três obras muito semelhantes em termos de sistema construtivo, cujas características são descritas a seguir:

- Obra A: edifício residencial, composto por 15 pavimentos, sendo um subsolo, um pavimento térreo e 13 pavimentos tipo. Nessa construção foi utilizado o sistema estrutural em concreto armado e vedação com blocos vazados. O tipo de argamassa utilizado foi o convencional (cimento, areia e aditivo plastificante). O revestimento interno foi realizado com reboco, assim como o externo. A obra encontrava-se concluída no momento da vistoria.

- Obra B: edifício residencial, composto por 17 pavimentos, sendo um subsolo, um pavimento térreo, um pavimento de garagem e 14 pavimentos tipo. Nessa construção foi utilizado o sistema estrutural em concreto armado e vedação com blocos vazados. O tipo de argamassa utilizado foi o convencional (cimento, areia e aditivo plastificante). O revestimento interno foi realizado com reboco, e o externo com pastilhas cerâmicas. A obra encontrava-se em fase de conclusão no momento da vistoria.

- Obra C: edifício residencial, composto por 16 pavimentos, sendo um pavimento térreo, dois pavimento de garagem e 13 pavimentos tipo. Nessa construção foi utilizado o sistema estrutural em concreto armado e vedação com blocos vazados. O tipo de argamassa utilizado foi a estabilizada (72h). O revestimento interno estava

sendo realizado com reboco, e o externo ainda não fora iniciado. A obra encontrava-se em andamento, na etapa de revestimento interno no momento da vistoria.

Foram observadas no canteiro de obras as características qualitativas apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Etapa de obra, tipo de resíduo, classificação e produtos utilizados

Obra	Estrutura	Vedação	Argamassa	Revest. Externo	Forro
A	Concreto Usinado	Blocos Vazados	Convencional	Reboco	Gesso
B	Concreto Usinado	Blocos Vazados	Convencional	Pastilha Cerâmica	Gesso
C	Concreto Usinado	Blocos Vazados	Estabilizada	Reboco	Gesso

Conforme descrito anteriormente nas três obras vistoriadas foi utilizado o sistema de estrutura em concreto armado usinado, com vedação em blocos cerâmicos vazados (Figura 3).

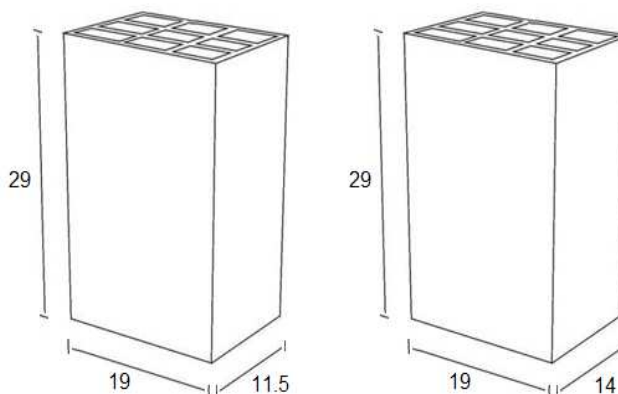


Figura 3 – Blocos cerâmicos utilizados na vedação dos Edifícios A, B e C

As juntas de assentamento e juntas verticais variam entre 15mm e 20mm. O reboco foi projetado para ser executado em 3 camadas: chapisco, emboço e massa fina, com espessura total de 15mm nas paredes internas e 25mm nas paredes externas. Nesse estudo, foi considerado somente o reboco nas paredes internas, porque no momento de execução do trabalho o reboco externo não havia sido executado nas três obras.

As argamassas utilizadas nos Edifícios A e B, tanto para assentamento de blocos, quanto para reboco interno, foram produzidas no canteiro de obras com cimento, areia e aditivo superplastificante. Já no Edifício C, a Construtora passou a utilizar argamassa estabilizada, também para as mesmas funções. A Figura 4 mostra a utilização de argamassas nas obras dos Edifícios B e C.



**Figura 4 – Argamassa convencional (Edifício B) e estabilizada (Edifício C)**

O armazenamento dos resíduos em obra pode ser visto em sua maior parte no canteiro-de-obras do Edifício B, onde as classes A, B e C, previstas pela Resolução CONAMA 307/2002, encontravam-se no local (Figura 5).



**Figura 5 – Resíduos de Classes A, B e C presentes no Edifício B**



Os resíduos Classe A foram corretamente armazenados em caçambas de entulho e foi possível identificar a presença de restos de argamassa e blocos cerâmicos no volume. Já os resíduos Classes B e C não se encontram armazenados em caçambas ou baias, mas diretamente sob o piso.

Os resíduos Classe D (Figura 6) são armazenados em local separado dos demais, juntamente com o estoque de tintas e solventes, porém não se encontram acondicionados em contêineres ou tambores conforme recomendação da NBR 12.235 (ABNT, 1992).



**Figura 6 – Tintas, Solventes e Resíduos Classe D presentes no Edifício B**

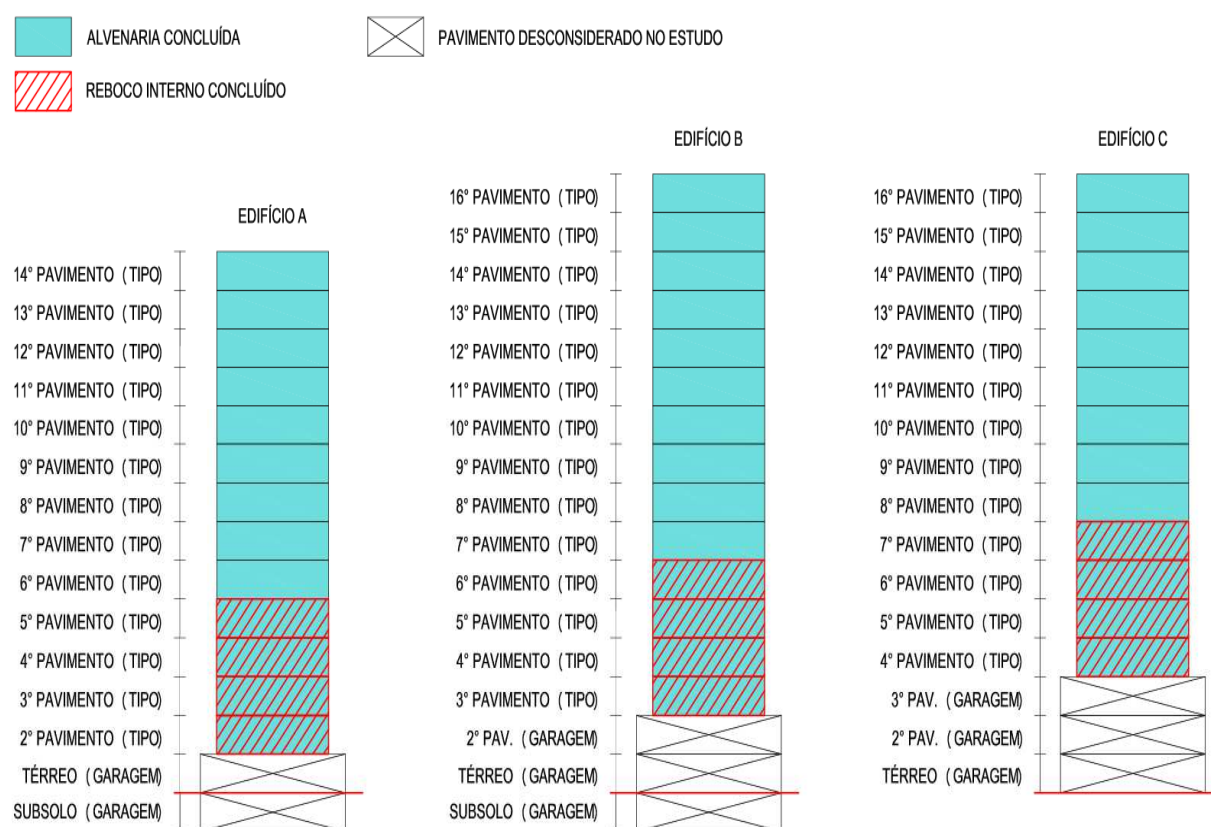
Considerando que nessa pesquisa estão sendo avaliados apenas os resíduos Classe A, constatou-se que os mesmos estão sendo segregados e armazenados de forma adequada para descarte e que o número de caçambas informado nos registros representa o tipo de material objeto desse estudo.

Na visita realizada ao Edifício C, o engenheiro responsável pela obra teceu comentários a respeito da utilização de argamassa estabilizada, no que tange à geração de resíduos: *“percebemos a redução na quantidade de argamassa descartada no cotidiano, em função do maior tempo de estabilidade da mesma. Quando utilizamos argamassa convencional, o intervalo de trabalho é de duas a três horas, sendo necessário o descarte do que não foi utilizado após esse período. Já*

com a argamassa estabilizada, o intervalo de trabalho é de até 72h, sendo utilizada praticamente toda a argamassa comprada, com ocorrência mínima de descarte”.

A quantificação dos resíduos gerados foi realizada mediante consulta aos registros da Construtora, disponibilizados através de planilha eletrônica. Por estar concluída, os dados de geração de resíduos da obra A compreendem o total gerado, e para as obras B e C os dados representam um total parcial, de acordo com o andamento das obras.

Em razão dos dados das obras B e C serem parciais, o estudo foi delimitado de acordo com as etapas já finalizadas na obra C. A Figura 7 ilustra os critérios adotados para equalização dos dados comparativos:



**Figura 7 – Critérios de equalização para quantificação de RCD Classe A gerado nas obras**

Como mostra a Figura 7, em decorrência da indisponibilidade de dados sobre os resíduos gerados nas etapas de subsolo e térreo (utilização como garagem, em com ausência ou pouca quantidade de alvenarias), os mesmos foram desconsiderados por não apresentar a normalidade necessária para o tratamento estatístico.

Os dados de RCD gerado nas etapas de alvenaria foram considerados em sua totalidade em razão da disponibilidade dos mesmos e da etapa já ter sido concluída em todas as obras.

Já os dados de RCD gerado na etapa de revestimento interno foram considerados parcialmente, em razão da disponibilidade dos mesmos apenas em quatro pavimentos na Obra C, apesar de disponíveis em maior número de pavimentos nas demais obras. Afim de equalizar a análise permitindo o comparativo entre as edificações, essa etapa foi limitada com base na disponibilidade da Obra C.

### 3.3.1 Variável dependente – Volume de RCD Classe A gerado no pavimento

As Tabelas 7, 8 e 9 mostram os dados de geração de resíduo das 3 obras estudadas. Pelos critérios adotados, foram contabilizados os volumes de RCD Classe A gerados na execução das alvenarias de todos os pavimentos tipo e no reboco de quatro pavimentos tipo, em todas as obras, considerando as caçambas de resíduos contratadas pela empresa. Para vincular o volume de resíduo gerado com a etapa de obra foi observada a data de contratação da caçamba e o serviço em andamento do cronograma das obras.

Tabela 8 – Levantamento de dados Obra A

EDIFÍCIO A						
Data	Caçambas (4,5 m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Pavimento Tipo	Área Pavimento (m <sup>2</sup> )	Serviços	
ago/13	1	4,50	2º Pav.	779,28	Alvenaria	-
ago/13	2	9,00	3º Pav.	779,28	Alvenaria	-
set/13	2	9,00	4º Pav.	779,28	Alvenaria	-
out/13	4	18,00	5º Pav.	779,28	Alvenaria	-
nov/13	4	18,00	6º Pav.	779,28	Alvenaria	-
dez/13	2	9,00	7º Pav.	779,28	Alvenaria	-
jan/14	2	9,00	8º Pav.	779,28	Alvenaria	-
jan/14	4	18,00	9º Pav.	779,28	Alvenaria	-
fev/14	6	27,00	10º Pav.	779,28	Alvenaria	-
mar/14	7	31,50	11º Pav.	779,28	Alvenaria	Reboco
abr/14	6	27,00	12º Pav.	779,28	Alvenaria	Reboco
mai/14	10	45,00	13º Pav.	779,28	Alvenaria	Reboco
jun/14	8	40,50	14º Pav.	779,28	Alvenaria	Reboco
TOTAL	58	265,50		10.130,64		

Tabela 9 - Levantamento de dados Obra B

EDIFÍCIO B						
Data	Caçambas (4,5 m³)	Volume (m³)	Pavimento Tipo	Área Pavimento (m²)	Serviços	
jun/14	1	4,50	3º Pav.	431,96	Alvenaria	-
jul/14	1	4,50	4º Pav.	431,96	Alvenaria	-
ago/14	3	13,50	5º Pav.	431,96	Alvenaria	-
set/14	2	9	6º Pav.	431,96	Alvenaria	-
out/14	2	9	7º Pav.	431,96	Alvenaria	-
nov/14	2	9	8º Pav.	431,96	Alvenaria	-
dez/14	4	18	9º Pav.	431,96	Alvenaria	-
jan/15	3	13,50	10º Pav.	431,96	Alvenaria	-
fev/15	2	9	11º Pav.	431,96	Alvenaria	-
mar/15	1	4,50	12º Pav.	431,96	Alvenaria	-
abr/15	2	9	13º Pav.	431,96	Alvenaria	-
mai/15	3	13,50	14º Pav.	431,96	Alvenaria	Reboco
jun/15	4	18	15º Pav.	431,96	Alvenaria	Reboco
jul/15	8	36	16º Pav.	431,96	Alvenaria	Reboco
TOTAL	38	171	-	6.047,44	-	-

Tabela 10 - Levantamento de dados Edifício C

EDIFÍCIO A						
Data	Caçambas (4,5 m³)	Volume (m³)	Pavimento Tipo	Área Pavimento (m²)	Serviços	
dez/15	2	9	4º Pav.	447,35	Alvenaria	-
jan/16	2	9	5º Pav.	447,35	Alvenaria	-
fev/16	2	9	6º Pav.	447,35	Alvenaria	-
mar/16	2	9	7º Pav.	447,35	Alvenaria	-
abr/16	1	4,50	8º Pav.	447,35	Alvenaria	-
mai/16	2	9	9º Pav.	447,35	Alvenaria	-
mai/16	3	13,50	10º Pav.	447,35	Alvenaria	-
jun/16	3	13,50	11º Pav.	447,35	Alvenaria	-
jun/16	3	13,50	12º Pav.	447,35	Alvenaria	-
jul/16	1	4,50	13º Pav.	447,35	Alvenaria	Reboco
ago/16	3	13,50	14º Pav.	447,35	Alvenaria	Reboco
ago/16	2	9	15º Pav.	447,35	Alvenaria	Reboco
set/16	4	18	16º Pav.	447,35	Alvenaria	Reboco
TOTAL	30	135	-	5.815,55	-	-

Esse cruzamento de dados foi possível porque a empresa faz recolhimento das caçambas semanalmente e armazena os registros de volume recolhido em planilhas junto ao seu setor de Gerenciamento de Obras.

### 3.3.2 Variáveis independentes – Características de Projeto e Execução

As variáveis de projeto foram obtidas a partir das plantas arquitetônicas das edificações estudadas, disponibilizadas pela Construtora. São variáveis quantitativas, tendo sido mensuradas através de software de desenho auxiliado por computador (CAD).

- Área de Alvenaria ( $m^2$ ): representa a projeção plana das alvenarias executadas nas edificações avaliadas, descontadas as aberturas e elementos estruturais. É frequentemente utilizada em estimativas orçamentárias e dimensionamento de serviços. Nesta variável não é realizada distinção entre área de paredes internas e externas. Como explicado anteriormente, a área de paredes considerada compreende todos os pavimentos-tipo das três obras.

- Área de Revestimento ( $m^2$ ): representa a projeção plana das camadas de chapisco, emboço e reboco executadas nas edificações avaliadas, descontadas as aberturas, porém considerando elementos estruturais, que também são revestidos. Nessa variável foram desconsideradas as áreas de reboco de paredes externas, pois esse serviço na obra C foi executado em época posterior à pesquisa. A área de revestimento considerada corresponde a quatro pavimentos-tipo das três obras estudadas.

- Volume de Alvenaria ( $m^3$ ): representa a projeção tridimensional das alvenarias executadas nas edificações avaliadas, descontadas as aberturas e elementos estruturais. Foi incluída no estudo em razão da variedade de espessuras das paredes previstas em projeto, supondo-se que poderia haver uma diminuição do erro padrão nos modelos estatísticos ensaiados.

- Volume de Reboco ( $m^3$ ): da mesma forma que o “Volume de Paredes”, representa a projeção tridimensional das camadas de chapisco, emboço e reboco executadas nas edificações avaliadas, descontadas as aberturas, porém considerando elementos estruturais, que também são revestidos.

Tabela 110 – Variáveis Independentes de Projeto do Edifício A

Pav. Tipo	Área Paredes(m <sup>2</sup> )	Área Reboco (m <sup>2</sup> )	Vol. Paredes(m <sup>3</sup> )	Vol. Reboco (m <sup>3</sup> )
2º Pav.	859,94	0,00	162,37	0,00
3º Pav.	859,94	0,00	162,37	0,00
4º Pav.	859,94	0,00	162,37	0,00
5º Pav.	859,94	0,00	162,37	0,00
6º Pav.	859,94	0,00	162,37	0,00
7º Pav.	859,94	0,00	162,37	0,00
8º Pav.	859,94	0,00	162,37	0,00
9º Pav.	859,94	0,00	162,37	0,00
10º Pav.	859,94	0,00	162,37	0,00
11º Pav.	859,94	1123,58 (2º Pav.)	162,37	16,85
12º Pav.	859,94	1123,58 (3º Pav.)	162,37	16,85
13º Pav.	859,94	1123,58 (4º Pav.)	162,37	16,85
14º Pav.	859,94	1123,58 (5º Pav.)	162,37	16,85
TOTAL	11.179,22	4.494,32	2.110,81	67,41

Tabela 12 – Variáveis Independentes de Projeto do Edifício B

Pav. Tipo	Área Alvenaria(m <sup>2</sup> )	Área Reboco(m <sup>2</sup> )	Vol. Alvenaria(m <sup>3</sup> )	Vol. Reboco(m <sup>3</sup> )
3º Pav.	427,44	0,00	83,36	0,00
4º Pav.	427,44	0,00	83,36	0,00
5º Pav.	427,44	0,00	83,36	0,00
6º Pav.	427,44	0,00	83,36	0,00
7º Pav.	427,44	0,00	83,36	0,00
8º Pav.	427,44	0,00	83,36	0,00
9º Pav.	427,44	0,00	83,36	0,00
10º Pav.	427,44	0,00	83,36	0,00
11º Pav.	427,44	0,00	83,36	0,00
12º Pav.	427,44	0,00	83,36	0,00
13º Pav.	427,44	0,00	83,36	0,00
14º Pav.	427,44	1054,90 (3º e 4º Pav.)	83,36	15,82
15º Pav.	427,44	1054,90 (4º e 5º Pav.)	83,36	15,82
16º Pav.	427,44	1054,90 (5º e 6º Pav.)	83,36	15,82
TOTAL	5.984,16	3.164,70	1.167,04	47,47

Tabela 13 – Variáveis Independentes de Projeto do Edifício C

Pav. Tipo	Área Alvenaria(m <sup>2</sup> )	Área Reboco(m <sup>2</sup> )	Vol. Alvenaria(m <sup>3</sup> )	Vol. Reboco(m <sup>3</sup> )
4º Pav.	614,16	0,00	111,51	0,00
5º Pav.	614,16	0,00	111,51	0,00
6º Pav.	614,16	0,00	111,51	0,00
7º Pav.	614,16	0,00	111,51	0,00
8º Pav.	614,16	0,00	111,51	0,00
9º Pav.	614,16	599,03 (4º Pav.)	111,51	8,99
10º Pav.	614,16	599,03 (4º Pav.)	111,51	8,99
11º Pav.	614,16	599,03 (5º Pav.)	111,51	8,99
12º Pav.	614,16	599,03 (5º Pav.)	111,51	8,99
13º Pav.	614,16	599,03 (6º Pav.)	111,51	8,99
14º Pav.	614,16	599,03 (6º Pav.)	111,51	8,99
15º Pav.	614,16	599,03 (7º Pav.)	111,51	8,99
16º Pav.	614,16	599,03 (7º Pav.)	111,51	8,99
TOTAL	7.984,08	4.792,24	1.449,63	71,88

Salienta-se que as variáveis “Área de Revestimento” e “Volume de Revestimento” representam as alvenarias rebocadas de quatro pavimentos em cada edificação, distribuídos pelo período de execução desses serviços, de acordo com os cronogramas aferidos pela Construtora.

- Tipo de Argamassa: essa variável foi selecionada considerando que foi a única alteração no sistema de produção das obras que poderia causar alguma variação na taxa de geração de resíduos por pavimento, visto que as características do sistema produtivo que influenciam a geração de resíduos como organização do canteiro, planejamento da obra, industrialização, entre outros, são padronizados pela empresa construtora. Trata-se de uma variável dicotômica, sendo utilizado índice do tipo booleano (0 e 1) para representar a mesma no modelo estatístico.

### 3.4 ETAPA 2: TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

O tratamento estatístico dos dados coletados foi realizado após a análise das amostras de dados, tendo sido considerado como “amostra completa” a série de dados relativos a “um pavimento tipo contendo registro de número de caçambas de RCD Classe A”.

As quantidades de resíduos pertencendo às Classes B, C e D de acordo com a Resolução CONAMA 307/2002 foram desconsideradas, assim como os dados de pavimentos diferentes do “Pavimento Tipo” de cada edificação.

Posteriormente foram realizados testes de normalidade dos dados para verificação da aderência da base de dados ao modelo de distribuição normal, pré-requisito para utilização dos testes paramétricos descritos a seguir. As análises foram realizadas com auxílio do software IBM SPSS Statistics.

A análise de regressão é uma técnica utilizada para investigar e modelar a relação entre variáveis a partir de um banco de dados (Freedman et al. 2004).

Através dela é possível verificar a relação de uma variável de interesse Y (variável dependente) em relação a k variáveis Xi (variáveis independentes),  $i = 1, 2, \dots, n$ . O modelo para avaliar essa relação é dado por:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \quad i = 1, \dots, n \quad \text{Equação (1)}$$

$Y_i$  = variável dependente para a  $i$ -ésimo pavimento tipo;

$X_i$  = variáveis independentes para a  $i$ -ésimo pavimento tipo;

$\beta$  = coeficientes parciais de regressão;

$\varepsilon$  = erro.

Considerando o alto nível de padronização dos sistemas construtivos adotados pela Construtora, entende-se que o modelo empírico apresentado na Equação 1 possa ser utilizado para a estimativa de volumes de RCD Classe A em novas obras da empresa, tanto para utilização de argamassa convencional, quanto para utilização de argamassa estabilizada.

A correlação de Pearson mensura a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas. O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) pode ser considerado uma medida de associação linear entre variáveis (Moore, 2007).

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left( \frac{x_i - \bar{X}}{s_x} \right) \left( \frac{y_i - \bar{Y}}{s_y} \right) \quad \text{Equação (2)}$$

Os valores do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) podem variar entre -1 e 1, sendo o sinal indicativo da relação positiva ou negativo e o valor atribuindo a força da relação entre as variáveis. Uma correlação forte (-1 ou 1) indica que o valor de uma variável pode ser determinado exatamente com base no valor da outra. Já uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis (FIGUEIREDO FILHO, 2010).

Nessa etapa da pesquisa foram analisados e discutidos os resultados obtidos a partir dos testes estatísticos, com uso de tabelas, gráficos e estimativas geradas a partir do modelo mais adequado estatisticamente.

### 3.5 ETAPA 3: ANÁLISE QUALITATIVA

Na última etapa da pesquisa foram coletadas amostras de cada tipo de argamassa utilizada pela Construtora nas obras avaliadas, conforme recomendações



da NBR 10007 (ABNT, 2004) sendo as mesmas enviadas para realização de ensaios de lixiviação NBR 10005 (ABNT, 2004) e solubilização NBR 10006 (ABNT, 2004).

Foram recolhidas duas amostras, intituladas ARG01 (argamassa convencional de cimento, areia e aditivo plastificante) e ARG02 (argamassa estabilizada para 72h).

As análises foram realizadas por laboratório terceirizado no município de Viamão/RS, sendo os laudos encaminhados para avaliação pela equipe de pesquisa.

Esses laudos encontram-se inseridos ao final do trabalho na forma de Anexo A, e permitiram visualizar as variações entre os parâmetros de classificação da NBR 10.004 (ABNT, 2004) entre as duas amostras estudadas.

## 4 RESULTADOS

Os dados quantitativos e qualitativos, obtidos a partir dos registros e projetos fornecidos pela Construtora e coletados nas vistorias aos Edifícios A, B e C, foram organizados em tendo como unidade amostral o “pavimento tipo”, ou seja, foram testadas as variáveis de geração de RCD em cada pavimento tipo das três edificações estudadas.

### 4.1 VARIÁVEL DEPENDENTE – VOLUME DE RCD CLASSE A GERADO NO PAVIMENTO TIPO

O volume de RCD Classe A gerado em cada pavimento tipo de cada uma das três edificações estudadas é apresentado na Tabela 13. Esses dados foram coletados a partir dos registros de número de caçambas gerada (recibos com data de emissão) e distribuídos nos respectivos pavimentos de acordo com o cronograma de etapas aferido pela Construtora.

Tabela 14 -Volumes de RCD Classe A gerados nos pavimentos tipo dos edifícios

EDIFÍCIO A			EDIFÍCIO B			EDIFÍCIO C		
Pav.	Caçambas (4,5m <sup>3</sup> )	RCD Classe A (m <sup>3</sup> )	Pav.	Caçambas (4,5m <sup>3</sup> )	RCD Classe A (m <sup>3</sup> )	Pav.	Caçambas (4,5m <sup>3</sup> )	RCD Classe A (m <sup>3</sup> )
2º	01	4,50	3º	01	4,50	4º	02	9,00
3º	02	9,00	4º	01	4,50	5º	02	9,00
4º	02	9,00	5º	03	13,50	6º	02	9,00
5º	04	18,00	6º	02	9,00	7º	02	9,00
6º	04	18,00	7º	02	9,00	8º	01	4,50
7º	02	9,00	8º	02	9,00	9º	01	9,00
8º	02	9,00	9º	04	18,00	10º	03	13,50
9º	04	18,00	10º	03	13,50	11º	03	13,50
10º	06	27,00	11º	02	9,00	12º	03	13,50
11º	07	31,50	12º	01	4,50	13º	02	9,00
12º	06	27,00	13º	02	9,00	14º	02	9,00
13º	10	45,00	14º	03	13,50	15º	03	13,50
14º	09	40,50	15º	04	18,00	16º	03	13,50
-	-	-	16º	08	36,00	-	-	-
Total	59	265,50	Total	38	171,00	Total	29	135,00

Foi realizado o teste de normalidade da variável dependente, através da geração de gráficos P-P, tendo sido constatada a aderência da variável ao modelo de distribuição normal com a aplicação de transformação do log natural.

Gráfico 5 – Teste de normalidade - Gráfico PP da variável não transformada

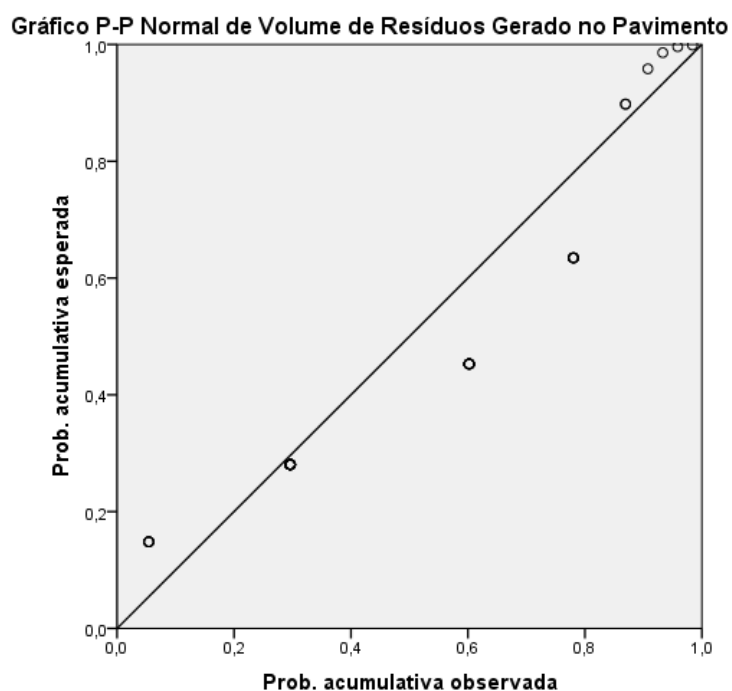
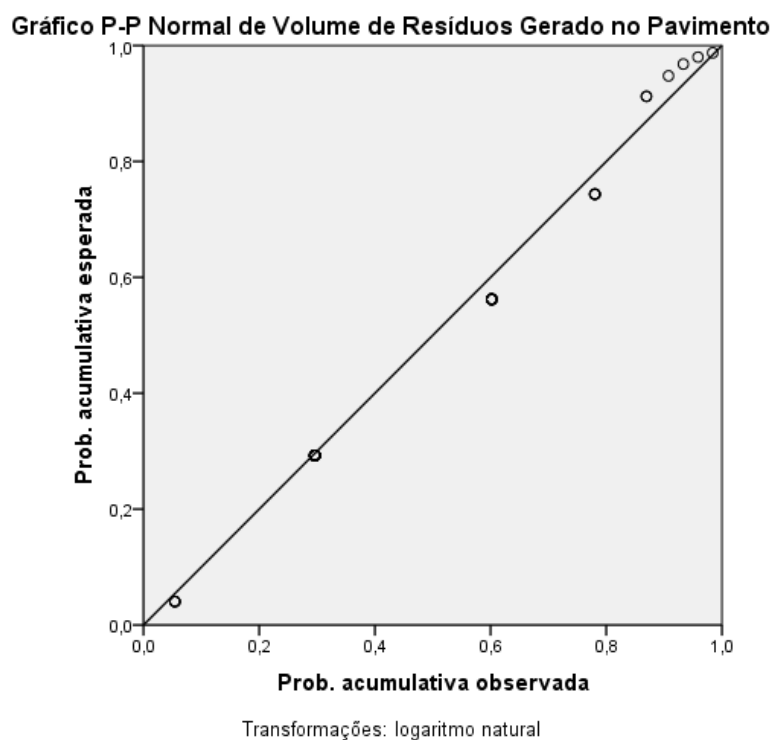


Gráfico 6 – Teste de normalidade - Gráfico PP com transformação de log natural



## 4.2 VARIÁVEIS INDEPENDENTES – CARACTERÍSTICAS DE PROJETO

Foram obtidas através das plantas de pavimento tipo dos edifícios A, B e C. Inicialmente foram medidas as áreas de alvenaria e de revestimento, sendo obtida a taxa de geração de RCD Classe A de cada pavimento ( $m^3/m^2$ ).

Tabela 15 – Variáveis independentes de projeto (área de alvenaria e reboco)

Obra	Pavimento Tipo	Área de Alvenaria ( $m^2$ )	Área de Reboco ( $m^2$ )	Volume de RCD Classe A gerado ( $m^3$ )	Geração de RCD Classe A ( $m^3/m^2$ )
A	2º Pav.	859,94	0,00	4,50	0,00523
A	3º Pav.	859,94	0,00	9,00	0,01047
A	4º Pav.	859,94	0,00	9,00	0,01047
A	5º Pav.	859,94	0,00	18,00	0,02093
A	6º Pav.	859,94	0,00	18,00	0,02093
A	7º Pav.	859,94	0,00	9,00	0,01047
A	8º Pav.	859,94	0,00	9,00	0,01047
A	9º Pav.	859,94	0,00	18,00	0,02093
A	10º Pav.	859,94	0,00	27,00	0,03140
A	11º Pav.	859,94	1123,58 (2º Pav)	31,50	0,01588
A	12º Pav.	859,94	1123,58 (3º Pav)	27,00	0,01361
A	13º Pav.	859,94	1123,58 (4º Pav)	45,00	0,02269
A	14º Pav.	859,94	1123,58 (5º Pav)	40,50	0,02042
B	3º Pav.	427,44	0,00	4,50	0,01053
B	4º Pav.	427,44	0,00	4,50	0,01053
B	5º Pav.	427,44	0,00	13,50	0,03158
B	6º Pav.	427,44	0,00	9,00	0,02106
B	7º Pav.	427,44	0,00	9,00	0,02106
B	8º Pav.	427,44	0,00	9,00	0,02106
B	9º Pav.	427,44	0,00	18,00	0,04211
B	10º Pav.	427,44	0,00	13,50	0,03158
B	11º Pav.	427,44	0,00	9,00	0,02106
B	12º Pav.	427,44	0,00	4,50	0,01053
B	13º Pav.	427,44	0,00	9,00	0,02106
B	14º Pav.	427,44	1054,90 (3º e 4º Pav)	13,50	0,00911
B	15º Pav.	427,44	1054,90 (4º e 5º Pav)	18,00	0,01214
B	16º Pav.	427,44	1054,90 (5º e 6º Pav)	36,00	0,02429
C	4º Pav.	614,16	0,00	9,00	0,01465
C	5º Pav.	614,16	0,00	9,00	0,01465
C	6º Pav.	614,16	0,00	9,00	0,01465
C	7º Pav.	614,16	0,00	9,00	0,01465
C	8º Pav.	614,16	0,00	4,50	0,00733
C	9º Pav.	614,16	599,03 (4º Pav)	9,00	0,00742
C	10º Pav.	614,16	599,03 (4º Pav)	13,50	0,01113
C	11º Pav.	614,16	599,03 (5º Pav)	13,50	0,01113
C	12º Pav.	614,16	599,03 (5º Pav)	13,50	0,01113
C	13º Pav.	614,16	599,03 (6º Pav)	9,00	0,00742

C	14º Pav.	614,16	599,03 (6º Pav)	9,00	0,00742
C	15º Pav.	614,16	599,03 (7º Pav)	13,50	0,01113
C	16º Pav.	614,16	599,03 (7º Pav)	13,50	0,01113

Foram realizados testes de normalidade das variáveis independentes, através da geração de gráficos P-P, tendo sido constatada a aderência da variável ao modelo de distribuição normal, sem a necessidade de transformação.

Gráfico 7 – Teste de normalidade - Gráfico PP da variável não transformada

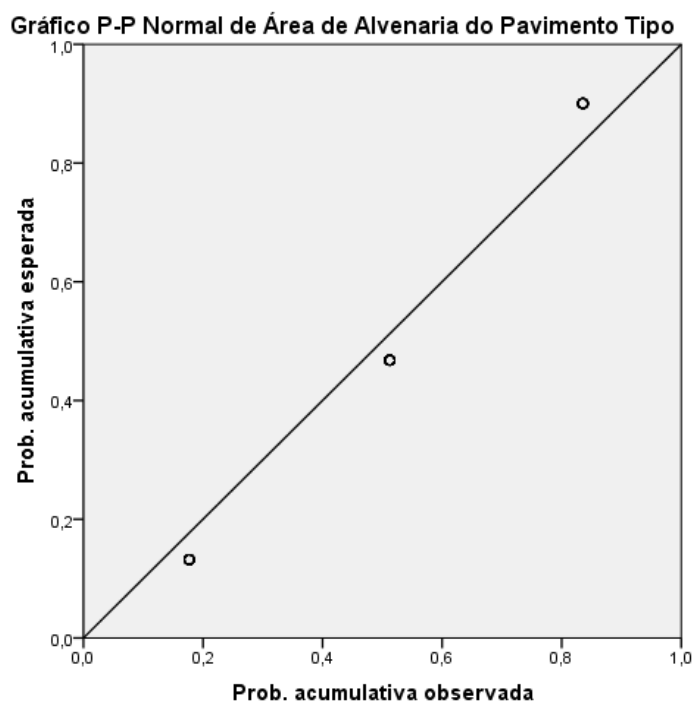


Gráfico 8 – Teste de normalidade - Gráfico PP da variável não transformada

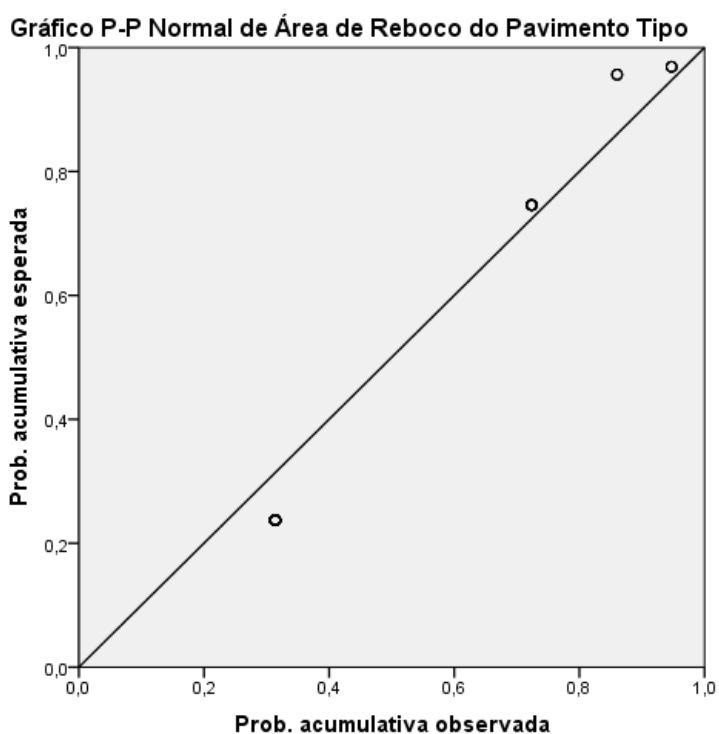


Gráfico 9 – Teste de normalidade - Gráfico PP da variável não transformada

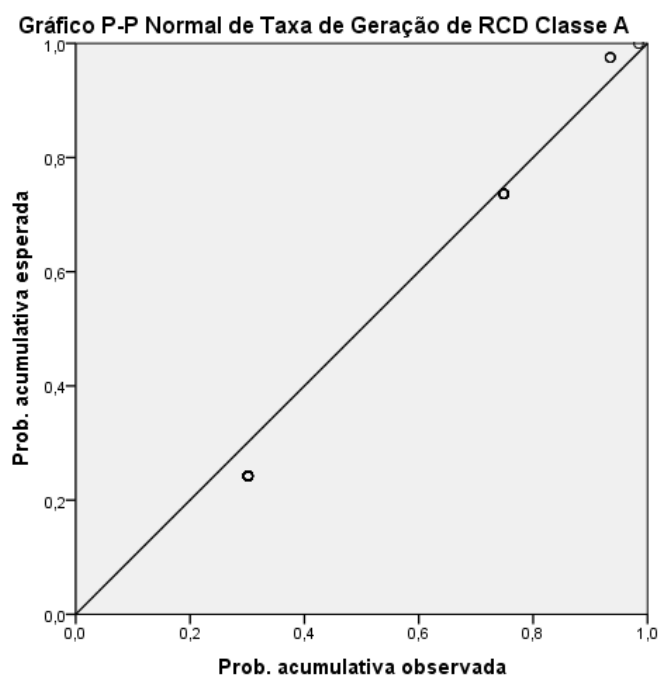


Tabela 16 – Variáveis independentes de projeto (volume de alvenaria e reboco)

Obra	Pavimento Tipo	Volume de Alvenaria (m <sup>2</sup> )	Volume de Reboco (m <sup>2</sup> )	Volume de RCD Classe A gerado (m <sup>3</sup> )	Geração de RCD Classe A (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
A	2º Pav.	162,37	0,00	4,50	0,02771
A	3º Pav.	162,37	0,00	9,00	0,05543
A	4º Pav.	162,37	0,00	9,00	0,05543
A	5º Pav.	162,37	0,00	18,00	0,11086

A	6º Pav.	162,37	0,00	18,00	0,11086
A	7º Pav.	162,37	0,00	9,00	0,05543
A	8º Pav.	162,37	0,00	9,00	0,05543
A	9º Pav.	162,37	0,00	18,00	0,11086
A	10º Pav.	162,37	0,00	27,00	0,16629
A	11º Pav.	162,37	16,85 (2º Pav)	31,50	0,17576
A	12º Pav.	162,37	16,85 (3º Pav)	27,00	0,15065
A	13º Pav.	162,37	16,85 (4º Pav)	45,00	0,25108
A	14º Pav.	162,37	16,85 (5º Pav)	40,50	0,22597
B	3º Pav.	83,36	0,00	4,50	0,05398
B	4º Pav.	83,36	0,00	4,50	0,05398
B	5º Pav.	83,36	0,00	13,50	0,16195
B	6º Pav.	83,36	0,00	9,00	0,10797
B	7º Pav.	83,36	0,00	9,00	0,10797
B	8º Pav.	83,36	0,00	9,00	0,10797
B	9º Pav.	83,36	0,00	18,00	0,21593
B	10º Pav.	83,36	0,00	13,50	0,16195
B	11º Pav.	83,36	0,00	9,00	0,10797
B	12º Pav.	83,36	0,00	4,50	0,05398
B	13º Pav.	83,36	0,00	9,00	0,10797
B	14º Pav.	83,36	15,82 (3º e 4º Pav)	13,50	0,13611
B	15º Pav.	83,36	15,82 (4º e 5º Pav)	18,00	0,18148
B	16º Pav.	83,36	15,82 (5º e 6º Pav)	36,00	0,36296

Tabela 17 (Cont.) –Variáveis independentes de projeto (volume de alvenaria e reboco)

Obra	Pavimento Tipo	Volume de Alvenaria (m <sup>2</sup> )	Volume de Reboco (m <sup>2</sup> )	Volume de RCD Classe A gerado (m <sup>3</sup> )	Geração de RCD Classe A (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
C	4º Pav.	111,51	0,00	9,00	0,08071
C	5º Pav.	111,51	0,00	9,00	0,08071
C	6º Pav.	111,51	0,00	9,00	0,08071
C	7º Pav.	111,51	0,00	9,00	0,08071
C	8º Pav.	111,51	0,00	4,50	0,04036
C	9º Pav.	111,51	8,99 (4º Pav)	9,00	0,07469
C	10º Pav.	111,51	8,99 (4º Pav)	13,50	0,11204
C	11º Pav.	111,51	8,99 (5º Pav)	13,50	0,11204
C	12º Pav.	111,51	8,99 (5º Pav)	13,50	0,11204
C	13º Pav.	111,51	8,99 (6º Pav)	9,00	0,07469
C	14º Pav.	111,51	8,99 (6º Pav)	9,00	0,07469
C	15º Pav.	111,51	8,99 (7º Pav)	13,50	0,11204
C	16º Pav.	111,51	8,99 (7º Pav)	13,50	0,11204

Foram realizados testes de normalidade das variáveis independentes, através da geração de gráficos P-P, tendo sido constatada a aderência das variáveis ao modelo de distribuição normal, com necessidade de transformação apenas para a variável “taxa de geração de RCD Classe A”.

Gráfico 10 – Teste de normalidade - Gráfico PP da variável não transformada

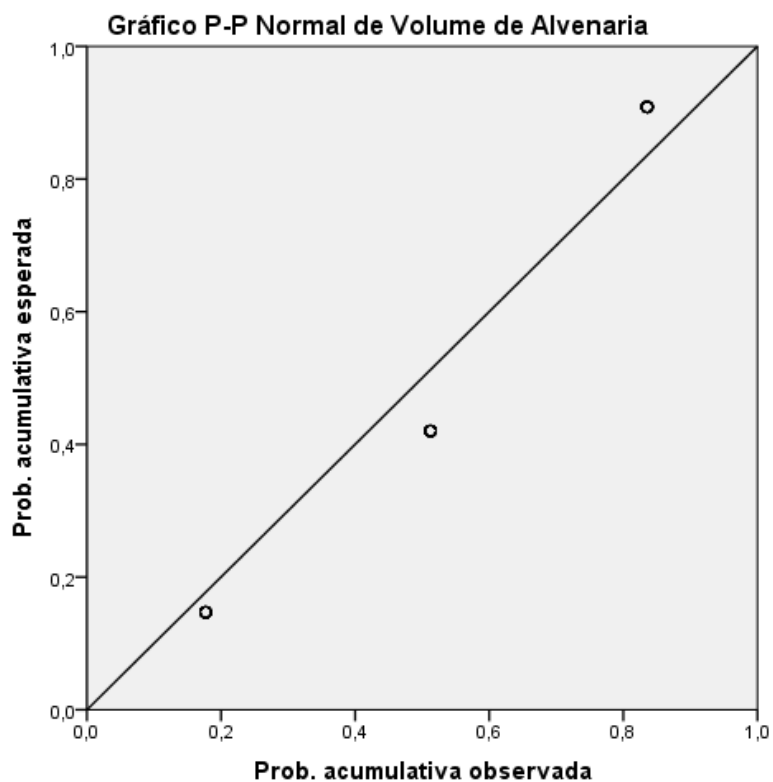


Gráfico 11 – Teste de normalidade - Gráfico PP da variável não transformada

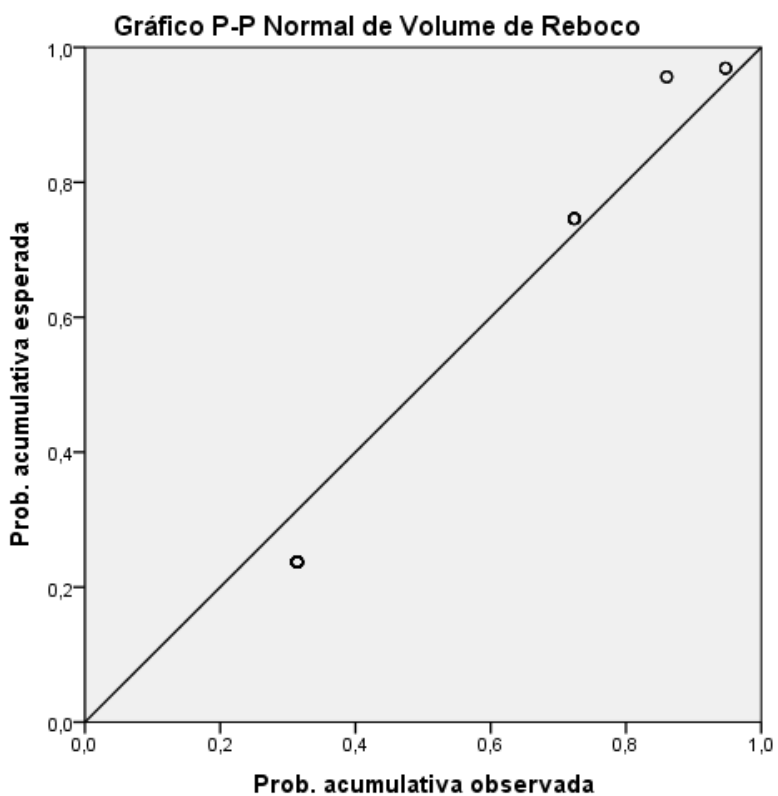


Gráfico 12 – Teste de normalidade - gráfico PP da variável não transformada



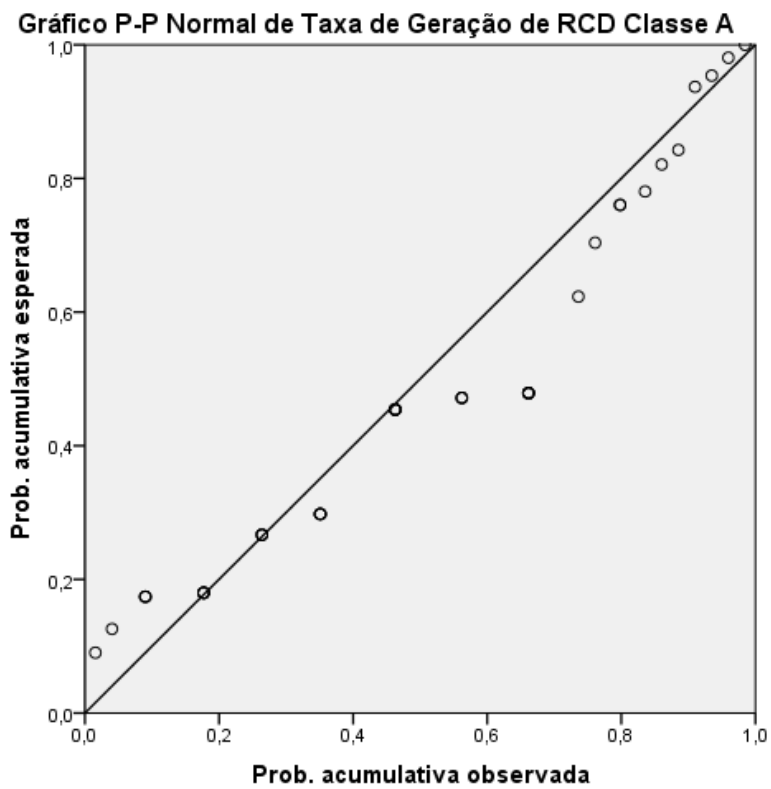
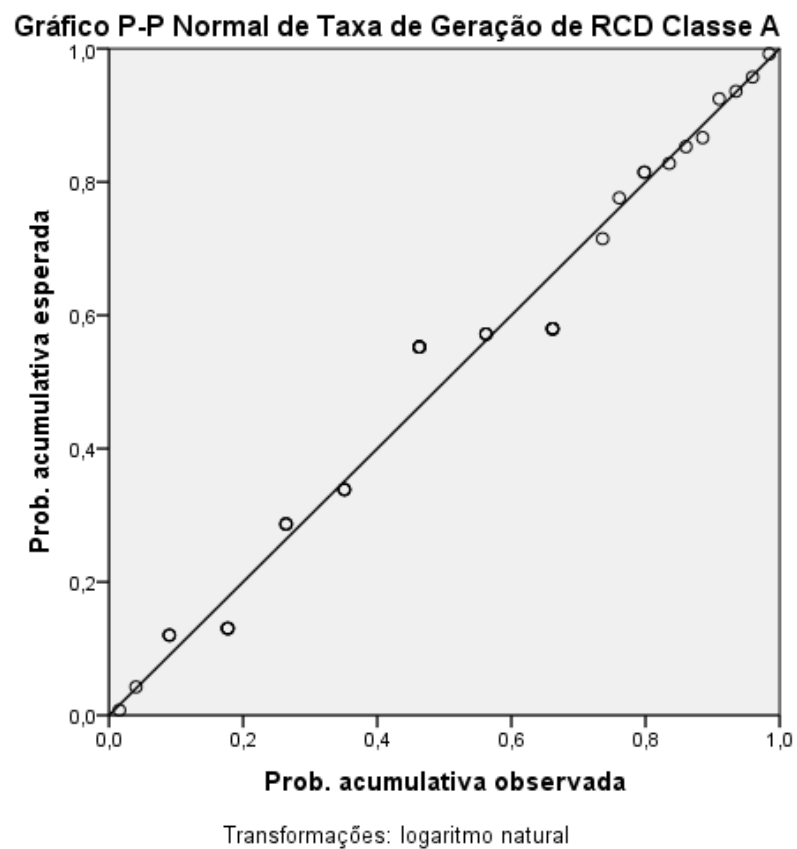


Gráfico 13 – Teste de normalidade - gráfico PP com transformação de log natural



#### 4.3 VARIÁVEIS INDEPENDENTES – CARACTERÍSTICAS DE EXECUÇÃO

As variáveis independentes foram obtidas através das plantas de pavimento tipo dos edifícios A, B e C. Inicialmente foram medidas as áreas de alvenaria e de reboco, sendo obtida a taxa de geração de RCD Classe A de cada pavimento ( $m^3/m^2$ ). Foram medidos também os volumes de alvenaria e reboco, sendo obtida a taxa de geração de RCD Classe A de cada pavimento ( $m^3/m^3$ ). Os tipos de argamassa utilizados em cada obra são apresentados na Tabela 16.

Tabela 18 – Tipo de Argamassa utilizado nos Edifícios A, B e C

Edifício	Tipo de Argamassa Utilizada	Índice Utilizado
A	Convencional	0
B	Convencional	0
C	Industrializada	1

As demais características de execução mantiveram-se constantes nas obras avaliadas, sendo então desconsiderada a possibilidade de haver variação da taxa de geração de RCD Classe A devido a elas.

Para verificar se a variação nas taxas de geração de RCD Classe A foram significativas do ponto de vista estatístico, foram realizados testes t para amostras independentes, tanto para a taxa de geração por área de alvenaria e reboco (Tabela 17) quanto para a taxa de geração por volume de alvenaria e reboco (Tabela 18).

Tabela 19 - Teste de amostras independentes – área de alvenaria e reboco

	Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2 extrem.)	Diferença média	Erro padrão	95% Intervalo de confiança da diferença	
								Inferior	Superior
Variâncias iguais assumidas	10,396	,003	3,023	38	,004	,00751	,00248	,00248109	,01254523
Variâncias iguais não assumidas			4,039	35,6	,000	,00751	,00186	,00373941	,01128691

Tabela 20 - Teste de amostras independentes – volume de alvenaria e reboco

	Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2 extrem.)	Diferença média	Erro padrão	95% Intervalo de confiança da diferença	
								Inferior	Superior
Variâncias iguais assumidas	8,468	,006	1,883	38	,067	,04035	,02145	-,00303	,08383
Variâncias iguais não assumidas			2,565	33,8	,015	,04039	,01575	,00838	,07241

Em ambos os casos, os testes indicaram diferenças significativas entre as variâncias nas taxas de geração de RCD Classe A com relação à mudança do tipo de argamassa, justificando a utilização da variável qualitativa na modelagem estatística.

#### 4.4 MODELAGEM ESTATÍSTICA

Após realização de testes e constatação da aderência das variáveis ao modelo de distribuição normal, as mesmas foram submetidas a análises de regressão linear, sendo avaliadas duas combinações de variáveis para posterior definição do modelo mais adequado, com base no erro padrão obtido em cada caso.

##### 4.4.1 Modelo 01 – Volume de RCD Classe A por Área de alvenaria e reboco

O primeiro modelo analisado foi composto pelas variáveis Tipo de Argamassa Adotado, Área de Alvenaria e Área de Revestimento, acrescidos por uma constante. A Tabela 19 apresenta o resumo do modelo.

Tabela 21 – Resumo da análise de regressão do Modelo 1

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	F	p-valor
1	,804 <sup>a</sup>	,646	,617	6,04810	21,912	,000 <sup>b</sup>

De acordo com Faria (2011), o teste F (análise de variâncias), proposta por Snedcoor, testa a significância de um conjunto de parâmetros de um modelo de regressão linear múltipla, quando o modelo é ajustado aos dados através do método dos mínimos quadrados. Define-se o seguinte teste de hipóteses:

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0, \quad j=0, \dots, k$$

A aplicação do teste F ao modelo completo de regressão linear resulta numa decisão sobre o conjunto de todos os parâmetros envolvidos no modelo. Com nível de significância estabelecido em  $\alpha = 0,05$ , se o resultado obtido para o teste F obtiver  $p\text{-valor} \leq 0,05$ , conclui-se que o conjunto de coeficientes da equação de regressão explica de forma significativa a variável dependente, na proporção do valor de  $R^2$  ajustado.

Ou seja, para o **Modelo 1** testado, com o teste F atingindo  $p\text{-valor}=0,000$ , considera-se que o conjunto de coeficientes explica 61,7% da variável dependente. A Tabela 20 apresenta esses coeficientes.

Tabela 22 – Coeficientes do Modelo 1

Modelo 1	Coeficientes		
	B	Erro padrão	p-valor
(Constante)	2,469	3,624	,500
Área de Alvenaria do Pavimento Tipo	,015	,005	,010
Área de Reboco do Pavimento Tipo	,015	,002	,000
Tipo de Argamassa Adotado	-6,751	2,055	,002

Analisando o p-valor de cada um dos coeficientes obtidos na análise de regressão, percebe-se que o p-valor da constante adicionada ao modelo destoa dos demais, ficando com um valor muito superior ao estipulado de  $\alpha = 0,05$ . Dessa forma, foi realizada nova tentativa removendo-se a constante.

#### 4.4.2 Modelo 02 – Volume de RCD Classe A por Área de alvenaria e reboco (com supressão de constante)

Para o Modelo 2, obteve-se um aumento do  $R^2$  ajustado, com escore 0,879.

Tabela 23– Resumo da análise de regressão do Modelo 2

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	F	p-valor
2	,942 <sup>a</sup>	,888	,879	6,00413	97,578	,000 <sup>c</sup>

Com o teste F atingindo p-valor=0,000, considera-se que o conjunto de coeficientes explica 87,9% da variável dependente. A Tabela 22 apresenta esses coeficientes.

Tabela 24 – Coeficientes do Modelo 2

Modelo 2	B	Erro padrão	p-valor
Área de Alvenaria do Pavimento Tipo	,018	,002	,000
Área de Reboco do Pavimento Tipo	,015	,002	,000
Tipo de Argamassa Adotado	-6,431	1,986	,003

Analisando o p-valor de cada um dos coeficientes obtidos na segunda análise de regressão, percebe-se que o p-valor de todos os coeficientes ficaram abaixo de  $\alpha = 0,05$ , podendo ser o Modelo 2 considerado como válido para estimativa do volume de RCD Classe A nos pavimentos tipo dos edifícios A, B e C.

Contudo, devido à existência de variação nas espessuras das paredes em todas as edificações estudadas, surgiu como questão a ser avaliada na pesquisa a possibilidade de ajustes no modelo de regressão considerando, utilizando ao invés da área de alvenaria e reboco do pavimento, o volume de alvenaria e reboco do pavimento.

No Modelo 3, a seguir, essa hipótese é testada, de forma semelhante aos Modelos 1 e 2, porém com a alteração das variáveis de área para variáveis de volume.

#### 4.4.3 Modelo 03 – Volume de RCD Classe A por Volume de alvenaria e reboco

Para o Modelo 3, obteve-se o valor de  $R^2$  ajustado com escore 0,617.

Tabela 25 – Resumo da análise de regressão do Modelo 3

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	F	p-valor
3	,804 <sup>a</sup>	,646	,617	6,04859	21,906	,000 <sup>b</sup>

Com o teste F atingindo p-valor=0,000, considera-se que o conjunto de coeficientes explica 61,7% da variável dependente. A Tabela 24 apresenta esses coeficientes.

Tabela 26 – Coeficientes do Modelo 3

Modelo 3	B	Erro padrão	p-valor
(Constante)	2,042	3,771	,591
Volume de Alvenaria	,081	,030	,010
Volume de Reboco	1,010	,150	,000
Tipo de Argamassa Adotado	-6,272	2,075	,005

Analisando o p-valor de cada um dos coeficientes obtidos na análise de regressão, percebe-se que o p-valor da constante adicionada ao modelo destoava dos demais, ficando com um valor muito superior ao estipulado de  $\alpha = 0,05$ . Dessa forma, foi realizada nova tentativa removendo-se a constante.

#### 4.4.4 Modelo 04 – Volume de RCD Classe A por Volume de alvenaria e reboco (com supressão de constante)

Para o Modelo 4, obteve-se o valor de R<sup>2</sup> ajustado, com escore 0,879.

Tabela 27 – Resumo da análise de regressão do Modelo 4

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	F	p-valor
4	,942 <sup>a</sup>	,888	,879	5,99055	98,077	,000 <sup>c</sup>

Com o teste F atingindo p-valor=0,000, considera-se que o conjunto de coeficientes explica 87,9% da variável dependente. A Tabela 26 apresenta esses coeficientes.

Tabela 28 – Coeficientes do Modelo 4

Modelo 3	B	Erro padrão	p-valor
Volume de Alvenaria	,096	,010	,000
Volume de Reboco	1,015	,148	,000
Tipo de Argamassa Adotado	-5,935	1,960	,004

Analisando o p-valor de cada um dos coeficientes obtidos na quarta análise de regressão, percebe-se que o p-valor de todos os coeficientes ficaram abaixo de  $\alpha = 0,05$ , podendo ser o Modelo 4 considerado como válido para estimativa do volume de RCD Classe A nos pavimentos tipo dos edifícios A, B e C.

#### 4.5 SELEÇÃO DO MODELO EMPÍRICO MAIS ADEQUADO

Ao realizar o comparativo dos modelos gerados com base nos dados de área e dos modelos gerados com base nos dados de volume, inicialmente observou-se que em ambos os casos, a utilização da constante na análise de regressão não foi benéfica para os modelos, sendo necessária a remoção da mesma para nova análise. Essa segunda análise de regressão, também em ambos os casos, resultou em um aumento do fator  $R^2$ , que indica o poder de explicação dos modelos para a variável dependente estudada. Dessa forma, foram descartados os Modelos 1 e 3, que contavam com a constante em seu conjunto de coeficientes.

Já os Modelos 2 (área de alvenaria e revestimento) e 4 (volume de alvenaria e revestimento) apresentaram um aumento no valor do fator  $R^2$ , indicando maior poder de explicação desses modelos para a variável dependente. Contudo, ao realizar o comparativo entre esses dois modelos, foram constatadas pequenas variações, utilizadas para seleção do modelo ideal, conforme mostra a Tabela 27.

Tabela 29 – Seleção do modelo empírico mais adequado

Modelo	Base de Dados	$R^2$	Teste F	Erro Padrão	p-valor
--------	---------------	-------	---------	-------------	---------

1	Área de Alvenaria e Reboco (Constante)	0,617	21,912	6,04810	,000
2	Área de Alvenaria e Reboco	0,879	97,578	6,00413	,000
3	Volume de Alvenaria e Reboco (Constante)	0,617	21,906	6,04859	,000
<b>4</b>	<b>Volume de Alvenaria e Reboco</b>	<b>0,879</b>	<b>98,077</b>	<b>5,99055</b>	<b>,000</b>

Analisando-se os valores de R<sup>2</sup>, teste F e o erro padrão de todos os modelos gerados, pode-se concluir que o modelo ideal para a estimativa do Volume de RCD Classe A Gerado no Pavimento Tipo dos Edifícios A, B e C é o **Modelo 4**.

A equação gerada pela regressão linear foi a que segue:

$$VRCD = (0,096 \times VAL) + (1,015 \times VRB) + (-5,935 \times TPA) \quad \text{Equação (3)}$$

VRCD = Volume de RCD Classe A Gerado no Pavimento Tipo

VAL = Volume de Alvenaria do Pavimento Tipo

VRB = Volume de Reboco do Pavimento Tipo

TPA = Tipo de Argamassa

Realizou-se ainda o teste de Correlação de Pearson, que confirmam a relação linear existente entre os coeficientes do Modelo 4.

Tabela 30 – Análise de Correlação de Pearson dos coeficientes do Modelo 4

Variável	Teste	Volume de Resíduos Gerado no Pavimento
Tipo de Argamassa Adotado	Correlação de Pearson	- 0,281
Volume de Alvenaria	Correlação de Pearson	0,386
Volume de Reboco	Correlação de Pearson	0,674

As Tabelas 29, 30 e 31 apresentam o resultado da aplicação dos coeficientes beta do Modelo 4, demonstrando a precisão do mesmo na estimativa dos volumes gerados por pavimento.

Tabela 31 – Comparativo entre o volume real e o estimado pelo Modelo 4 no Ed. A



Edifício	Pavimento Tipo	Volume de RCD Classe A (m³)	Taxa de Geração (m³/m²)	Volume de RCD Classe A (m³)	Taxa de Geração (m³/m²)
-	-	Real	Real	Estimado M4	Estimado M4
A	2º Pav.	4,50	<b>0,02771</b>	15,59	<b>0,02771</b>
A	3º Pav.	9,00	<b>0,05543</b>	15,59	<b>0,05543</b>
A	4º Pav.	9,00	<b>0,05543</b>	15,59	<b>0,05543</b>
A	5º Pav.	18,00	<b>0,11086</b>	15,59	<b>0,11086</b>
A	6º Pav.	18,00	<b>0,11086</b>	15,59	<b>0,11086</b>
A	7º Pav.	9,00	<b>0,05543</b>	15,59	<b>0,05543</b>
A	8º Pav.	9,00	<b>0,05543</b>	15,59	<b>0,05543</b>
A	9º Pav.	18,00	<b>0,11086</b>	15,59	<b>0,11086</b>
A	10º Pav.	27,00	<b>0,16629</b>	15,59	<b>0,16629</b>
A	11º Pav.	31,50	<b>0,17576</b>	32,69	<b>0,17576</b>
A	12º Pav.	27,00	<b>0,15065</b>	32,69	<b>0,15065</b>
A	13º Pav.	45,00	<b>0,25108</b>	32,69	<b>0,25108</b>
A	14º Pav.	40,50	<b>0,22597</b>	32,69	<b>0,22597</b>
Total / Média		265,50	<b>0,11937</b>	271,06	<b>0,12259</b>

Tabela 32 – Comparativo entre o volume real e o estimado pelo Modelo 4 no Ed. B

Edifício	Pavimento Tipo	Volume de RCD Classe A (m³)	Taxa de Geração (m³/m²)	Volume de RCD Classe A (m³)	Taxa de Geração (m³/m²)
-	-	Real	Real	Estimado M4	Estimado M4
B	3º Pav.	4,50	<b>0,05398</b>	8,00	<b>0,09600</b>
B	4º Pav.	4,50	<b>0,05398</b>	8,00	<b>0,09600</b>
B	5º Pav.	13,50	<b>0,16195</b>	8,00	<b>0,09600</b>
B	6º Pav.	9,00	<b>0,10797</b>	8,00	<b>0,09600</b>
B	7º Pav.	9,00	<b>0,10797</b>	8,00	<b>0,09600</b>
B	8º Pav.	9,00	<b>0,10797</b>	8,00	<b>0,09600</b>
B	9º Pav.	18,00	<b>0,21593</b>	8,00	<b>0,09600</b>
B	10º Pav.	13,50	<b>0,16195</b>	8,00	<b>0,09600</b>
B	11º Pav.	9,00	<b>0,10797</b>	8,00	<b>0,09600</b>
B	12º Pav.	4,50	<b>0,05398</b>	8,00	<b>0,09600</b>
B	13º Pav.	9,00	<b>0,10797</b>	8,00	<b>0,09600</b>
B	14º Pav.	13,50	<b>0,13611</b>	24,06	<b>0,24262</b>
B	15º Pav.	18,00	<b>0,18148</b>	24,06	<b>0,24262</b>
B	16º Pav.	36,00	<b>0,36296</b>	24,06	<b>0,24262</b>

Total / Média	171,00	<b>0,13730</b>	160,22	<b>0,12742</b>
---------------	--------	----------------	--------	----------------

Tabela 33 – Comparativo entre o volume real e o estimado pelo Modelo 4 no Ed. C

Edifício	Pavimento Tipo	Volume de RCD Classe A (m³)	Taxa de Geração	Volume de RCD Classe A	Taxa de Geração
			(m³/m²)	(m³)	(m³/m²)
-	-	Real	Real	Estimado M4	Estimado M4
C	4º Pav.	9,00	<b>0,08071</b>	4,77	<b>0,04278</b>
C	5º Pav.	9,00	<b>0,08071</b>	4,77	<b>0,04278</b>
C	6º Pav.	9,00	<b>0,08071</b>	4,77	<b>0,04278</b>
C	7º Pav.	9,00	<b>0,08071</b>	4,77	<b>0,04278</b>
C	8º Pav.	4,50	<b>0,04036</b>	4,77	<b>0,04278</b>
C	9º Pav.	9,00	<b>0,07469</b>	13,89	<b>0,11528</b>
C	10º Pav.	13,50	<b>0,11204</b>	13,89	<b>0,11528</b>
C	11º Pav.	13,50	<b>0,11204</b>	13,89	<b>0,11528</b>
C	12º Pav.	13,50	<b>0,11204</b>	13,89	<b>0,11528</b>
C	13º Pav.	9,00	<b>0,07469</b>	13,89	<b>0,11528</b>
C	14º Pav.	9,00	<b>0,07469</b>	13,89	<b>0,11528</b>
C	15º Pav.	13,50	<b>0,11204</b>	13,89	<b>0,11528</b>
C	16º Pav.	13,50	<b>0,11204</b>	13,89	<b>0,11528</b>
Total / Média		135,00	<b>0,08827</b>	134,97	<b>0,08739</b>

#### 4.6 INFLUÊNCIA DO TIPO DE ARGAMASSA NA GERAÇÃO DE RCD CLASSE A

Os valores apresentados nas Tabelas 29 e 30 para Taxa de Geração de RCD Classe A no Pavimento Tipo (destacados em vermelho), representam o volume de RCD Classe A gerado para cada m³ de alvenaria e reboco executados com argamassa convencional, produzida no canteiro-de-obras.

Já os valores apresentados na Tabela 31 para essa taxa apresentaram redução, com o uso de argamassa estabilizada, o que corrobora com o relato do engenheiro responsável, conforme demonstra a Tabela 32.

Tabela 34 – Redução média na geração de RCD Classe A observada após o implemento do uso de argamassa estabilizada no Edifício C

Obra	Tipo de Argamassa	Taxa RCD Real (m³/m³)	Taxa RCD Estimado (m³/m³)	Redução (%)
------	-------------------	-----------------------	---------------------------	-------------

A	Convencional	0,11937	0,12259	-
B	Convencional	0,13730	0,12742	
<b>C</b>	<b>Estabilizada</b>	<b>0,08827</b>	<b>0,08739</b>	<b>31 %</b>

De acordo com os valores apresentados na Tabela 32, a redução média estimada para o Volume de RCD Classe A gerado no Edifício C, em função da mudança do tipo de argamassa foi de aproximadamente 31%.

#### 4.7 CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS SEGUNDO A NBR 10.004:2004

Tendo sido constatada a redução do volume de RCD gerado através da utilização de argamassa estabilizada na Obra C, mostrou-se pertinente a realização da caracterização ambiental segundo a NBR10004:2004 dos resíduos gerados pelas argamassas, permitindo a análise comparativa dos resultados.

Para tal, foram coletadas duas amostras no canteiro da Obra C, denominadas ARG 01 (argamassa convencional de cimento, cal e areia) e ARG 02 (argamassa estabilizada).

Essas amostras foram enviadas para o laboratório Econsulting Laboratório de Gestão Ambiental e Higiene Ocupacional, localizado em Viamão/RS, para realização dos ensaios.

Ambas as amostras foram submetidas aos processos de lixiviação (NBR 10005:2004) e solubilização (NBR 10006:2004), sendo os laudos apresentados em sua integralidade no Anexo A.

Os resultados dos parâmetros entre as amostras foram comparados considerando-se o L.Q (Limite de Quantificação dos ensaios) e o VMP (Valor Máximo Permitido pela NBR 10.004), sendo as variações encontradas apresentadas nas Tabelas 33 e 34. As substâncias não detectadas não foram listadas nas tabelas, estando disponíveis no Anexo A.

Tabela 35 – Valores acima do L.Q para extrato lixiviado – Inorgânicos

Parâmetros	ARG 01 (mg/L)	ARG 02 (mg/L)	L.Q. (mg/L)	VMP (mg/L)
------------	---------------	---------------	-------------	------------

Bário	0,547	0,947	0,006	70,00
Fluoreto	0,218	0,219	0,05	150,00
Cádmio	0,002	0,002	0,002	0,50
Cromo	0,050	0,102	0,015	5,00
Prata	<0,015	0,031	0,015	5,00

Tabela 36 – Valores acima do L.Q para extrato solubilizado - Inorgânicos

Parâmetros	ARG 01 (mg/L)	ARG 02 (mg/L)	L.Q. (mg/L)	VMP (mg/L)
Cloretos	10,80	14,60	1,50	250,00
Fluoreto	0,382	0,457	0,05	1,50
Nitratos	0,428	<0,20	0,20	10,00
Sulfatos	102,60	2,75	2,00	5,00
<b>Alumínio</b>	<b>0,534</b>	<b>0,390</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>
Cádmio	0,002	0,002	0,002	0,005
Sódio	16,96	21,11	1,00	200,00
Bário	0,662	0,545	0,006	0,70

As amostras foram classificadas como RESÍDUO NÃO INERTE – CLASSE IIA, em decorrência da presença de Alumínio em concentrações superiores ao valor máximo permitido pela NBR 10004 (ABNT, 2004). Não foi identificada em nenhuma das amostras a presença de componentes orgânicos, que poderiam conferir grau de periculosidade aos resíduos.

Apesar da presença do Alumínio em concentrações acima dos limites estabelecidos pela norma impedir a classificação das amostras como resíduos inertes, o fato de ter ocorrido em ambas as amostras, sem que nenhuma outra substância ultrapassasse os limites estabelecidos pela norma indica que não há diferenças significativas no risco de impacto ambiental de um tipo de argamassa ou outro, endossando a vantagem do uso de argamassa estabilizada na redução do volume de RCD gerado.

## 5 CONCLUSÃO

As análises de regressão resultaram em quatro modelos empíricos com coeficientes de estimativa para variável dependente, dentre os quais o modelo número 4 foi o que mais se aproximou da realidade com menor erro padronizado e maior poder de explicação do conjunto.

Comparadas as taxas de geração de RCD reais e as estimadas pelo modelo dos três edifícios, verificou-se uma redução média de 31% no volume de resíduos gerados na obra C. Para validação da hipótese de que isso ocorreu em razão da utilização de argamassa estabilizada efetuou-se análise de correlação de Pearson entre as variáveis do modelo empírico que comprovou a participação de todas elas com a força e direção esperadas, validando assim, a hipótese inicial.

Complementando as informações estatísticas, os resultados das análises laboratoriais das amostras de argamassa convencional e argamassa estabilizada demonstraram que, além de reduzir o volume de RCD gerado no canteiro de obras, a utilização de argamassa estabilizada não ocasionou mudanças na classificação do RCD em comparação à argamassa convencional, frente aos critérios da NBR 1004 (ABNT, 2004).

Dessa forma, pode-se concluir que utilização de argamassa estabilizada reduz de forma significativa a quantidade de RCD no canteiro de obras, sem o aumento de risco de contaminação ambiental por parte do mesmo.

### 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Replicação da metodologia com maior número de amostras para aperfeiçoamento do modelo.

- Verificação dos diferentes aditivos químicos incorporados ao RCD classe A pela utilização de argamassa estabilizada frente à classificação estabelecida pela NBR 10.004, de 2004.

- Aplicação da metodologia para concreto (produzido em obra x produzido em central).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, SP, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 10.004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.005**: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 12.235**: Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **Relatório: pesquisa setorial 2014**. Disponível em: < <https://issuu.com/abrecon/docs/relatorio-pesq2014>>. Acesso em 04 mar. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **Relatório: pesquisa setorial 2015**. Disponível em: < <https://issuu.com/abrecon/docs/relatorio-pesq2015>>. Acesso em 04 mar. 2016.

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**: relatório final. São Paulo: EPUSP/PCC, 1998. v. 5.

ALGARVIO, Alexandra Neto. **Reciclagem de resíduos de construção e demolição**: contribuição para controlo do processo. Tese (Mestrado em Ciência e Engenharia do Meio Ambiente) – Departamento de Ciências dos Materiais da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2009.

APPS, C. A. C. P. **Avaliação da variabilidade da técnica de ensaio do tubo de Karsten na medição da permeabilidade à água líquida em revestimentos de ladrilhos cerâmicos e argamassas**. 2011. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2011.

BESEN, G. R. et al. Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas. In: SALDIVA P. et al. **Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles**. São Paulo: Ex Libris, 2010.

BESEN, G. R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores**: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade. 275p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n. 307, 5 jul. 2002**. Brasília, DF: Diário da República Federativa do Brasil, 17 jul. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Manual para implantação de sistema de gestão de resíduos de construção civil em consórcios públicos**. Brasília, DF, 2010.

BREHM, Feliciane Andrade; KULAKOWSKI, Marlova P.; EVALDT, Daiane C.; MORAES, Carlos A. M.; PAMPANELLI, Andrea B. Análise da estabilização por solidificação de lodo de fosfatização em matrizes de cimento Portland e de cerâmica

vermelha para a utilização na construção civil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS, v.13, n.2, p. 15-27, 2013.

BRÖNSTRUP, Mariana. Eick. **Ações na gestão empresarial para o efetivo comprometimento do trabalhador da construção civil**. 2002. Monografia apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Especialização em Gestão Empresarial. Porto Alegre.

BRONSTRUP, Mariana Eick; KERN, Andrea P.; KULAKOWSKI, Marlova P.; GONZÁLES, Marco A. S.; FLACH, Carlos Eduardo. O Poder Público e o gerenciamento de RCD: estrutura gerencial, principais envolvidos e respectivos papéis. In: V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. **Anais...** Recife: 2009.

CABRAL, A; MOREIRA, K. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Fortaleza, CE: SINDUSCON, 2011.

CALKINS, Meg. **Materials for sustainable sites: a complete guide to the evaluation, selection, and use of sustainable construction materials**. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2009.

COCHRAN, K.; TOWNSEND, T.; REINHART, D.; HECK, H. Estimation of Regional Building-Related C&D Debris Generation and Composition: case study for Florida, US. **Journal of Waste Management**, v. 27, n. 7, p. 921-931, 2007.

CÓRDOBA, R. E. ; SCHALCH, V. **Estudo do potencial de contaminação de lixiviados gerados em aterros de resíduos da construção civil por meio de simulações em colunas de lixiviação**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), UM (Braga), 2014.

COUNCIL OF SCIENCE AND INDUSTRIAL RESEARCH. **Role of Chemicals in Modern Construction**, 2010.



COUTINHO, Sandra Moscon; PRETTI, Soraya Mattos; TRISTÃO, Fernando Avancini. **Argamassa preparada em obra x argamassa industrializada para assentamento de blocos de vedação**: Análise do uso em Vitória-ES. Teoria e prática na Engenharia Civil, n. 21, p. 41-48, maio. 2013.

DIAS, Michele Ferreira. **Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras residenciais verticais**. 2013. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2013.

EUROPEAN COMMISSION (DG ENV). **Service contract on management of construction and demolition waste – SR1**. Paris, 2011.

EUROPEAN UNION. Environmental protection agency (EPA). **European waste catalogue**. County Wexford, 1994.

EUROPEAN UNION. Environmental protection agency (EPA). **European hazardous waste list**. County Wexford, 2001.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Brito; SILVA JUNIOR, José Alexandre. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson ( $r$ ). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, 2010.

FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; LANTELME, E. M.; SOILBEMANN, L. **Perdas na construção civil**: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. Egatea. Revista da Escola de Engenharia da UFRGS, Porto Alegre, RS, v. 25, n. 2, p. 45-53, 1997.

FREEDMANN, L. S., Fainberg, V., Kipnis, V., Midthune, D. & Carroll, R. J. **A new Method for Dealing with Measurement Error in Explanator y Variables of Regression Models**. Biometrics 60 (1), 172–181, 2004.

GALVÍN, A.P.; AYUSO, J.; JIMÉNEZ, J.R.; AGRELA, F. Comparison of batch leaching tests and influence of pH on the release of metals from construction and demolition wastes. **Waste Management**, Elsevier, n.32 p.88-95, 2012.

HALMEMAN, Maria Cristina Rodrigues; SOUZA, Paula Cristina de; CASARIN, André Nascimento. Caracterização dos resíduos de construção e demolição na unidade de recebimento de resíduos sólidos no município de Campo Mourão – PR. **Revista Tecnológica**, Edição Especial ENTECA 2009, p. 203-209, 2009.

HARTMANN, C.; JEKNAVORIAN, A.; SILVA, D.; BENINI, H. **Aditivos químicos para concretos e cimentos**. In: ISAIA, G. C. (Ed.) Concreto: Ciência e Tecnologia. Ipsis Gráfica e Editora, São Paulo, 2011. Cap. 10. p. 347 - 380.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 25, n. 71, 2011.

JANTSCH, Ana Cláudia Akele. **Análise do desempenho de argamassas estabilizadas submetidas a tratamento superficial com aditivos cristalizantes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2015.

JIMÉNEZ J.R.; AYUSO J.; AGRELA F.; LÓPEZ M.; GALVÍN A.P. Utilization of unbound recycled aggregates from selected CDW in unpaved rural roads. **Resources, Conservation and Recycling**, n.58, p.88–97, 2012.

KARPINSKI, Luisete Andreis; PANDOLFO, Adalberto; REINEHR, Renata; GUIMARÃES, Jalusa; PANDOLFO, Luciana; KUREK, Juliana; ROJAS, José W. Jiménez. Gestão de resíduos da construção civil: uma abordagem prática no município de Passo Fundo-RS. **Estudos tecnológicos**, v. 4, nº 2. p. 69-87. 2008.

KARPINSKI, Luisete A.; et al. **Gestão Diferenciada de Resíduos da Construção Civil: Uma Abordagem Ambiental**. Porto Alegre, ediPUCRS, 2009.

KERN, A. P. **Proposta de um modelo para o planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção civil**. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

KERN, et al. Waste generated in high-rise buildings construction: A quantification model based on statistical multiple regression. **Waste Management**, Elsevier, 2015.

LAGE, Isabel Martínez; ABELLA, Fernando Martínez; HERRERO, Cristina Vázquez; ORDÓÑEZ, Juan Luis Pérez. Estimation of the annual production and composition of C&D debris in Glicia (Spain). **Waste Management**, v. 30, n. 4, p. 636-45, 2010.

LEAL, U. Sobras que valem uma obra. **TECHNE: Revista de Tecnologia da Construção**, v. 10, n. 55, p. 10-14, 2001. Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/sobras-que-valem-uma-obra-82261-1.aspx>. Acesso em: Março de 201.

LIMA, R. S; LIMA, R. R. R. **Guia para elaboração de Projetos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Curitiba: CREA-PR, 2009.

LIMA, A. S.; CABRAL, A. E. B. Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE). **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 169-176, 2013.

LIMA E SILVA, M. B. **Novos materiais à base de resíduos de construção e demolição (rcd) e resíduos de produção de cal (rpc) para uso na construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências dos Materiais PIPE, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MÁLIA, M.; BRITO, J.DE.; BRAVO, M. Indicadores de resíduos de construção e demolição para construções residenciais novas. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 117- 130, jul./set. 2011.

MANN NETO, A.; ANDRADE, D.C.; SOTO, N. T. A. **Estudo das propriedades e viabilidade técnico-econômica da argamassa estabilizada**. 2010.127p.

MARCONDES, C. G. **Características e benefícios da argamassa estabilizada**. Cimento Itambé, 2009. Disponível em < <http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/caracteristicas-e-beneficios-da-argamassa-estabilizada>> Acesso em: 22 de fev 2017.

MEDINA, C.; FRÍAS, M.; SÁNCHEZ DE ROJAS, M. Leaching in concretes containing recycled ceramic aggregate from the sanitary ware industry. **Journal of Cleaner Production**, n.66, p.85-91, 2014.

MEIRINHOS, Manuel; OSÓRIO, António. O estudo de caso como estratégia de investigação em educação. **Revista EduSer**, n. 2 (2), p. 49-65, 2010.

MELO, Adriana V. S.; FERNANDES, Maria P. M. O aspecto ambiental das obras de demolição. In: III Simposio Iberoamericano sobre Ingeniería de residuos. **Anais...** João Pessoa, Brasil: 2010.

MINISTRY OF ENVIRONMENT OF KOREA (MOE). **The Soil Environment Conservation Act**. Sejong City, 2011.

MOORE, David S. **The Basic Practice of Statistics**. New York, Freeman, (2007).

MORAIS, Greiceana Marques Dias. **Diagnóstico da deposição clandestina de Resíduos de Construção e Demolição em bairros periféricos de Uberlândia: subsídios para uma gestão sustentável**. 2006. 201 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2006.

OLIVEIRA, D. M. **Desenvolvimento de Ferramenta Para Apoio à Gestão de Resíduos de Construção e Demolição Com Uso de Geoprocessamento: caso Bauru, SP**. São Carrlos, SP: Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, 2008. Dissertação de Mestrado.

OLIVEIRA, D. M.; DALCUL, A.L.; RUAS, R. **Organização do Trabalho: Estudo de Caso com Empresas da Construção Civil de Santa Maria/RS**. Monografia (Pós-Graduação). Faculdade de Administração PPGA da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS/PPGA, 1997.

OSMANI M.; GLASS J.; PRICE A.D.F. Architects' perspectives on construction waste reduction by design. **Waste Management**, v.28, n. 7, p. 1147–58, 2008.

PAGNUSSAT, D. T.; VIDOR, D.; MASUERO, A. B. **Avaliação de propriedades de argamassas estabilizadas ao longo de seu tempo de utilização**. In: 4º Congresso Português de Argamassas e ETICS, 2012, Coimbra.

PEREIRA, Paulo; VIEIRA, Castorina Silva. **Resíduos de Construção e Demolição. Um estado de arte visando a sua valorização em Trabalhos Geotécnicos**. 2013.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1999.

PONTES, Genilson Correia. **Avaliação do gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição em empresas construtoras do Recife e sua conformidade com a resolução 307/CONAMA: Estudo de Casos**. 2007. 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Católica de Pernambuco. Recife. 2007.

SCHMID, A. G. **Argamassa estabilizada - Uma importante ferramenta para melhorar a sustentabilidade na construção civil**. Seminário apresentado no 53º Congresso Brasileiro do Concreto - IBRACON, Florianópolis, 2011.

SCHWAB, N.; HARTON, C.; CULLUM, J. The effects of emergent norms and attitudes on recycling behavior. **Environment and Behavior**, n.46, p.403-422, 2014.

SILVA, A. F. **Avaliação da resistência à compressão da alvenaria estrutural**. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Universidade Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2007.

SOMASUNDARAM, S. TAE-WAN, J.; YOUNG-YEUL, K.; WOO-IL, K; SEONG-KYEONG, J.; YONG-JUN, k. Characterization of wastes from construction and demolition sector. **Environmental monitoring and assessment**, Switzerland, n.187, 2015.

SUSSET, B.; LEUCHS, W. ABLEITUNG von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten Mineralischer Ersatzbaustoffe. **Dessau Umweltbundesamt**, n.117, 2008.

SUSSET, B.; GRATHWOHL, P. Leaching standards for mineral recycling materials – A harmonized regulatory concept for the upcoming German Recycling Decree. **Waste management**, n.31, p.201–214, 2011.

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. Porto Alegre, 2012.

TOWNSEND, Timothy; WILSON, Christina; BECK, Blaine. **The Benefits of Construction and Demolition Materials Recycling in the United States**. University of Florida: Gainesville, FL, USA, 2014.

UNITED STATES OF AMERICA. Environmental Protection Agency (EPA). **Resource Conservation and Recovery Act**. Washington, DC, 1976.

UNITED STATES OF AMERICA. Environmental Protection Agency (EPA). **Construction And Demolition Materials Amounts**. Washington, DC, 2003.

VÁSQUEZ. R. R., & Angulo, R. F. (2003). **Introducción a los estudios de casos**. Los primeros contactos con la investigación etnográfica. Málaga: Ediciones Aljibe.

WANG, J.Y.; YUAN, H.P.; KANG, X.P.; LU, W.S. Critical success factors for on-site sorting of construction waste: a China study. **Resour. Conserv. Recycling**, v.54, n.11, p.931–936, 2010.

WEISSHEIMER, L. F.; KERN, A. P. Classificação dos Resíduos de Construção: Discussão dos Critérios da Resolução 307/2002 do CONAMA. In: 5º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, 2014, São Leopoldo. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Venturi para Estudos Ambientais, 2014.

XAVIER, Luciana Lopes. **Subsídios para tomada de decisão visando a melhoria do gerenciamento do resíduo urbano em Florianópolis/SC: Enfoque no Resíduo da Construção Civil**. 2001. 177 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2001.

YUAN, H.; LU, W.; HAO, J. The evolution of construction waste sorting on-site. **Renew Sustain Energy**, v.20, p.483e490, 2013.

ZERBOCK, Olar. Urban **solid waste management: waste reduction in developing nations** [M.Sc. Proceeding]. Michigan Technological University; 2003.

## ANEXO A



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100823-001-216390/52.16

Página 1 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 01

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## 1 Origem do Resíduo

O resíduo é originado do processo industrial.

## 2 Avaliação das Características do Resíduo

## 2.1 Inflamabilidade:

A amostra não apresentou a característica Inflamabilidade de acordo com os termos referidos na norma.

## 2.2 Corrosividade:

A amostra apresentou pH (Sol 5%) igual a 11,74 não apresentando a característica corrosividade de acordo com os termos referidos na norma.

## 2.3 Reatividade:

A faixa de pH indicada e os componentes utilizados no processo produtivo indicam a amostra como sendo isenta da característica reatividade.

## 2.4 Toxicidade:

A amostra não apresentou a característica toxicidade de acordo com os termos referidos na norma.

## 2.5 Patogenicidade:

O resíduo não apresentou a característica patogenicidade de acordo com os termos referidos na norma.

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



Viamao, 29/12/2016





## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100823-001-216390/52.16

Página 2 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 01

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## 3 Massa Bruta

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
pH	--	11,74	1	33	2,0 - 12,5	28/12/201 08:05 6
Cianeto - Massa bruta	mg/kg	< 0,025	0,025	103	-	15/12/201 08:10 6
Porcentagem de Sólidos	%	87,8	0,05	90	--	13/12/201 16:59 6
Sulfeto (como HS) - Massa bruta	mg/Kg	0,351	0,1	132	--	13/12/201 16:28 6

## 4 Interpretação dos Dados

## Parâmetros

## Resultados

pH Inicial	11,74
pH Final	10,95
Solução Número	2
Tempo de Lixiviação (h)	18
Volume de líquido (mL)	160

## 5 Extrato Lixiviado NBR 10005 - Orgânicos

## Resultados da Amostra

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 29/12/2016

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100823-001-216390/52.16

Página 3 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 01

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
1,1 Dicloroetileno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	3,0	28/12/2016 08:05
1,2 Dicloroetano - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	1,0	28/12/2016 08:05
1,4 Diclorobenzeno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	7,5	28/12/2016 08:05
2,4,5 Triclorofenol - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	400	28/12/2016 08:05
2,4,6 Triclorofenol - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	20	28/12/2016 08:05
Benzo(a)pireno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,07	0,07	131	0,07	28/12/2016 08:05
Cloreto de Vinila - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	0,5	28/12/2016 08:05
Clorobenzeno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	100	28/12/2016 08:05
Clorofórmio - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	6,0	28/12/2016 08:05
Hexaclorobutadieno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	0,5	28/12/2016 08:05
Hexacloroetano - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,005	0,005	131	3,0	28/12/2016 08:05
m-Cresol - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,005	0,005	131	200	28/12/2016 08:05
Metililcetona - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	200	28/12/2016 08:05
o-Cresol - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,005	0,005	131	200	28/12/2016 08:05

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.



Viamao, 29/12/2016

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100823-001-216390/52.16

Página 4 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 01

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
p-Cresol - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,005	0,005	131	200	28/12/2016 08:05
Tetracloroeto de Carbono - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	0,2	28/12/2016 08:05
Tetracloroetileno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	4,0	28/12/2016 08:05
Tricloroetileno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,00001	0,00001	131	7,0	28/12/2016 08:05
2,4 dinitrotolueno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	0,13	28/12/2016 08:05
Nitrobenzeno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	2,0	28/12/2016 08:05
Benzeno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,5	0,5	131	0,5	28/12/2016 08:05
2,4,5-T - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	342	0,2	28/12/2016 08:05
2,4,5-TP - Extrato Lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	342	1,0	28/12/2016 08:05
2,4-D - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,005	0,005	342	3,0	28/12/2016 08:05
Aldrin + Dieldrin - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,003	0,003	131	0,003	28/12/2016 08:05
Endrin - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	0,06	28/12/2016 08:05
Hexaclorobenzeno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	0,1	28/12/2016 08:05
Metoxicloro - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,005	0,005	131	2,0	28/12/2016 08:05

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 29/12/2016

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100823-001-216390/52.16

Página 5 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 01

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Toxafeno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	0,5	28/12/2016 08:05
Heptacloro e Heptacloro Epóxido - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,003	0,003	131	0,003	28/12/2016 08:05
Lindano (g-BHC) - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	0,2	28/12/2016 08:05
Clordano cis - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,02	0,02	131	0,02	28/12/2016 08:05
Clordano trans - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,02	0,02	131	20000	28/12/2016 08:05
DDT (p,p' DDT + p,p' DDD + p,p' DDE) - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,2	0,2	131	0,2	28/12/2016 08:05
Pentaclorofenol - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,9	0,9	342	0,9	28/12/2016 08:05
Piridina - Extrato lixiviado	mg/L	< 5,00	5,00	131	5,0	28/12/2016 08:05
Hexaclorobenzeno - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,001	0,001	131	1000	28/12/2016 08:05

## 6 Extrato Lixiviado NBR 10005 - Inorgânicos

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Teor de Bário - Extrato solubilizado	mg/L	0,547	0,006	98	70	21/12/2016 14:31
Fluoreto - Extrato lixiviado	mg/L	0,218	0,05	104	150	22/12/2016 07:34
Teor de Arsênio - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,01	0,01	98	1,0	21/12/2016 14:31

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 29/12/2016

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100823-001-216390/52.16

Página 6 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 01

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Teor de Cádmio - Extrato lixiviado	mg/L	0,002	0,002	98	0,5	21/12/201 14:31 6
Teor de Chumbo - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,008	0,008	98	1,0	21/12/201 14:31 6
Teor de Cromo - Extrato lixiviado	mg/L	0,050	0,015	98	5,0	21/12/201 14:31 6
Teor de Mercúrio - Extrato lixiviado	µg/L	< 0,1	0,1	98	100	21/12/201 14:31 6
Teor de Prata - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,015	0,015	98	5,0	21/12/201 14:31 6
Teor de Selênio - Extrato lixiviado	µg/L	< 2,0	2,0	98	1000	21/12/201 14:31 6

## 7 Extrato Solubilizado NBR 10006 - Orgânicos

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Aldrin + Dieldrin - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,00003	0,000 03	131	300000	28/12/201 08:05 6
Clordano cis - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,0002	0,000 2	131	20000	28/12/201 08:05 6
Clordano trans - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,0002	0,000 2	131	20000	28/12/201 08:05 6
2,4-D - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,03	0,03	342	0,03	28/12/201 08:05 6
DDT (p,p' DDT + p,p' DDD + p,p' DDE) - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,002	0,002	131	2000	28/12/201 08:05 6
Endrin - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,0006	0,000 6	131	60000	28/12/201 08:05 6

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 29/12/2016

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100823-001-216390/52.16

Página 7 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 01

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Heptacloro + Heptacloro epóxido - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,00003	0,000 03	131	300000	28/12/2016 08:05
Hexaclorobenzeno - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,001	0,001	131	1000	28/12/2016 08:05
Lindano (g-BHC) - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,002	0,002	131	2000	28/12/2016 08:05
Metoxicloro - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,02	0,02	131	0,02	28/12/2016 08:05
Toxafeno - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,005	0,005	131	5000	28/12/2016 08:05
2,4,5-T - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,002	0,002	342	2000	28/12/2016 08:05
2,4,5-TP - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,03	0,03	342	0,03	28/12/2016 08:05

## 8 Extrato Solubilizado NBR 10006 - Inorgânicos

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Cianeto - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,02	0,02	103	0,07	22/12/2016 10:59
Cloretos - Extrato solubilizado	mg/L	10,8	1,5	102	250	21/12/2016 09:00
Fenol - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,003	0,003	120	0,01	28/12/2016 07:42
Fluoreto - Extrato solubilizado	mg/L	0,382	0,05	104	1,5	22/12/2016 07:34
Nitratos - Extrato solubilizado	mg/L	0,428	0,2	32	10	19/12/2016 16:29

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 29/12/2016

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100823-001-216390/52.16

Página 8 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 01

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Sulfatos - Extrato solubilizado	mg/L	102,6	2,0	114	250	21/12/2016 09:35
Surfactantes - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,2	0,2	121	0,5	23/12/2016 09:30
Teor de Alumínio - Extrato solubilizado	mg/L	0,532	0,2	98	0,2	21/12/2016 14:31
Teor de Arsênio - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,010	0,010	98	(não especificado)	21/12/2016 14:31
Teor de Cádmio - Extrato solubilizado	mg/L	0,002	0,002	98	0,005	21/12/2016 14:31
Teor de Chumbo - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,008	0,008	98	0,01	21/12/2016 14:31
Teor de Cobre - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,005	0,005	98	2,0	21/12/2016 14:31
Teor de Cromo - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,015	0,015	98	0,05	21/12/2016 14:31
Teor de Ferro - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,105	0,105	98	0,3	21/12/2016 14:31
Teor de Manganês - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,0006	0,0006	98	0,1	21/12/2016 14:31
Teor de Mercúrio - Extrato solubilizado	µg/L	< 0,1	0,1	98	1	21/12/2016 14:31
Teor de Prata - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,015	0,015	98	0,05	21/12/2016 14:31
Teor de Selênio - Extrato solubilizado	µg/L	< 2	2	98	10	21/12/2016 14:31
Teor de Sódio - Extrato solubilizado	mg/L	16,96	1,0	98	200	21/12/2016 14:31

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 29/12/2016

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100823-001-216390/52.16

Página 9 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 01

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Teor de Zinco - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,1	0,1	98	5,0	21/12/201 14:31 6
Teor de Bário - Extrato lixiviado	mg/L	0,662	0,006	98	0,7	21/12/201 14:31 6

## 9 Classificação do Resíduo

De acordo com os parâmetros analisados a amostra foi classificada como: RESÍDUO NÃO INERTE - CLASSE IIA.

## 10 Métodos de Análises

\* MÉT. - Métodos dos Ensaíos.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
32	PO 017 Ed 2 / ABNT NBR 12620/92
33	NBR 14339/ Junho 1999/SMWW 22A Ed. Método 4500 H+
90	PO 026 Ed 4 / SMWW 22A ED. MÉTODO 2540B/E
98	SMWW, 2ª Ed, Mét 3030I e 3120B/ EPA Mét 3015A e 6010C/ PO-091
102	PO 005 Ed. 3/ SMWW 22A ED. MÉTODO 4500B
103	SMWW 2ª Ed, Mét 4500-CN-C e E
104	PO 034 ED 2 / SMWW 22A ED. MÉTODO 4500 C
114	PO 027 Ed 2 / SMWW 22A ED. MÉTODO 4500E
120	PO 012 Ed 4 / SMWW 22A ED. MÉTODO 5530C

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 29/12/2016

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade





## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100823-001-216390/52.16

Página 10 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 01

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## \* MÉT. - Métodos dos Ensaios.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
121	SMWW 22a Edição 2012, Método 5540C/PO-030
131	SMWW 22a Ed - Método 6410B/EPA 8260C, 2006/EPA 5120A, 2003/EPA3510C, 19
132	Colorimetria DPD
342	EPA 538, 2009/ EPA 525.2, 1995/ EPA 540, 2013/ EPA 547, 1990/ PO 104

## Legenda:

L.Q. - Limite de Quantificação, UND. - Unidade, Na - Não Aplicável, Ni - Não informado, MÉT. \* - Métodos de Análises, SMWW - Standard Methods For The Examination Of Water and Wastewater 22 Edição 2012

I.M. - Incerteza de medição

## Informações:

- 1) Este relatório somente pode ser reproduzido em sua forma integral.
- 2) Os resultados expressos neste relatório se referem exclusivamente a amostra acima identificada.
- 3) A incerteza expandida de medição relatada (U) é declarada como incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência "k", o qual para a distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

ENG. EDU RICARDO BELTRAME  
RESPONSÁVEL TÉCNICO  
CRQ - 06301723

GIOVANI ZANDONÁ  
SIGNATÁRIO AUTORIZADO

FINAL DO RELATÓRIO

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 29/12/2016

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade

## ANEXO B



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100886-001-216623/0.17

Página 1 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

<b>Identificação da Amostra:</b> ARG 02	<b>Tipo da Amostra:</b> Sólido
<b>Local de Coleta:</b> AV. UNISINOS, 950	
<b>Coletador:</b> Empresa Solicitante	<b>Data da Coleta:</b> 30/11/2016 10:00
<b>Temperatura da Amostra:</b> NA °C	<b>Temperatura do Ar:</b> NA °C <b>pH:</b> --
<b>Condições Ambientais:</b> Tempo bom	<b>Data de Recebimento:</b> 05/12/2016
<b>Responsável pelo plano de amostragem:</b> Empresa solicitante	<b>Plano de Amostragem:</b> -
<b>Procedimento de Amostragem:</b> -	

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

## 1 Origem do Resíduo

O resíduo ARG 02 é originado do processo industrial.

## 2 Avaliação das Características do Resíduo

## 2.1 Inflamabilidade:

A amostra não apresentou a característica Inflamabilidade de acordo com os termos referidos na norma.

## 2.2 Corrosividade:

A amostra apresentou pH (Sol 5%) igual a 11,86 não apresentando a característica corrosividade de acordo com os termos referidos na norma.

## 2.3 Reatividade:

A faixa de pH indicada e os componentes utilizados no processo produtivo indicam a amostra como sendo isenta da característica reatividade.

## 2.4 Toxicidade:

A amostra não apresentou a característica toxicidade de acordo com os termos referidos na norma.

## 2.5 Patogenicidade:

O resíduo não apresentou a característica patogenicidade de acordo com os termos referidos na norma.

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 02/01/2017

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100886-001-216623/0.17

Página 2 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 02

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## 3 Massa Bruta

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
pH	--	11,86	1	33	2,0 - 12,5	02/01/2017 12:03 7
Cianeto - Massa bruta	mg/kg	< 0,025	0,025	103	-	02/01/2017 10:54 7
Porcentagem de Sólidos	%	89,43	0,05	90	--	19/12/2016 08:50 6
Sulfeto (como HS) - Massa bruta	mg/Kg	< 0,1	0,1	132	--	02/01/2017 12:04 7

## 4 Interpretação dos Dados

Parâmetros	Resultados
pH Inicial	11,86
pH Final	11,05
Solução Número	2
Tempo de Lixiviação (h)	18
Volume de líquido (mL)	180

## 5 Extrato Lixiviado NBR 10005 - Orgânicos

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
1,1 Dicloroetileno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	3,0	28/12/2016 08:18 6
1,2 Dicloroetano - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	1,0	28/12/2016 08:18 6

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 02/01/2017

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100886-001-216623/0.17

Página 3 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 02

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
1,4 Diclorobenzeno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	7,5	28/12/201 08:18 6
2,4,5 Triclorofenol - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	400	28/12/201 08:18 6
2,4,6 Triclorofenol - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	20	28/12/201 08:18 6
Benzo(a)pireno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,07	0,07	131	0,07	28/12/201 08:18 6
Cloreto de Vinila - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	0,5	28/12/201 08:18 6
Clorobenzeno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	100	28/12/201 08:18 6
Clorofórmio - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	6,0	28/12/201 08:18 6
Hexaclorobutadieno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	0,5	28/12/201 08:18 6
Hexacloroetano - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,005	0,005	131	3,0	28/12/201 08:18 6
m-Cresol - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,005	0,005	131	200	28/12/201 08:18 6
Metilacetona - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	200	28/12/201 08:18 6
o-Cresol - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,005	0,005	131	200	28/12/201 08:18 6
p-Cresol - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,005	0,005	131	200	28/12/201 08:18 6
Tetracloroeto de Carbono - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	0,2	28/12/201 08:18 6

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 02/01/2017

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100886-001-216623/0.17

Página 4 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 02

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Tetracloroetileno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	4,0	28/12/201 08:18 6
Tricloroetileno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,00001	0,000 01	131	7,0	28/12/201 08:18 6
2,4 dinitrotolueno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	0,13	28/12/201 08:18 6
Nitrobenzeno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,002	0,002	131	2,0	28/12/201 08:18 6
Benzeno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,5	0,5	131	0,5	28/12/201 08:18 6
2,4,5-T - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	342	0,2	28/12/201 08:18 6
2,4,5-TP - Extrato Lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	342	1,0	28/12/201 08:18 6
2,4-D - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,005	0,005	342	3,0	28/12/201 08:18 6
Aldrin + Dieldrin - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,003	0,003	131	0,003	28/12/201 08:18 6
Endrin - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	0,06	28/12/201 08:18 6
Hexaclorobenzeno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	0,1	28/12/201 08:18 6
Metoxicloro - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,005	0,005	131	2,0	28/12/201 08:18 6
Toxafeno - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	0,5	28/12/201 08:18 6
Heptacloro e Heptacloro Epóxido - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,003	0,003	131	0,003	28/12/201 08:18 6

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 02/01/2017

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100886-001-216623/0.17

Página 5 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 02

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Lindano (g-BHC) - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,001	0,001	131	0,2	28/12/2016 08:18
Clordano cis - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,02	0,02	131	0,02	28/12/2016 08:18
Clordano trans - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,02	0,02	131	20000	28/12/2016 08:18
DDT (p,p' DDT + p,p' DDD + p,p' DDE) - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,2	0,2	131	0,2	28/12/2016 08:18
Pentaclorofenol - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,9	0,9	342	0,9	28/12/2016 08:18
Piridina - Extrato lixiviado	mg/L	< 5,00	5,00	131	5,0	28/12/2016 08:18
Hexaclorobenzeno - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,001	0,001	131	1000	28/12/2016 08:18

## 6 Extrato Lixiviado NBR 10005 - Inorgânicos

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Teor de Bário - Extrato solubilizado	mg/L	0,947	0,006	98	70	21/12/2016 16:17
Fluoreto - Extrato lixiviado	mg/L	0,219	0,05	104	150	26/12/2016 13:11
Teor de Arsênio - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,01	0,01	98	1,0	21/12/2016 16:17
Teor de Cádmio - Extrato lixiviado	mg/L	0,002	0,002	98	0,5	21/12/2016 16:17
Teor de Chumbo - Extrato lixiviado	mg/L	< 0,008	0,008	98	1,0	21/12/2016 16:17

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamão, 02/01/2017

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100886-001-216623/0.17

Página 6 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SÃO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 02

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Teor de Cromo - Extrato lixiviado	mg/L	0,102	0,015	98	5,0	21/12/201 16:17 6
Teor de Mercúrio - Extrato lixiviado	µg/L	< 0,1	0,1	98	100	21/12/201 16:17 6
Teor de Prata - Extrato lixiviado	mg/L	0,031	0,015	98	5,0	21/12/201 16:17 6
Teor de Selênio - Extrato lixiviado	µg/L	< 2,0	2,0	98	1000	21/12/201 16:17 6

## 7 Extrato Solubilizado NBR 10006 - Orgânicos

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Aldrin + Dieldrin - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,00003	0,000 03	131	300000	28/12/201 08:18 6
Clordano cis - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,0002	0,000 2	131	20000	28/12/201 08:18 6
Clordano trans - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,0002	0,000 2	131	20000	28/12/201 08:18 6
2,4-D - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,03	0,03	342	0,03	28/12/201 08:18 6
DDT (p,p' DDT + p,p' DDD + p,p' DDE) - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,002	0,002	131	2000	28/12/201 08:18 6
Endrin - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,0006	0,000 6	131	60000	28/12/201 08:18 6
Heptacloro + Heptacloro epóxido - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,00003	0,000 03	131	300000	28/12/201 08:18 6
Hexaclorobenzeno - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,001	0,001	131	1000	28/12/201 08:18 6

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 02/01/2017

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100886-001-216623/0.17

Página 7 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 02

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Lindano (g-BHC) - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,002	0,002	131	2000	28/12/2016 08:18
Metoxicloro - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,02	0,02	131	0,02	28/12/2016 08:18
Toxafeno - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,005	0,005	131	5000	28/12/2016 08:18
2,4,5-T - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,002	0,002	342	2000	28/12/2016 08:18
2,4,5-TP - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,03	0,03	342	0,03	28/12/2016 08:18

## 8 Extrato Solubilizado NBR 10006 - Inorgânicos

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Cianeto - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,02	0,02	103	0,07	02/01/2017 10:54
Cloretos - Extrato solubilizado	mg/L	14,6	1,5	102	250	28/12/2016 08:19
Fenol - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,003	0,003	120	0,01	02/01/2017 10:54
Fluoreto - Extrato solubilizado	mg/L	0,457	0,05	104	1,5	26/12/2016 13:11
Nitratos - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,2	0,2	32	10	23/12/2016 08:11
Sulfatos - Extrato solubilizado	mg/L	2,75	2,0	114	250	21/12/2016 09:35
Surfactantes - Extrato solubilizado	mg/L	0,192	0,06	121	0,5	23/12/2016 09:34

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 02/01/2017

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade





## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100886-001-216623/0.17

Página 8 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 02

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## Resultados da Amostra

PARÂMETROS	UND.	RESULTADOS	L.Q.	MÉT. *	VMP	DIGITADO EM
Teor de Alumínio - Extrato solubilizado	mg/L	0,390	0,2	98	0,2	21/12/201 16:17 6
Teor de Arsênio - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,010	0,010	98	(não especificado)	21/12/201 16:17 6
Teor de Cádmio - Extrato solubilizado	mg/L	0,002	0,002	98	0,005	21/12/201 16:17 6
Teor de Chumbo - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,008	0,008	98	0,01	21/12/201 16:17 6
Teor de Cobre - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,005	0,005	98	2,0	21/12/201 16:17 6
Teor de Cromo - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,015	0,015	98	0,05	21/12/201 16:17 6
Teor de Ferro - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,105	0,105	98	0,3	21/12/201 16:17 6
Teor de Manganês - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,0006	0,0006	98	0,1	21/12/201 16:17 6
Teor de Mercúrio - Extrato solubilizado	µg/L	< 0,1	0,1	98	1	21/12/201 16:17 6
Teor de Prata - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,015	0,015	98	0,05	21/12/201 16:17 6
Teor de Selênio - Extrato solubilizado	µg/L	< 2	2	98	10	21/12/201 16:17 6
Teor de Sódio - Extrato solubilizado	mg/L	21,11	1,0	98	200	21/12/201 16:17 6
Teor de Zinco - Extrato solubilizado	mg/L	< 0,1	0,1	98	5,0	21/12/201 16:17 6
Teor de Bário - Extrato lixiviado	mg/L	0,545	0,006	98	0,7	21/12/201 16:17 6

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 02/01/2017

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100886-001-216623/0.17

Página 9 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 02

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

--

## 9 Classificação do Resíduo

De acordo com os parâmetros analisados a amostra foi classificada como: RESÍDUO NÃO INERTE - CLASSE IIA.

## 10 Métodos de Análises

## 10. Métodos de Análises

\* MÉT. - Métodos dos Ensaios.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
32	PO 017 Ed 2 / ABNT NBR 12620/92
33	NBR 14339/ Junho 1999/SMWW 22A Ed. Método 4500 H+
90	PO 026 Ed 4 / SMWW 22A ED. MÉTODO 2540B/E
98	SMWW, 22ª Ed, Mét 3030I e 3120B/ EPA Mét 3015A e 6010C/PO-091
102	PO 005 Ed. 3 / SMWW 22A ED. MÉTODO 4500B
103	SMWW 22ª Ed, Mét 4500-CN-C e E
104	PO 034 ED 2 / SMWW 22A ED. MÉTODO 4500 C
114	PO 027 Ed 2 / SMWW 22A ED. MÉTODO 4500E
120	PO 012 Ed 4 / SMWW 22A ED. MÉTODO 5530C
121	SMWW 22a Edição 2012, Método 5540C/PO-030
131	SMWW 22a Ed - Método 6410B/EPA 8260C, 2006/EPA 5120A, 2003/EPA3510C, 19
132	Colorimetria DPD
342	EPA 538, 2009/ EPA 525.2, 1995/ EPA 540, 2013/ EPA 547, 1990/ PO 104

Legenda:

L.Q. - Limite de Quantificação, UND. - Unidade, Na - Não Aplicável, Ni - Não informado, MÉT. \* - Métodos de Análises, SMWW - Standard Methods For The Examination Of Water and Wastewater 22 Edição 2012

I.M. - Incerteza de medição

Informações:

- 1) Este relatório somente pode ser reproduzido em sua forma integral.
- 2) Os resultados expressos neste relatório se referem exclusivamente a amostra acima identificada.
- 3) A incerteza expandida de medição relatada (U) é declarada como incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência "K", o qual para a distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade



## Relatório de Ensaio

Nº.: 00100886-001-216623/0.17

Página 10 de 10

## Dados referentes ao Cliente

ID Cliente: 1327

Cliente: ASSOCIAÇÃO ANTÔNIO VIEIRA - UNISINOS

CNPJ: 92.959.006/0008-85

Endereço: AV. UNISINOS, 950 - SAO LEOPOLDO - RS / CEP: 93022-000

## Descrição da Amostra

Identificação da Amostra: ARG 02

Tipo da Amostra: Sólido

Local de Coleta: AV. UNISINOS, 950

Coletador: Empresa Solicitante

Data da Coleta: 30/11/2016 10:00

Temperatura da Amostra: NA °C

Temperatura do Ar: NA °C

pH: --

Condições Ambientais: Tempo bom

Data de Recebimento: 05/12/2016

Responsável pelo plano de amostragem: Empresa solicitante

Plano de Amostragem: -

Procedimento de Amostragem: -

Amostragem realizada pelo cliente, sendo utilizados dados fornecidos pelo mesmo.

Observações:

\* MÉT. - Métodos dos Ensaios.

CÓDIGO DESCRIÇÃO

ENG. EDU RICARDO BELTRAME  
RESPONSÁVEL TÉCNICO  
CRQ - 05301723

FINAL DO RELATÓRIO

DEISE BITENCOURT PENHA  
SIGNATÁRIA AUTORIZADA

Liberado e Assinado  
Eletronicamente

Classificação de Resíduo



Viamao, 02/01/2017

- Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente as amostra ensaiadas e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

FOR 049 rev. 2

Data de Emissão: 04/05/2015

Autoridade Emitente: Gerente da Qualidade