

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

ARTHUR DE JESUS D'ELIA

**LEVANTAMENTO DOS ÍNDICES DOS RESÍDUOS GERADOS EM
OBRAS DE UMA CONSTRUTORA EM LONDRINA-PR E MARINGÁ-
PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**LONDRINA
2020**

ARTHUR DE JESUS D'ELIA

**LEVANTAMENTO DOS ÍNDICES DOS RESÍDUOS GERADOS EM
OBRAS DE UMA CONSTRUTORA EM LONDRINA-PR E MARINGÁ-
PR**

Projeto de pesquisa apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina.

Orientadora: Prof.^a Dra. Sueli Tavares de Melo Souza

Coorientador: Wellington Luiz de Oliveira

LONDRINA

2020



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEP. ACADEMICO DE AMBIENTAL-LD

TERMO DE APROVAÇÃO**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC****LEVANTAMENTO DOS ÍNDICES DE RESÍDUOS GERADOS EM OBRAS DE UMA CONSTRUTORA EM LONDRINA-PR E MARINGÁ-PR**

Por

Arthur de Jesus D'Elia

Monografia apresentada às 18 horas 00 min. do dia 09 de Fevereiro de 2021 como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Tatiane Cristina Dal Bosco	Membro
Prof. Ricardo Nagamine Costanzi	Membro
Prof. Sueli Tavares de Melo Souza	Orientador
Prof. Orlando de Carvalho Junior	Professor(a) responsável TCCII

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Malu, mulher guerreira, de luta e de um coração enorme, que jamais mediu esforços para que o sonho da graduação se tornasse realidade. Serei eternamente grato por tudo.

Ao meu pai Emmanuel, por todos ensinamentos e conselhos, que com toda certeza contribuíram para minha evolução, dentro e fora da graduação.

À minha irmã Emmanuella, meu porto seguro, pelo amor de irmão, atenção e carinho neste período e na vida.

À minha avó Liduvina, que infelizmente não está mais entre nós, pelo amor, rezas e carinho enquanto pôde estar ao meu lado. A senhora estará sempre em meus pensamentos.

Um agradecimento especial à minha orientadora, Professora Sueli, pela dedicação, paciência e, sobretudo, pelos ensinamentos passados a mim neste trabalho e também na graduação.

Ao meu coorientador Wellington, pela atenção, cooperação e apoio durante a realização deste trabalho.

À Universidade Tecnológica do Paraná pela oportunidade de cursar Engenharia Ambiental no Câmpus de Londrina-PR.

Aos meus amigos da república "F.D.B", que foram definitivamente uma família para mim em Londrina. Merecem destaque: Alberto, João Paulo, Lucas, Luiz, Arthur R. e Vitor.

Aos meus amigos da minha cidade natal, por sempre me darem forças e tornar a vida mais divertida e leve.

Por fim, agradeço a todos que conheci nestes últimos anos: foram muitas experiências, alegrias e também tristezas, mas que de alguma forma contribuíram em minha jornada e me motivaram a continuar em frente.

RESUMO

D'ELIA, Arthur de Jesus. **Levantamento dos índices dos resíduos gerados em uma construtora em obras de Londrina-PR e Maringá-PR**. 2020. 63p. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2020.

O setor da construção civil passa por constantes mudanças ao longo do tempo, buscando melhorias nos métodos construtivos a fim de gerar cada vez menos resíduos nos canteiros de obra, minimizando os impactos ao meio ambiente. O Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) é ferramenta importante neste processo, pois é possível estimar o volume de resíduos que serão gerados na obra, de modo a gerenciar e minimizar o desperdício de materiais na construção do empreendimento. Sendo assim, o índice de geração dos resíduos da construção civil deve estar em concordância com a realidade para que se tenha acurácia na quantificação dos resíduos no PGRCC. Deste modo, este trabalho visa a obtenção destes índices, além de estabelecer visão comparativa entre os volumes produzidos de cada classe de RCCs em duas situações: incluindo e excluindo o volume de solo gerado. Para a geração dos índices e percentuais, foram utilizados PGRCCs de 13 obras, sendo 5 na cidade de Maringá-PR e 8 na cidade de Londrina-PR, disponibilizadas pela construtora parceira. Os empreendimentos de Londrina mostraram Índices Médios maiores do que os apresentados na cidade de Maringá. Quando contabilizado o volume de solo gerado na construção do empreendimento a diferença no Índice Médio foi de $0,32431 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$, enquanto que quando se exclui o resíduo de solo, a diferença foi de $0,03564 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$. Esta diferença mostra que devido à variabilidade é melhor compor o Índice excluindo o solo. Os percentuais do resíduo classe A nas duas cidades foram acima de 64% quando incluído o solo e acima de 54% sem este resíduo.

Palavras-chave: Construção civil, Resíduos da Construção Civil, PGRCC.

ABSTRACT

D'ELIA, Arthur de Jesus. **Survey of the indices of waste generated in a construction company in works in Londrina-PR and Maringá-PR.** 2020. 63p. Conclusion of the Bachelor's Degree in Environmental Engineering - Federal Technological University of Paraná. Londrina, 2020.

The civil construction sector undergoes constant changes over time, seeking improvements in construction methods in order to generate less and less waste in construction sites, minimizing impacts on the environment. The Civil Construction Waste Management Plan (PGRCC) is an important tool in this process, as it is possible to estimate the volume of waste that will be generated on the construction site, in order to manage and minimize the waste of materials in the construction of the project. Therefore, the rate of generation of construction waste must be in accordance with reality in order to have an accurate quantification of waste in the PGRCC. Thus, this work aims to obtain these indexes, in addition to establishing a comparative view between the volumes produced for each class of RCCs in two situations: including and excluding the volume of soil generated. For the generation of indexes and percentages, PGRCCs of 13 works were used, 5 in the city of Maringá-PR and 8 in the city of Londrina-PR, provided by the partner construction company. The enterprises in Londrina showed Average Indexes higher than those presented in the city of Maringá. When taking into account the volume of soil generated in the construction of the project, the difference in the Average Index was $0.32431 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$, while when excluding soil waste, the difference was $0.03564 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$. This difference shows that due to the variability it is better to compose the Index excluding the soil. The percentages of class A waste in both cities were above 64% when soil was included and above 54% without this waste.

Keywords: Civil construction, waste, generation index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Participação do VABpb da construção civil no VABpb do Brasil e Taxa real de crescimento da construção civil.....	7
Figura 2 - Comparativo entre PIB nacional e o PIB da construção civil	8
Figura 3 - Fluxograma de classificação dos resíduos segundo a periculosidade.....	13
Figura 4 - Sequência de operações em um processo de reciclagem de RCD.	25
Figura 5 - Fluxograma dos processos de amostragem.	27
Figura 6 - Planilha de Caracterização e quantificação dos resíduos gerados no canteiro de obras.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estoque de trabalhadores na Construção Civil.	7
Tabela 2 - Valores de densidade aparente média (kg/m ³) na literatura.....	28
Tabela 3 - Valores máximos e mínimos das densidades aparentes dos RCC na cidade de Belo Horizonte-MG.....	29
Tabela 4 - Denominação das obras e construtoras dos sete PGRCCs.....	34
Tabela 5 - Percentuais obtidos a partir dos PGRCCs das sete obras, considerando o solo.....	35
Tabela 6 - Percentuais obtidos a partir dos PGRCC das sete obras, sem considerar o solo.....	35
Tabela 7 - Comparativo das classes de RCC da obra Y com algumas composições abordadas pela bibliografia.	36
Tabela 8 - Composição dos RCC gerados no canteiro de obra residencial vertical de alto padrão.	36
Tabela 9 - Classificação dos resíduos das obras A e B.	37
Tabela 10 - Percentual de composição dos RCC em diferentes literaturas, incluindo o solo.....	38
Tabela 11 - Percentual de composição dos RCC em diferentes literaturas, excluindo o solo.....	38
Tabela 12 - Caracterização das obras brasileiras analisadas.	39
Tabela 13 - Volume total de RCC contabilizando e excluindo o volume de solo.....	40
Tabela 14 - Índice Totais obtidos contabilizando e subtraindo o solo.	40
Tabela 15 - Índices Médios incluindo e excluindo o volume de solo produzido.....	41
Tabela 16 - Relação de Índices Totais e Médios das seis obras analisadas.	42
Tabela 17 - Caracterização das obras analisadas.	43
Tabela 18 - Índices totais calculados para as 22 obras.....	43
Tabela 19 - Caracterização das obras na cidade de Londrina-PR.	44
Tabela 20 - Volume de RCCs gerados nas obras de Londrina (m ³).....	46
Tabela 21 - Índice de cada resíduo gerado nas obras de Londrina (m ³ .m ⁻²)	47
Tabela 22 - Volumes totais de RCC gerados nas obras em Londrina-PR, incluindo e excluindo o solo.....	48
Tabela 23 – Volumes (m ³) por classe do RCC incluindo e excluindo o solo na cidade de Londrina.	48

Tabela 24 - Percentuais por classe de RCC nas obras analisadas em Londrina-PR incluindo o volume de solo gerado.	49
Tabela 25 - Percentuais por classe de RCC nas obras analisadas em Londrina-PR excluindo o volume de solo gerado.	49
Tabela 26 - Índices Totais e médios ($m^3.m^{-2}$) das obras analisadas em Londrina.....	50
Tabela 27 - Caracterização das obras analisadas em Maringá-PR.	51
Tabela 28 - Volume dos RCC gerados nas obras de Maringá (m^3).....	52
Tabela 29 - Índice de geração de cada RCC gerado na obra ($m^3.m^{-2}$).....	53
Tabela 30 - Volume total de RCC gerado nas obras em Maringá-PR, incluindo e excluindo o solo.....	54
Tabela 31 – Volumes (m^3) por classe do RCC incluindo e excluindo o solo na cidade de Maringá.	54
Tabela 32 - Percentuais por classe de RCC nas obras analisadas em Maringá-PR incluindo o volume de solo gerado.	55
Tabela 33 - Percentuais por classe de RCC nas obras analisadas em Maringá-PR excluindo o volume de solo gerado.	55
Tabela 34 - Índices Totais e médios das obras analisadas em Maringá.	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Legislações Federais, Estaduais e Municipais relacionadas ao Gerenciamento de RCCs.	10
Quadro 2 - Classificação dos Resíduos Sólidos da Construção Civil pelas Resoluções CONAMA nº307/2002, 348/2004, 431/2011 e 469/2015.....	15
Quadro 3 - Etapas que o PGRCC deverá contemplar.....	16
Quadro 4 - Destinação adequada do resíduo, conforme sua classificação.....	17
Quadro 5 - Geração de resíduos por etapa da obra.....	22
Quadro 6 - Normas técnicas relativas à reciclagem de RCD.	26
Quadro 7 - Legenda para classificação dos Índices Totais e Médios (m ³ .m ⁻²).....	31
Quadro 8 - Legenda para classificação dos percentuais por faixas.	31

SUMÁRIO

1.	INRODUÇÃO	3
2.	OBJETIVOS	5
2.1.	Objetivo geral	5
2.2.	Objetivos específicos	5
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	6
3.1.	Panorama da construção civil na economia	6
3.2.	Legislação vigente referente ao gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil	9
3.2.1.	Lei Federal nº 12.305/2010	11
3.2.2.	ABNT NBR 10.004:2004	11
3.2.3.	Resolução CONAMA nº 307/2002, 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015. 13	
3.2.4.	Lei Estadual nº 12.493/1999	17
3.2.5.	Lei Municipal nº 4.806/1991	18
3.2.6.	Decreto Municipal nº 768/2009 - Londrina	18
3.2.7.	Lei Complementar nº 1.093/2017 – Maringá	20
3.3.	Geração de resíduos na construção civil	21
3.4.	Reciclagem de RCC	23
3.5.	Densidades dos RCCs	26
4.	MATERIAL E MÉTODOS	30
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1.	Percentuais por classe de RCC gerados na literatura	34
5.2.	Índices Totais e Médios de RCCs gerados na literatura	38
5.3.	Obras analisadas na cidade de Londrina-PR	44
5.3.1.	Percentual por classe de RCC	48
5.3.2.	Índices Totais e Médios	49
5.4.	Obras analisadas na cidade de Maringá-PR	50
5.4.1.	Percentual por classe de resíduo	54
5.4.2.	Índices Totais e Médios	55
6.	CONCLUSÃO	57

7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
-----------	---	-----------

1. INTRODUÇÃO

A projeção populacional do Brasil apresenta um comportamento de crescimento. Estima-se que o tempo médio para aumento da população é de 20 segundos: em 2018 a população brasileira alcançou 208.494.900 pessoas, com projeção para 2030 de 224.868.462 habitantes (IBGE, 2019). Ao passo que esse processo acontece, a urbanização se intensifica, e obras de infraestrutura fundamentais para sociedade como hospitais, pronto socorros, moradias e estradas contribuem para o crescimento da indústria da construção civil.

Segundo Borges et al. (2015) o crescente número da população dos centros urbanos no decorrer dos anos propiciou a ampliação da demanda na indústria da construção. Embora o setor seja de extrema importância para economia nacional em setores como a geração de empregos, o progresso da construção civil trouxe à tona um grande problema: a geração de resíduos da construção civil (RCC).

Diante deste cenário e da relevância que se observou do tema acerca dos impactos ambientais ocasionados, o setor passa por constantes mudanças, a fim de buscar técnicas cada vez mais modernas e eficientes que minimizem ao máximo a geração de resíduos e o desperdício de materiais durante a obra.

Com intuito de estabelecer responsabilidades e assegurar que os resíduos nas obras sejam devidamente geridos a Resolução CONAMA n° 307/2002 estabelece que grandes geradores deverão realizar o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), em acordo com o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil e deverá ser entregue em conjunto com o projeto do empreendimento para análise simultânea, visando a obtenção do alvará da obra – Habite-se (BRASIL, 2002).

A fase de caracterização é a primeira etapa a ser realizada em um PGRCC. Nela o resíduo será caracterizado e quantificado, entretanto todo o processo ocorre antes do início das obras. Deste modo a única maneira de efetuar a quantificação é por meio de estimativa.

Essa estimativa é realizada por meio de planilhas que contêm todos os resíduos previstos pelo projeto, e cada um deles possui um índice que representa o volume que será gerado para cada unidade de área construída do empreendimento. Entretanto,

existe um vasto número de variáveis que interferem nessa estimativa, como: a região em que a obra será executada, o porte da obra, aspectos construtivos e tecnologias. A escolha adequada das últimas duas variáveis citadas é fundamental ao processo construtivo em relação à redução do volume de resíduos, minimizando as perdas durante a execução da obra (BLUMENSCHHEIN, 2007).

Portanto, este trabalho possui como objetivo promover a atualização dos índices dos resíduos gerados por uma construtora na cidade de Londrina – PR e Maringá – PR, para que as estimativas futuras sejam mais próximas da real geração de cada empreendimento e assim, aprimorando os dados para o desenvolvimento do PGRCC.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Obter índices de geração de resíduos ($m^3 m^{-2}$) para obras de empreendimentos imobiliários residenciais com edificações de vários pavimentos em Londrina-PR e Maringá-PR, permitindo uma melhor diretriz na quantificação dos resíduos no PGRCC para esta tipologia construtiva.

2.2. Objetivos específicos

- Fazer a seleção de obras que tenham similaridade de tipologia e método construtivo;
- Obter percentuais em relação ao volume de cada classe de RCC gerado no canteiro de obras;
- Analisar a coerência dos dados em relação a outras literaturas já existentes;
- Realizar análise comparativa da geração de resíduos em diferentes cidades – Londrina-PR e Maringá-PR.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Panorama da construção civil na economia

Segundo Fochezatto e Ghinis (2011), o período pós Plano Real gerou estabilidade macroeconômica no país, contribuindo para o crescimento acelerado do setor da construção civil. Além deste fator, a construção civil representa uma significativa parcela da Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF), que é um indicador publicado trimestralmente pelo IBGE com a finalidade de mensurar o quanto os bens de capital das empresas aumentaram.

A partir da análise da Figura 1, nota-se que com o decorrer dos anos o ímpeto observado pela indústria da construção perdeu força, pois a crise econômica enfrentada pelo Brasil nos últimos anos influenciou negativamente no desenvolvimento da construção civil.

Entretanto, apesar de já ter vivido cenários mais favoráveis no contexto nacional, o setor não deixa de desempenhar papel importante para o desenvolvimento econômico e social do país.

O Produto Interno Bruto (PIB) de um setor permite mensurar qual a sua participação no PIB nacional, servindo também como comparativo em relação a outros setores. O Valor Adicionado Bruto (VABpb) está relacionado com tudo que é gerado diretamente pela atividade, ou seja, é uma aproximação do PIB do setor, uma vez que este também leva em consideração o que é gerado indiretamente pela atividade (FOCHEZATTO; GHINIS, 2011).

Na Figura 1, verifica-se a participação do VABpb da construção civil no VABpb nacional e a taxa real de crescimento do setor. Verifica-se que a participação do setor apresentou queda nos valores a partir do ano de 2014, chegando a 4,5% no ano de 2018. Observa-se também um declínio em relação a sua Taxa Real de Crescimento, a qual atingiu o valor de 2,5% em 2018 (CBIC, 2019).

Figura 1 - Participação do VABpb da construção civil no VABpb do Brasil e Taxa real de crescimento da construção civil.



Fonte: CBIC (2019). A Linha vermelha representa a Taxa Real de crescimento da Construção Civil.

Para Oliveira e Oliveira (2012) a construção civil e o desenvolvimento econômico estão intrinsecamente ligados, de modo que o progresso na indústria da construção contribui com o crescimento econômico. Este processo ocorre principalmente por meio do valor adicionado ao total das atividades. Além disso, o setor da construção civil fortalece o setor social por conta da elevada geração de empregos.

Segundo dados contidos na Tabela 1 da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), este setor gerou um total de 1.961.791 empregos em 2017, enquanto que em 2018 a geração de empregos chegou a 1.997.182. Apesar do crescimento do número de empregos neste setor, entre os anos de 2017 e 2018, verificou-se um declínio de 7,6% quando comparado a 2016 e de 24,1% em relação a 2015.

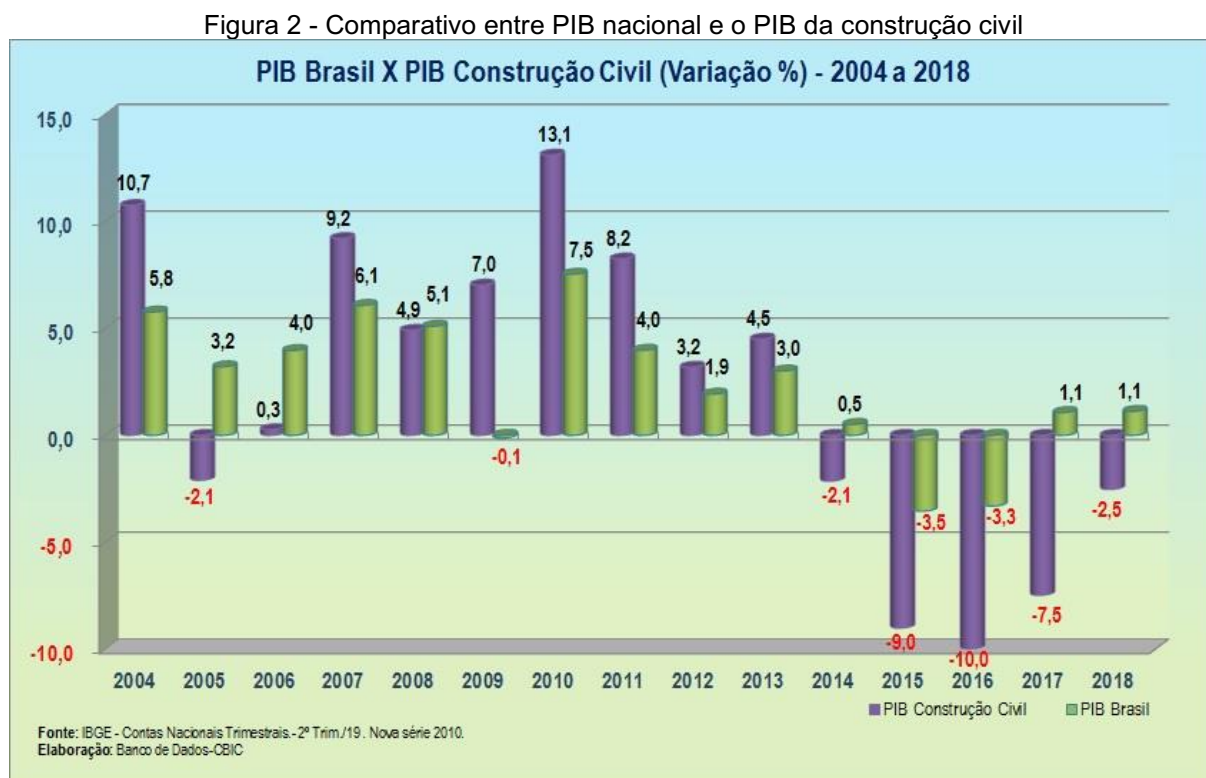
Tabela 1 - Estoque de trabalhadores na Construção Civil.

Localidade	ANO					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Paraná	159.678	166.840	151.193	132.487	121.402	120.244
Região Sul	428.014	436.100	389.814	343.671	325.974	324.948
Brasil	3.094.153	3.019.427	2.585.168	2.122.335	1.961.791	1.977.182

Fonte: Adaptado de CBIC (2019).

Conforme a CBIC os valores do PIB nacional mantêm uma relação direta com o comportamento do PIB da construção civil do país (ARAUJO, 2017). Na Figura 2 é

possível obter uma visão comparativa entre o PIB nacional e o PIB gerado pela construção civil no período de 2004 a 2018.



Fonte: CBIC (2019)

Nota-se que o PIB da construção civil a partir do ano de 2014 começou a apresentar um declínio, coincidindo com a crise econômica vivida pelo país em seus últimos anos. A partir da análise da Figura 2 é possível observar que o PIB nacional obteve um crescimento de 1,1%, enquanto que o da Indústria da Construção decresceu em 2,5% em 2018 (Figura 2).

De acordo com a Figura 2, a queda nos valores do PIB do setor é recente. Entretanto, o segmento teve um aumento expressivo anteriormente que trouxe benefícios à sociedade pela geração de empregos e malefícios pela geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e o consumo de matéria prima (ARAUJO, 2017).

3.2. Legislação vigente referente ao gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil

As atividades da indústria da construção civil influenciam direta e indiretamente em diversos aspectos na sociedade, sendo eles positivos ou negativos. Portanto, a geração dos RCCs pode influenciar significativamente na ocorrência de impactos ambientais, quando dispostos ou destinados inadequadamente no meio ambiente; por esta razão foram estabelecidas diversas legislações e normas quanto aos RCCs.

No Quadro 1 é apresentado o agrupamento de Leis, Normas e Resoluções de âmbito federal, estadual e municipal, do Estado do Paraná e dos municípios de Londrina e Maringá, a respeito do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos da Construção Civil (PGRCC).

Quadro 1 - Legislações Federais, Estaduais e Municipais relacionadas ao Gerenciamento de RCCs.

		Legislação	Tema
FEDERAL		Lei Federal nº 12.305/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
		ABNT NBR 10.004:2004	Classificação dos resíduos sólidos
		Resolução CONAMA nº307/2002 (Alterada pelas Resoluções nºs 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015)	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
		Resolução CONAMA nº348/2004	Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.
		Resolução CONAMA nº431/2011	Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso.
		Resolução CONAMA nº448/2012	Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.
		Resolução CONAMA nº469/2015	Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, além da alteração quanto a classificação de latas de tinta.
ESTADUAL (Paraná)		Lei Estadual nº 12.493	Estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná.
MUNICIPAL	Londrina	Lei Municipal nº 4.806/1991	Institui a Política Municipal do Meio Ambiente de Londrina.
		Decreto nº 768/2009	Institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil no Município de Londrina-PR, disciplina dos transportadores de resíduos em geral e dá outras providências.
	Maringá	Lei Complementar nº 1.093/2017	Institui a Política Municipal do Meio Ambiente de Maringá.

Fonte: Autoria Própria (2019).

3.2.1. Lei Federal nº 12.305/2010

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) criada em 02 de agosto de 2010, dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

Há um conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas previstas pela PNRS que visam minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, por meio de instrumentos como o Plano Municipal de Gestão Integrada e o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos que deverão conter metas e procedimentos de combate a todas as formas de desperdício, visando máxima reutilização dos resíduos.

Ficou instituído pela PNRS que os resíduos podem ser classificados segundo a sua origem em: domiciliares, limpeza urbana, sólidos urbanos, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, serviços públicos de saneamento básico, industriais, serviços de saúde, construção civil, agrossilvopastoris, serviços de transportes, mineração, e quanto a sua periculosidade como não perigoso e perigoso (BRASIL, 2010).

Sendo assim, segundo a PNRS os RCCs classificam-se como “todos os resíduos gerados em construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis”.

3.2.2. ABNT NBR 10.004:2004

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) validou a partir do dia 30 de novembro de 2004 a norma nº 10.004 que classifica os resíduos sólidos segundo seu grau de periculosidade, sendo elas:

Resíduo Classe I – Perigosos: Aquele resíduo que gera risco a saúde pública, provocando mortes, contribuindo para incidência de doenças ou acentuando seus índices e que apresente riscos ao meio ambiente. Também enquadram resíduos que apresentem quaisquer uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Além disso, se o resíduo pertencer ao Anexo A ou B da norma, será enquadrado nesta categoria;

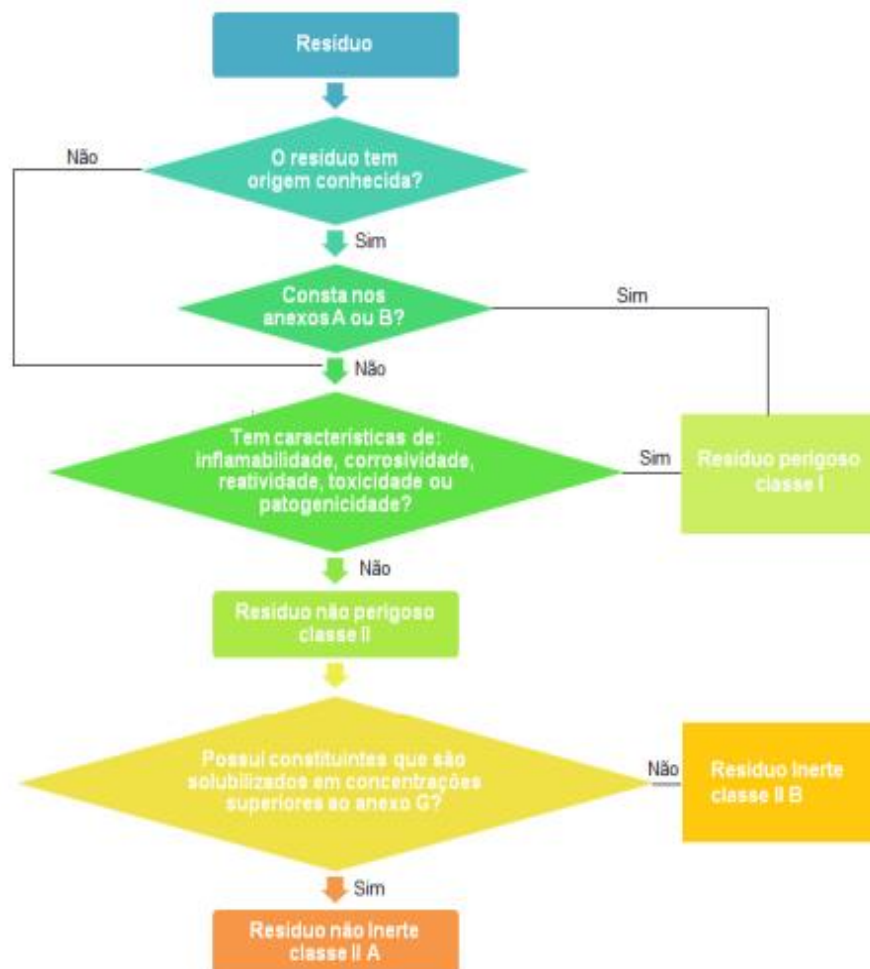
Resíduo Classe II A – Não perigosos e Não Inertes: São os resíduos que não se encaixarem em nenhuma das outras classes e possuem característica como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;

Resíduo Classe II B – Não perigosos e Inertes: Resíduo que quando submetido a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente e não tiverem de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G da norma (ABNT, 2004).

Para a realização da classificação dos resíduos sólidos segundo sua periculosidade, inicialmente deve-se verificar se o resíduo tem origem conhecida (Figura 3).

Caso o resíduo tenha origem conhecida e conste nos anexos A (Resíduos perigosos de fontes não específicas) ou B (Resíduos perigosos de fontes específicas) da NBR 10.004/2004 este deverá ser classificado como Resíduo perigoso classe I, entretanto se ele não constar nestes anexos ou não tiver origem conhecida, necessita-se que seja verificado se o resíduo possui características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Em caso de resposta afirmativa o resíduo será classificado como resíduo perigoso classe I, se não tiver nenhuma dessas características o resíduo pertencerá à classe II, sendo que se possuir constituintes que são solubilizados em concentrações maiores do que as contidas no Anexo G (Padrões para o ensaio de solubilização) será classificado como Resíduo Inerte classe IIA, se não, como Resíduo não Inerte classe IIB.

Figura 3 - Fluxograma de classificação dos resíduos segundo a periculosidade.



Fonte: Scalone (2013)

3.2.3. Resolução CONAMA n° 307/2002, 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015.

Levando em conta que os resíduos provenientes das atividades da indústria da construção representam grande parte dos resíduos urbanos gerados e que a disposição inadequada desses contribui para degradação da qualidade ambiental, é preciso reduzir efetivamente os resíduos e impactos ambientais gerados pelo setor. Neste sentido, conta-se com a Resolução CONAMA n° 307, que foi homologada em 5 de julho de 2002 e posteriormente alterada pelas Resoluções CONAMA n° 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015.

A Resolução CONAMA n° 307/2002 prevê que os municípios e o Distrito Federal devem implantar um Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil, no qual deverá constar, segundo o Art. 6°:

I - As diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores;

II - O cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento;

III - O estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e de disposição final de resíduos;

IV - A proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas;

V - O incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;

VI - A definição de critérios para o cadastramento de transportadores;

VII - As ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;

VIII - As ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação (BRASIL, 2002).

Pode-se visualizar no Quadro 2 as quatro classes (A, B, C e D) que enquadram os resíduos sólidos da construção civil em ordem crescente de periculosidade, de acordo com o Art. 3º da Resolução CONAMA nº 307/2002, CONAMA nº 348/2004, nº 431/2011 e 469/2015.

Quadro 2 - Classificação dos Resíduos Sólidos da Construção Civil pelas Resoluções CONAMA n°307/2002, 348/2004, 431/2011 e 469/2015.

CLASSE	TIPO DE RESÍDUO
A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Alterada pelas Resoluções CONAMA n° 431/2011 e 469/2015)
C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
D	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. (Alterada pela Resolução CONAMA n° 348/2004).

Fonte: Brasil (2002)

Por meio da Resolução CONAMA 307/2002, também fica instituído que grandes geradores públicos e privados são obrigados a desenvolver e implantar um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Construção Civil (PGRCC), visando à reutilização, reciclagem ou outra destinação ambientalmente correta dos RCC (BRASIL, 2002; MIRANDA, 2009). Para isto a Resolução prevê cinco etapas, exibidas no Quadro 3, que devem constar no PGRCC segundo o Art. 9°.

Quadro 3 - Etapas que o PGRCC deverá contemplar

ETAPAS	DESCRIÇÃO
Caracterização	Nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos.
Triagem	Deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º desta Resolução.
Acondicionamento	O gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem.
Transporte	Deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos.
Destinação	Deverá ser prevista de acordo com o estabelecido na Resolução CONAMA nº 307/2002.

Fonte: Brasil (2002).

A primeira etapa do projeto, de caracterização, permite tomar decisões mais racionais acerca do planejamento qualitativo e quantitativo referente à redução, reutilização, reciclagem e destinação final dos resíduos gerados na obra. A próxima etapa chamada de triagem ou segregação, deve ser realizada logo após a geração do resíduo, contribuindo para a organização e limpeza do canteiro de obras, diminuindo a possibilidade de acidentes com os trabalhadores nas atividades por conta de materiais e ferramentas espalhadas pelo canteiro (LIMA; LIMA, 2009).

O acondicionamento diz respeito à etapa em que o resíduo é armazenado em estruturas específicas (bacias, bombonas, bags ou caçambas) de modo que se facilite a coleta para o transporte, além de manter a integridade dos resíduos sólidos para que possam ser reutilizados posteriormente (COPEL, 2018).

Após as etapas de acondicionamento e armazenamento na obra, os resíduos são coletados por empresas contratadas que possuam licença ambiental para o transporte e destinação final. Ao término da construção, os comprovantes de

destinação adequada dos resíduos, juntamente com notas fiscais dos serviços prestados serão entregues à prefeitura (SCALONE, 2013).

A destinação dos RCC mostrada no Quadro 4 deve ser efetuada conforme sua classificação, especificada pelo Art. 10º da Resolução CONAMA nº 307/2002.

Quadro 4 - Destinação adequada do resíduo, conforme sua classificação

CLASSE DO RESÍDUO	DESTINAÇÃO
A	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
C	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
D	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Brasil (2002).

3.2.4. Lei Estadual nº 12.493/1999

Esta lei institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná, homologada em 22 de janeiro de 1999, com a finalidade de estabelecer procedimento e diretrizes referentes a todo o gerenciamento dos resíduos sólidos, desde a sua geração até destinação final, buscando controlar e minimizar os impactos ambientais (PARANÁ, 1999).

A lei também determina que as próprias atividades geradoras são responsáveis pelo gerenciamento correto dos resíduos, atendendo sempre as normas técnicas da ABNT e do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), atualmente Instituto Água e Terra (IAT).

Além disso, a Lei nº 12.493/199 determina em seu Art. 14º os critérios acerca da destinação final dos resíduos sólidos no Paraná, proibindo as seguintes disposições finais:

I - Lançamento "in natura" a céu aberto, tanto em áreas urbanas como rurais;

II - Queima a céu aberto;

III - Lançamento em corpos d'água, manguezais, terrenos baldios, redes públicas, poços e cacimbas, mesmo que abandonados;

IV - Lançamento em redes de drenagem de águas pluviais, de esgotos, de eletricidade, e de telefone.

3.2.5. Lei Municipal nº 4.806/1991

A Lei Municipal 4.806 de 10 de outubro de 1991 institui a Política Municipal do Meio Ambiente da cidade de Londrina, com o “objetivo de garantir a qualidade de vida dos habitantes do Município, mediante a preservação, melhoria e recuperação dos recursos naturais” (LONDRINA, 1991).

A Política Municipal do Meio Ambiente estabelecida pela Lei nº 4.806/1991, visa o planejamento e a fiscalização permanente do uso dos recursos naturais, formulando novas técnicas e estabelecendo padrões de proteção; além de colocar todos os dados acerca da qualidade dos recursos naturais disponíveis ao acesso de qualquer cidadão. Promove também pesquisas e a conscientização da população sobre o meio ambiente, impondo a obrigação de recuperar ou indenizar devidamente possíveis degradadores do meio ambiente (LONDRINA, 1991).

3.2.6. Decreto Municipal nº 768/2009 - Londrina

O Decreto Municipal nº 768 de 23 de setembro de 2009, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil por meio do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do município de Londrina (LONDRINA, 2009).

Neste decreto há uma caracterização dos resíduos da construção civil: “são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos,

blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassas, gessos, telhas, pavimentos asfálticos, vidros, plásticos, tubulações, fiações elétricas, etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha” (LONDRINA, 2009).

Serão considerados geradores de resíduos todas as pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos, definidos no Decreto nº 768/2009 pelo Art. 2º incisos III e IV, separados em dois tipos:

- Pequeno gerador: são pessoas físicas ou jurídicas que geram a quantidade máxima de 1.000 L (mil litros) equivalente a 1,0 m³ (um metro cúbico) de resíduos da construção civil, por obra.
- Grande gerador: são pessoas físicas ou jurídicas que geram quantidade maior que 1.000 L (mil litros) equivalente a 1,0 m³ (um metro cúbico) de resíduos da construção civil, por obra.

A destinação correta dos resíduos é de responsabilidade do próprio gerador e responsável técnico pela obra, ficando instituído no Art. 5º, § 1º do Decreto que “os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por lei” (LONDRINA, 2009).

A remoção dos resíduos da construção civil dos pequenos geradores na cidade de Londrina pode ser realizada por transportadores públicos ou privados, mediante remuneração. A gestão dos resíduos em pequenos volumes deve ser feita por intermédio do Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

Para os pequenos transportadores, que são os principais transportadores no caso de obras autônomas, o plano também deverá englobar programas de articulação para inclui-los, conferindo-lhes o aspecto positivo de auxílio na limpeza urbana pública, também será de obrigação do município fornecer uma estrutura física em rede que receba, trie e destine corretamente os resíduos (BRASIL, 2002).

Os grandes geradores deverão contratar uma empresa que promova o transporte dos resíduos. Para as empresas que trabalham com caçambas

estacionárias será necessário que estejam cadastradas junto à Companhia de Trânsito e Urbanização de Londrina – CMTU e sigam requisitos em relação a seu material, cor, dimensões e sinalização especificados do Decreto.

O Art. 12º do Decreto em que descreve os procedimentos para a obtenção do Certificado de Vistoria e Conclusão de obras – CVCO (“Habite-se”), modificado pelo Decreto nº 308 de 08 de março de 2019. Agora, para a concessão do certificado, de acordo com o Art. 27º do Decreto, deverá ser apresentada a seguinte documentação em formato digital:

- I. Cópia do projeto aprovado, ou indicação do número do processo SEI onde fora expedida a referida aprovação;*
- II. Guia de quitação do ISS recolhido junto à Secretaria Municipal de Fazenda;*
- III. Laudo de Conclusão de Obras;*
- IV. Nota fiscal de prestação de serviço de regular transporte e correta destinação final de resíduos da construção civil;*
- V. Laudo de Vistoria emitido pelo Corpo de Bombeiros, para os casos previstos;*
- VI. ART - Anotação de Responsabilidade Técnica dos projetos complementares, em caso de obra com mais de 100 m² (cem metros quadrados) de construção;*
- VII. Carta de aprovação e liberação das ligações das instalações prediais e energia elétrica expedida pela concessionária, para os casos previstos (LONDRINA, 2019).*

3.2.7. Lei Complementar nº 1.093/2017 – Maringá

A Lei Complementar nº 1.093/2017 que institui a Política Municipal do Meio Ambiente da cidade de Maringá, dispõe sobre a política de proteção, preservação, controle, conservação e recuperação do meio ambiente e melhoria da qualidade de vida no município de Maringá, além de outras providencias (MARINGÁ, 2017).

Além disso, a lei tem como “objetivo principal de contribuir para a melhoria da qualidade de vida da coletividade, mediante a proteção, a preservação, o controle, a conservação e a recuperação do meio natural, cultural, artificial e do trabalho, para a presente e futuras gerações” (MARINGÁ, 2017).

3.3. Geração de resíduos na construção civil

De acordo com Aragão (2013) a população tende a crescer cada vez mais e conseqüentemente ocorre a necessidade de novas moradias. Disto, decorre o desafio do gerenciamento dos RCCs gerados no processo.

Para Roth (2009), a falta de compatibilização de projetos ou até mesmo a ausência destes, somados a técnicas arcaicas e ineficientes de construção, bem como a compra incorreta de materiais, e consumo exacerbado e sem consciência de matéria prima colaboram para o aumento da geração.

A Resolução CONAMA nº 307/2002, ressalta que o gerador deve assumir o compromisso de minimizar ao máximo a geração de resíduos, seguindo a ordem de prioridade contida no Art. 4º: “os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final” (BRASIL, 2002).

No Brasil, os RCC correspondem entre 50% a 70% dos RSU's (IPEA, 2012). Em 2018, ano do último censo realizado pela Associação Brasileira de Serviços de Limpeza e Resíduos Especiais (ABRELPE), a geração total de RCCs coletados no Brasil foi de 0,585 kg hab⁻¹ dia⁻¹, enquanto, que na Região Sul obteve-se um índice de 0,546 kg hab⁻¹ dia⁻¹.

A construção civil é uma atividade que produz impactos ambientais em toda sua cadeia produtiva, desde a extração das matérias primas, até a destinação final dos resíduos, que ocasionam alterações na paisagem urbana, acompanhadas de áreas degradadas (BARRETO, 2005). O cenário é agravado pela elevada quantidade de resíduos gerados pela construção civil. No Quadro 5 são apresentados os tipos de resíduos gerados de acordo com a etapa da obra.

Quadro 5 - Geração de resíduos por etapa da obra.

FASES DA OBRA	RESÍDUOS GERADOS
LIMPEZA DO TERRENO	Solos
	Rochas, vegetação, galhos
MONTAGEM DO CANTEIRO	Blocos cerâmicos, concreto (areia; brita)
	Madeiras
FUNDAÇÕES	Solos
	Rochas
SUPERESTRUTURA	Concreto (areia; brita)
	Madeira
	Sucata de ferro, fôrmas plásticas
ALVENARIA	Blocos cerâmicos, blocos de concreto, argamassa
	Papel, plástico
INSTALAÇÕES HIDROSANITÁRIAS	Blocos cerâmicos
	PVC
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	Blocos cerâmicos
	Conduites, mangueira, fio de cobre
REBOCO INTERNO/EXTERNO	Argamassa
REVESTIMENTOS	Pisos e azulejos cerâmicos
	Piso laminado de madeira, papel, papelão, plástico
FORRO DO GESSO	Placas de Gesso acartonado
PINTURAS	Tintas, seladoras, vernizes, texturas
COBERTURAS	Madeiras
	Cacos de telha de fibrocimento

Fonte: Valotto (2007)

A problemática do descarte irregular de RCCs está diretamente ligada à elevada geração de resíduos. A prática acarreta uma série de impactos ambientais,

influenciando negativamente diversos aspectos e acarretando uma série de problemas, como:

- Assoreamento de córregos e nascentes: ocorre principalmente em épocas chuvosas, onde os materiais descartados irregularmente são carreados para o interior de corpos hídricos, podendo ocasionar impactos mais preocupantes quando próximos de nascentes;
- Poluição do solo: é um impacto causado principalmente pelo descarte irregular dos resíduos Classe I, que infiltram diretamente na superfície ou lixiviam;
- Enchentes: o aumento do risco desses acontecimentos está diretamente ligado ao descarte irregular. Os resíduos são arrastados pela água da chuva, devido ao escoamento superficial, e causam o entupimento de bueiros e tubulações;
- Biológico: é comum observar a presença de roedores, aranhas, escorpiões e insetos, alguns deles transmissores de endemias perigosas causando riscos à saúde da população (PINTO, 1999);
- Obstrução das vias de tráfego: em casos que o descarte irregular é desenfreado, os resíduos atingem grandes volumes capazes de impedir a passagem de pessoas na calçada;
- Visual: promove a mudança paisagística do local causando impacto visual negativo se maldisposto ou mal gerido.

A situação se agrava quando combinado a estes fatores existe um gerenciamento ambiental ineficaz, que promove o aumento de áreas degradadas denominadas bota-fora clandestinos, por conta do descarte irregular de resíduos (PINTO; GONZÁLES, 2005).

3.4. Reciclagem de RCC

Em virtude dos aspectos que envolvem a questão dos RCC é de extrema relevância o estudo do gerenciamento adequado destes. Os avanços da tecnologia juntamente com o crescente número de estudos acerca do tema auxiliaram na evolução da construção civil em relação a gerenciamento desses resíduos. Vale lembrar que existem técnicas para minimizar o desperdício de materiais quando

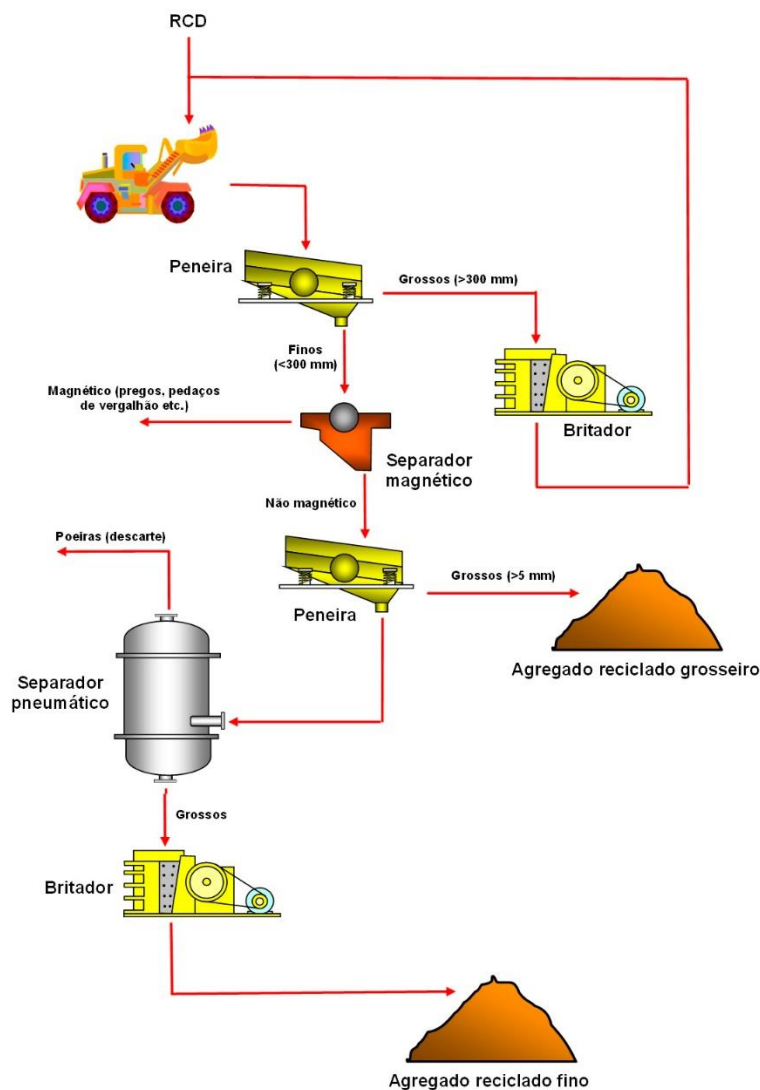
ocorre a quebra de tijolos ou blocos de concreto para embutir as tubulações hidráulicas e elétricas.

Para Silva (2010) uma construção sustentável não está ligada apenas ao aspecto ambiental, mas também ao econômico, uma vez que produzem uma quantidade menor de resíduos em relação às obras convencionais.

Dentro de um canteiro de obras procura-se a máxima reutilização e reciclagem dos resíduos. Neste contexto, existem regiões que possuem usinas de reciclagem de entulho – URE, evitando desta forma o descarte. Estes resíduos retornam ao ciclo produtivo e podem ser utilizados novamente (BORGES et al., 2015).

A cidade de São Paulo instalou uma URE em 1991 e a prefeitura de Londrina em 1993 (MIRANDA, ANGULO e CALERI, 2009). Na Figura 4, ilustra-se a sequência de operações realizadas com os resíduos da construção e demolição (RCD) durante o processo de reciclagem dos resíduos.

Figura 4 - Sequência de operações em um processo de reciclagem de RCD.



Fonte: Freitas (2018).

A publicação da Resolução CONAMA nº 307/2002, associada à inserção de planos de gerenciamento de RCC em obras fez com que a reciclagem ganhasse destaque. Com isso, Normas Técnicas foram elaboradas por Comitês Técnicos. No Quadro 6 estão elencadas as Normas Técnicas publicadas pela ABNT referentes à reciclagem dos resíduos provenientes da construção civil e sobre os aterros.

Quadro 6 - Normas técnicas relativas à reciclagem de RCD.

Norma	Tema
NBR 15113:2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
NBR 15114:2004	Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
NBR 15115:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.
NBR 15116:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

Fonte: Miranda (2009).

3.5. Densidades dos RCCs

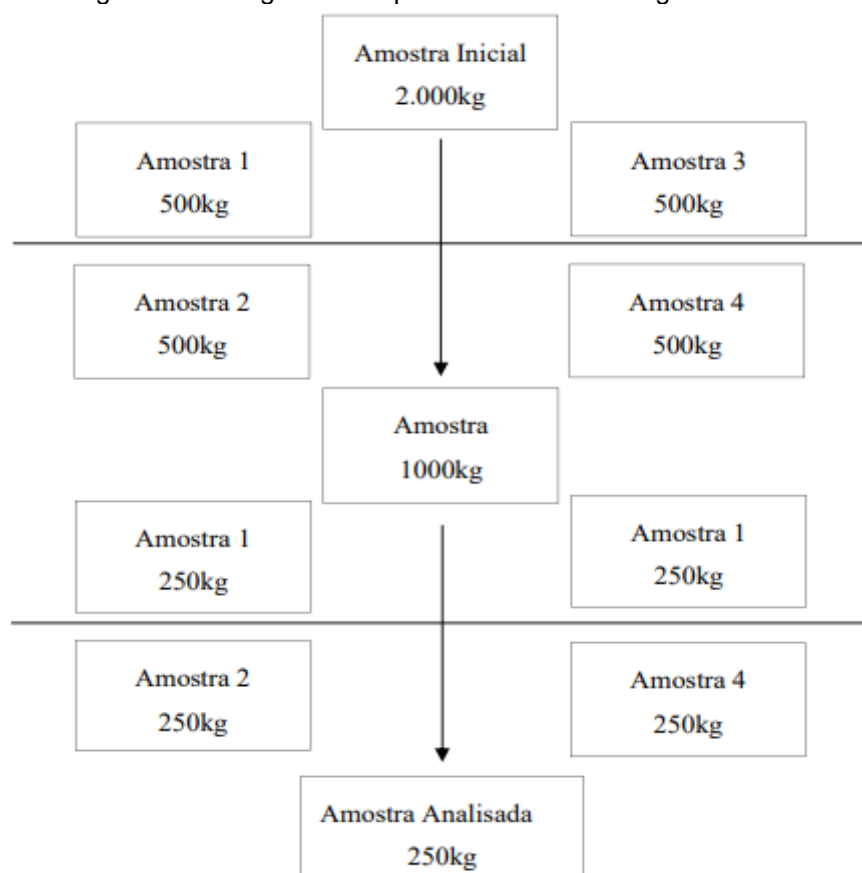
A densidade é um parâmetro importante quando se trata dos RCCs gerados no canteiro de obra. Se estimado corretamente, este parâmetro pode auxiliar em um melhor dimensionamento de equipamentos e instalações, além de melhorias nos métodos de tratamento, destino final dos resíduos e uma possível previsão de vida útil dos aterros sanitários (SILVA, 2010).

Para que as estruturas necessárias de acondicionamento e armazenamento dos RCC sejam dimensionadas e escolhidas de maneira correta, de modo que garanta a logística de coleta de resíduos, é necessário estimar a quantidade de resíduos gerados durante a execução da obra, além de conhecer a densidade aparente dos RCC produzidos (NAGALLI, 2020).

Sendo assim, Silva (2010) a fim de determinar a densidade aparente de resíduos sólidos domiciliares (RSD) no município Fortaleza-CE, realizou 24 ensaios *in situ* envolvendo amostras de 250 kg.

Os equipamentos utilizados para a medição foram: uma balança de plataforma de capacidade máxima de 150 kg, uma lona de 12 m², e um tambor de 100 L (0,1 m³). Os processos de amostragem estão apresentados na Figura 5.

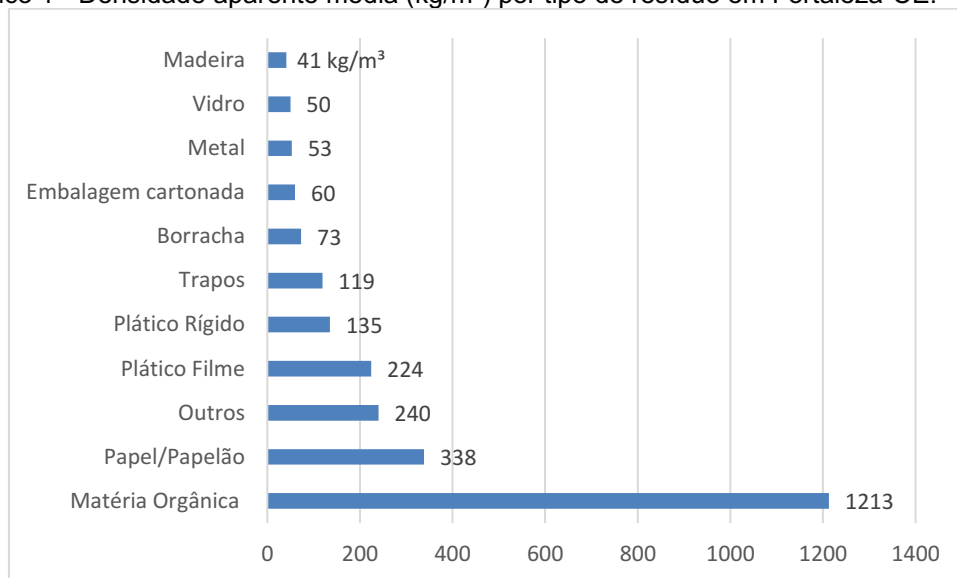
Figura 5 - Fluxograma dos processos de amostragem.



Fonte: Silva (2010).

A densidade aparente foi calculada enchendo-se o tambor com volume de 0,1 m³, com os resíduos e na sequência efetuou-se a pesagem do material. Os resíduos foram separados em: matéria orgânica, papel/papelão, plástico filme, plástico rígido, trapos, borracha, embalagem cartonada, metal, vidro, madeira e outros (SILVA,2010).

Nota-se que mesmo sendo classificados como RSD muitos resíduos também estão presentes na composição dos RCC gerados nos canteiros de obra. Os resultados estão apresentados no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Densidade aparente média (kg/m³) por tipo de resíduo em Fortaleza-CE.

Fonte: Silva (2010) adaptado pelo autor.

A densidade aparente média obtida a partir dos resultados dos materiais estudados foi de 231 kg/m³. O parâmetro se mostrou em concordância com outras literaturas abordadas pelo autor, como ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de densidade aparente média (kg/m³) na literatura.

Autor(es)/Ano	Densidade Aparente (kg/m ³)
Mercedes (1997)	150
Carneiro et al. (2000)	239
Lima e Surluiga (2000)	198
IBAM (2003)	230
Russo (2003)	250
Ranucci (2008)	173

Fonte: Silva (2010).

A determinação da densidade aparente média dos resíduos sólidos manteve valores próximos também a Vasconcelos (2015), na cidade de Belo Horizonte, em que foram coletadas amostras de uma área privada de recebimento de RCC.

No estudo foram coletadas 3 amostras em bombonas de volume conhecido (0,15 m³), de 8 resíduos, totalizando 24 amostras ao total. Posteriormente, foram pesadas em uma balança de capacidade máxima de 300 kg (VASCONCELOS, 2015).

Deste modo, obteve-se a relação entre a massa da amostra e o volume. Os resultados máximos e mínimos obtidos pelo estudo estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores máximos e mínimos das densidades aparentes dos RCC na cidade de Belo Horizonte-MG.

Resíduo	Valor máximo (kg/m³)	Valor mínimo (kg/m³)
Papel	62,67	56,00
Metal	483,33	77,33
Madeira	154,67	126,67
Plástico	55,33	36,67
Isopor	5,33	4,67
Gesso	828,67	800,67
Sacaria	76,00	53,33
Inertes	916,67	629,33

Fonte: Vasconcelos (2015) adaptado pelo autor.

Com os valores das densidades aparentes médias de cada resíduo analisado, é possível calcular a densidade média do RCC em Belo Horizonte, a partir da média aritmética dos valores, obtendo um valor de 267,08 kg/m³.

4. MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho foram levantados os resíduos gerados em 8 obras da cidade Londrina/PR e 5 obras da Maringá/PR, cujos dados foram fornecidos pela construtora parceira. As obras foram denominadas por um algarismo numérico seguido da letra “L” para cidade de Londrina e da letra “M” para a cidade de Maringá.

Foram analisadas obras de mesma tipologia (concreto armado com vedação em alvenaria de blocos cerâmicos), sendo consideradas as etapas da obra: serviços gerais/administração, instalação do canteiro de obras, fundação, estrutura, fechamento das alvenarias, instalações prediais e revestimento.

A classificação dos resíduos seguiu as resoluções CONAMA n° 307/2002, 348/2004, 448/2012 e 431/2015.

A partir dos dados de geração dos resíduos fornecidos pela construtora, foram calculados os Índices Totais e Médios de geração de resíduos em m³ de resíduo por m² de área construída, além dos percentuais de geração de RCC por classe de resíduo.

Os Índices Totais (IT) foram gerados a partir do volume total de RCC (VT) produzido na obra (m³), e da área construída (AC) (m²), do empreendimento em questão, gerando um índice em m³.m⁻². Conforme demonstrado na Equação 1.

$$IT = \frac{VT}{AC} \quad (1)$$

Os Índices Médios, por sua vez, foram calculados por meio da média aritmética dos Índices Totais das obras abordadas pela literatura em questão.

Para tornar perceptível as relações dos índices entre si, utilizou-se um sistema de classificação por intervalos, representadas por cores. No Quadro 7 são apresentadas as faixas com as respectivas cores.

Quadro 7 - Legenda para classificação dos Índices Totais e Médios (m³.m⁻²)

Intervalo	COR
$0 \leq x < 0,1$	
$0,1 \leq x < 0,3$	
$0,3 \leq x < 0,5$	
$0,5 \leq x < 0,7$	
$0,7 \leq x < 0,9$	
$0,9 \leq x < 1,1$	
$1,1 \leq x < 1,3$	
$\geq 1,3$	

Fonte: Autoria própria (2020).

As porcentagens foram obtidas a partir da soma dos volumes dos resíduos gerados de cada classe e o volume total dos resíduos, a partir da Equação 2.

$$\text{Percentual} = \frac{\text{Soma dos resíduos por classe}}{\text{Volume total}} \times 100 \quad (2)$$

Para que as diferenças entre as classes se tornassem mais visível, novamente foi atribuído o sistema de classificação de faixas representadas por cores, como apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 - Legenda para classificação dos percentuais por faixas.

PERCENTUAL	COR
0% - 20%	
21% - 40%	
41% - 60%	
61% - 80%	
81% - 100%	

Fonte: Autoria própria (2020).

Os resíduos considerados neste estudo estão na Planilha de Caracterização e Quantificação dos Resíduos da Obra (Figura 6).

Os resíduos obtidos a partir das planilhas fornecidas pela construtora não consideram reutilização e reciclagem dentro do canteiro de obras, apenas são considerados os resíduos enviados para a destinação final.

Após obtenção dos percentuais por classe de RCC e Índices Totais e Médios de geração para a cidade de Londrina e Maringá, foi realizada uma análise comparativa entre as duas cidades.

Figura 6 - Planilha de Caracterização e quantificação dos resíduos gerados no canteiro de obras.

Planilha de Caracterização e Quantificação dos Resíduos da Obra															Versão 2018.01	
Construtora:			Área Total a ser Construída (m ²):						Obra:							
Estimativa de geração de resíduos em m ³ por cada etapa da obra																
Classe	Tipo	Etapas Índice (m ³ /m ²)	Serviços		Instalação do canteiro de obras		Fundação		Estrutura		Fechamento das alvenarias		Instalações prediais e revestimento		Total (m ³)	Total por grupo
			% da participação	Geração (m ³)	% da participação	Geração (m ³)	% da participação	Geração (m ³)	% da participação	Geração (m ³)	% da participação	Geração (m ³)	% da participação	Geração (m ³)		
A	Solo															
	Cerâmicas															
	Concreto															
B	Plástico															
	Papéis															
	Metais															
	Madeira															
	Fiação elétrica															
	Vidro															
C	Gesso															
	Isopor															
D	Rejeitos															
	Tintas															
	Solventes															
	Lâmpadas															
	Total															

Fonte: Autoria Própria (2019).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Percentuais por classe de RCC gerados na literatura

A partir do momento em que o PGRCC de uma obra é concluído, tem-se a quantificação estimada do volume de cada resíduo que será produzido na obra. Com isso, é possível observar qual tipo de resíduo e, conseqüentemente, qual classe de resíduo concentra a maior parte em relação ao volume total de resíduos gerados pela construção do empreendimento, possibilitando o melhor gerenciamento e manejo dos resíduos no canteiro de obras.

Bezerra (2019) fez um levantamento de 7 obras, sendo todas empreendimentos verticais, efetuadas por 5 construtoras localizadas em São Paulo e região, com a finalidade de analisar o PGRCC realizados pelas empresas, além do manejo e gerenciamento dos resíduos nas obras. Os estudos apresentam os PGRCCs feitos entre maio de 2012 e agosto de 2015.

Para que fosse mantida a anonimidade das empresas e dos empreendimentos, estes foram identificados conforme representado na Tabela 4.

Tabela 4 - Denominação das obras e construtoras dos sete PGRCCs.

Denominação da Obra	Nº de pavimentos	Nº de apartamentos	Construtoras	Área (m ²)	Data do PGRCC
Obra 1	20	86	C1	14660,05	Maio 2013
Obra 2	14	224	C2	21624,10	Março 2014
Obra 3	Condomínio residencial	106 casas	C1	9133,31	Maio 2013
Obra 4	16	-	C3	43018,01	Maio 2012
Obra 5	25	-	C4	35957,63	Outubro 2014
Obra 6	12	-	C5	14049,33	Agosto 2015
Obra 7	25	25	C2	7314,93	Junho 2014

Fonte: Bezerra (2019) adaptado pelo autor.

Na sequência, será quantificado os resíduos por unidade de volume (m³) para todas as 7 obras apresentadas. Sendo assim, foi possível calcular o percentual de cada classe de resíduo presente nas edificações de duas maneiras: incluindo e

excluindo o volume de solo gerado. Entende-se que o volume deste resíduo é fator particular de cada obra e que depende de outras variáveis características de cada empreendimento como o terreno, reutilização do resíduo na obra, entre outros.

Os percentuais obtidos por meio da Equação 2, considerando o volume de solo gerado, estão contidos na Tabela 5, separados por suas respectivas classes. Nas obras 3 e 6 os resíduos classe A não incluem o solo.

Tabela 5 - Percentuais obtidos a partir dos PGRCCs das sete obras, considerando o solo.

Obras							
Classe	1	2	3	4	5	6	7
A	87,6	30,0	-	89,3	81,0	-	-
B	11,8	55,0	-	10,1	17,6	-	-
C	0,5	2,0	-	0,3	1,1	-	-
D	0,1	13,0	-	0,3	0,6	-	-

Fonte: Autoria própria (2020).

Nota-se que os maiores valores estão presentes nos resíduos Classe A, com destaque para as obras 1, 4 e 5 que apresentaram valores superiores a 81%. Na sequência, a mesma equação 2 foi utilizada, entretanto agora, sem contabilizar o volume de solo gerado. Na Tabela 6, verifica-se os valores calculados, exceto para a Obra 2 cujo percentual do solo não foi separado.

Tabela 6 - Percentuais obtidos a partir dos PGRCC das sete obras, sem considerar o solo.

Obras							
Classe	1	2	3	4	5	6	7
A	43,8	-	50,6	52,3	61,0	60,0	30,0
B	53,3	-	47,0	45,3	35,4	30,0	55,0
C	2,3	-	1,7	1,3	2,3	5,0	2,0
D	0,6	-	0,7	1,2	1,2	5,0	13,0

Fonte: Autoria própria (2020).

Percebe-se que quando o volume de solo não é contabilizado os percentuais da classe A, na maioria dos casos, permanecendo na faixa laranja.

Nas obras 2, 6 e 7, o PGRCC da construtora responsável fornece os percentuais somente por classe, ou seja, sem especificar os percentuais de cada resíduo. A obra 2 não aparece na Tabela 6 por não ser possível a separação. As obras 3, 6 e 7 não obtiveram resíduo de solo (Tabela 5).

Um comportamento parecido ocorre também em outras literaturas, como em Caetano, Fagundes e Gomes (2018), que apresentam a geração de RCC de uma construção, ainda não terminada, de um condomínio vertical, com área construída de 28.039,03 m², composto de 5 torres e 1 garagem, utilizando o processo construtivo de alvenaria estrutural. Para que se mantenha o anonimato do empreendimento, esta foi denominada como “Y”.

Além do percentual de composição dos RCC da obra em estudo, também são exibidos percentuais comparativos de outras literaturas como demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7 - Comparativo das classes de RCC da obra Y com algumas composições abordadas pela bibliografia.

Classe	Obra Y	Daltro Filho et al. (2006)	Tessaro, Sá e Scremin (2012)	Bernardes et al. (2008)	Araújo e Carnáuba (2010)	Ângulo et al. (2011)
A	54,6	63,6	88,0	94,8	96,4	91,0
B	45,5	5,1	11,0	3,1	1,3	9,0
C	-	29,3	-	2,1	-	-
D	-	2,1	-	-	0,5	-

Fonte: Caetano, Fagundes e Gomes (2018) adaptado pelo autor.

Constata-se que os valores de resíduos pertencentes à Classe A da obra Y, se diferem dos demais, em absoluto, certamente por conta do tipo construtivo e término da obra (CAETANO, FAGUNDES E GOMES 2018).

Em Silva, Santos e Araújo (2017) observa-se a construção de um edifício residencial de alto padrão, com 13.194,09 m² de área, 16 pavimentos e 4 apartamentos por andar em apenas uma torre. O percentual de composição dos RCCs gerados no empreendimento, que inclui volume de solo produzido, estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Composição dos RCC gerados no canteiro de obra residencial vertical de alto padrão.

Classe	Porcentagem
A	63,6
B	5,1
C	29,3
D	2,1

Fonte: Silva, Santos e Araújo (2017) adaptado pelo autor.

Novamente nota-se que a Classe A teve maior representatividade do que as demais classes também para construção de alto padrão. O percentual encontrado é condizente com Bluemenschein (2007), que afirma que 60% a 80% dos resíduos presentes no canteiro de obras são passíveis de reciclagem (Classe A e B). Entretanto, destacam-se os RCCs Classe C, que obtiveram percentual elevado em relação a outras obras da literatura.

A mesma tendência constatada anteriormente se repete em outras duas obras analisadas por Silva et al. (2017). Sendo a primeira delas (obra A) uma obra residencial com área construída de 200m² e a segunda (obra B) comercial com área construída de 350m². Vale ressaltar que a composição dos RCC apresentada pela Tabela 9, contabiliza o volume de solo gerado no canteiro de obra.

Tabela 9 - Classificação dos resíduos das obras A e B.

Classe	Porcentagem	
	A	B
A	77,0	67,0
B	20,0	30,0
C	-	-
D	3,0	3,0

Fonte: Silva (2017) adaptado pelo autor.

Mais uma vez a Classe A foi a maior parte dos RCC gerados nas duas obras com percentuais superiores a 60%. Os resíduos Classe C não são fornecidos pelo PGRCC em questão.

Nas Tabelas 10 e 11 pode-se observar diversas literaturas citadas em Bezerra (2019), sendo o primeiro referente a obras em que foram computados o volume de solo gerado e o segundo, onde não foi incluído o volume de solo produzido. Os estudos abordados foram realizados em lugares distintos, entretanto apresentam o mesmo comportamento averiguado nos estudos analisados até o momento.

Tabela 10 - Percentual de composição dos RCC em diferentes literaturas, incluindo o solo.

Autor	Piovesan Junior (2007)	Hu, Voet; Hipples (2010)	Marques Neto e Schalch (2010)	Al-Hajj (2011)	Tessarato et al (2012)	Lima e Cabral (2013)
Cidade	Reino Unido	Pequim, China	São Carlos, SP	Dubai	Pelotas, RS	Fortaleza, CE
Classe A	89,0	96,1	72,0	48,1	88,0	48,0
Classe B	-	-	8,0	17,4	7,5	-
Classes C e D	11,0	3,9	6,0	34,0	4,5	27,4

Fonte: Bezerra (2019) adaptado pelo autor.

Tabela 11 - Percentual de composição dos RCC em diferentes literaturas, excluindo o solo.

Autor	Bohne; Brattebe; Bergsdal, (2010)	Lage et al. (2010)	Silva et al. (2010)	Carmo et al. (2012)
Cidade	Trondheim, Noruega	Galícia, Espanha	Goiânia, GO	BH
Classe A	80,0	73,8	97,0	76,0
Classe B	18,0	17,8	-	-
Classes C e D	2,0	8,4	3,0	24,0

Fonte: Bezerra (2019) adaptado pelo autor.

Com exceção das obras abordadas por Lima e Cabral (2013) e Al-Hajj (2011), realizadas nos países: Brasil (Fortaleza) e Emirados Árabes Unidos (Dubai) respectivamente, todas as outras literaturas presentes apresentaram volume de RCC Classe A na faixa de 60%-80% ou 80%-100%.

Em Carmo et al. (2012), nota-se percentual relativamente alto quando comparado com outras literaturas que apresentaram percentual elevado nos resíduos Classes C e D, ficando na faixa dos 20-40% (cor azul).

5.2. Índices Totais e Médios de RCCs gerados na literatura

O gerenciamento e manejo dos resíduos não passam necessariamente pela composição percentual dos RCCs por classe do resíduo em uma obra, pois pode-se analisar de maneiras diferentes, como por exemplo, utilizar o Índice Total e Índice Médio dos RCCs gerados no canteiro de obra.

Um levantamento de índices realizada por Reck (2019) para obtenção do Grau de Mestre no Instituto Politécnico de Bragança em 16 obras brasileiras da cidade de Curitiba as quais foram comparadas com outras obras em Portugal de mesmo método construtivo, possibilitaram obter uma visão dos índices gerados a nível de Brasil. Este estudo é interessante por envolver obras do estado do Paraná.

Na Tabela 12 estão apresentadas as áreas e métodos construtivos de cada obra brasileira analisada. Vale ressaltar que a obra D, por não fornecimento de dados de geração dos RCCs, e a obra E por ter finalidade comercial, foram excluídas da análise de RCC (RECK, 2019).

Tabela 12 - Caracterização das obras brasileiras analisadas.

Obra	Tipo da obra	Nº de residências	Área Construída (m²)
A	Residencial	1	26545
B	Residencial	320	41268
C	Residencial	27	3713
D	Residencial	8	1255
E	Comercial	n.a.	2176
F	Casa ou sobrado	1	450
G	Residencial	32	17000
H	Casas geminadas	2	100
I	Residencial	31	8100
J	Casas geminadas	369	48542
K	Casas geminadas	226	9806
L	Residencial	30	8718
M	Residencial	40	9846
N	Residencial	670	60031
O	Casas geminadas	18	6642
P	Residencial	22	8105
Q	Residencial	184	11040
R	Residencial	280	24048

Fonte: Reck (2019) adaptado pelo autor.

Segundo Reck (2019) os solos não são considerados como RCC em Portugal por causa da legislação que entende que os mesmos podem ser encaminhados para aterros temporários e depois reutilizados para outros fins.

Portanto, devido à comparação entre os dois países os volumes dos solos foram subtraídos da produção total de resíduos de cada obra, como mostra a Tabela 13. No entanto, no presente estudo foram calculados os Índices Totais e Médios para ambos os casos, isto é, contabilizando ou subtraindo os volumes de solos gerados.

Tabela 13 - Volume total de RCC contabilizando e excluindo o volume de solo.

Obra	Volume total de resíduos (m³)	Volume de solo escavado (m³)	Volume excluindo o solo (m³)
A	40399	38171	2228
B	14368	11979	2389
C	410	175	235
F	110	1	109
G	2100	400	1700
H	4,5	0,3	4,2
I	8200	7200	1000
J	1300	0	1300
K	670	0	670
L	14345,75	6802	7543,75
M	1698	926	772
N	2820	266	2554
O	271	45	226
P	342	18	324
Q	306	95	211
R	1613	144	1469

Fonte: Reck (2019) adaptado pelo autor.

A partir dos volumes de resíduos (m³) e áreas construídas (m²) foram calculados os Índices Totais (m³.m⁻²), presentes na Tabela 14, de cada obra abordada por Reck (2019).

Tabela 14 - Índice Totais obtidos contabilizando e subtraindo o solo.

OBRA	Índice com solo	Índice sem solo
A	1,52191	0,08393
B	0,34816	0,05789
C	0,11042	0,06329
F	0,24444	0,24222
G	0,12353	0,10000
H	0,04500	0,04200
I	1,01235	0,12346
J	0,02678	0,02678
K	0,06833	0,06833
L	1,64553	0,86531
M	0,17246	0,07841
N	0,04698	0,04254
O	0,04080	0,03403
P	0,04220	0,03998
Q	0,02772	0,01911
R	0,06707	0,06109

Fonte: Autoria própria (2020).

Em metade das obras analisadas (H, J, K, N, O, P, Q e R), os índices incluindo o volume de solo produzido, apresentaram Índices Totais na faixa de 0 a 0,1 $\text{m}^3.\text{m}^{-2}$ representados pela cor verde.

Em quatro obras (C, F, G e M), os índices mantiveram-se entre 0,1 e 0,3 $\text{m}^3.\text{m}^{-2}$, entretanto quando foi subtraído o volume de solo todos passaram a obter índices verdes, com exceções das obras F, G que mostraram baixa variação e continuou na cor azul. Já para os índices de 0,3 a 0,5 $\text{m}^3.\text{m}^{-2}$, apenas a obra B figurou neste intervalo, se deslocando para a cor verde após a retirada do solo.

Para as obras que apresentaram Índices maiores do que 1,0 (obras A, I e L) quando foi subtraído o volume de solo gerado, o indicador também reduziu de maneira significativa. A obra A passou para o intervalo de cor verde, a obra I passou para a faixa azul e a obra L ficou no maior intervalo registrado (0,7 a 0,9 $\text{m}^3.\text{m}^{-2}$ (cor amarela)).

A partir dos Índices gerados, por meio da média aritmética, tornou-se possível a obtenção dos Índices Médios com os respectivos desvios padrões, apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Índices Médios incluindo e excluindo o volume de solo produzido.

Solo	Índice médio ($\text{m}^3.\text{m}^{-2}$)	Desvio Padrão ($\text{m}^3.\text{m}^{-2}$)
Excluindo Solo	0,34648	0,52348
Incluindo Solo	0,12177	0,19871

Fonte: Reck (2019) adaptado pelo autor.

Por consequência da retirada do solo na computação do índice, este apresentou queda de 0,22471 $\text{m}^3.\text{m}^{-2}$, ou seja, declínio de 35,1% passando para o intervalo da cor azul (0,1 a 0,3 $\text{m}^3.\text{m}^{-2}$), cujo valor está próximo da cor verde registrada em metade das obras brasileiras.

A mesma análise dos dados das 7 obras descritas no item 5.1, da tese de mestrado de Bezerra (2019) pode ser feita, entretanto vale lembrar que a obra 2 foi excluída dos cálculos, por conta do PGRCC desta não conter o volume de solo gerado no canteiro de obra. Na Tabela 16, observa-se os índices das 6 obras consideradas.

Tabela 16 - Relação de Índices Totais e Médios das seis obras analisadas.

Obra	Área (m ²)	Volume incluindo o solo (m ³)	Volume excluindo o solo (m ³)	Índice incluindo o solo (m ³ .m ²)	Índice excluindo o solo (m ³ .m ²)
1	14660,05	9932,33	2195,33	0,67751	0,14975
3	9133,31	-	1373,27	-	0,15036
4	43018,01	14241,00	3191,00	0,33105	0,07418
5	35957,63	3491,63	1727,63	0,09710	0,04805
6	14049,33	-	1621,00	-	0,11538
7	7314,93	-	675,22	-	0,09231

Fonte: Autoria própria (2020).

Quando não computada a quantidade de solo produzido na obra, observou-se queda expressiva do Índice Total nas obras 1 e 4. Os Índices médios obtidos a partir da média aritmética dos valores contidos na Tabela 16, foi de 0,36855 m³.m⁻² (cor laranja) quando se inclui o solo e de 0,10500 m³.m⁻² (cor azul) quando se exclui o resíduo, representando uma queda de 28,5%.

A relação de obras abordadas por Costa (2012), na cidade de João Pessoa também permite calcular Índices Totais e Médios em construções brasileiras, onde 35 edificações, ainda em fase de construção, estavam disponíveis para fornecimento dos dados, contudo apenas 22 delas tinham o cronograma compatível com o estudo. A caracterização das obras analisadas, com as respectivas áreas e volume de resíduos gerados incluindo o solo estão contidos na Tabela 17.

Tabela 17 - Caracterização das obras analisadas.

Obra	Usuário	Área Construída (m²)	Volume de RCC (m³)
1	Particular	985,50	97,00
3	Particular	43858,80	3854,50
4	Particular	16976,51	1515,50
5	Particular	1250,00	120,00
6	Particular	950,00	100,00
7	Particular	1780,00	140,00
8	Particular	1949,00	180,00
9	Particular	1194,50	144,00
10	Particular	998,00	105,00
12	Particular	70,00	10,00
13	Particular	95,00	10,50
14	Particular	150,00	11,00
16	Público	2299,02	203,10
17	Público	997,64	165,50
19	Público	840,00	72,00
20	Público	445,56	48,50
21	Público	232,45	36,00
22	Público	394,30	38,50
24	Público	754,93	76,50
29	público	4997,00	508,30
34	Público	455,40	39,50
35	Público	1031,80	100,40

Fonte: Costa (2012) adaptado pelo autor.

Ao todo foram estudadas 10 obras de caráter público e 12 particulares. A partir dos dados da Tabela 17, tornou-se possível o cálculo por meio da Equação 1, dos Índices dos empreendimentos em questão. Os resultados obtidos estão elencados na Tabela 18.

Tabela 18 - Índices totais calculados para as 22 obras.

Obra	Índice Total	Obra	Índice Total
1	0,09843	14	0,07333
3	0,08788	16	0,08834
4	0,08927	17	0,16589
5	0,09600	19	0,08571
6	0,10526	20	0,10885
7	0,07865	21	0,15487
8	0,09236	22	0,09764
9	0,12055	24	0,10133
10	0,10521	29	0,10172
12	0,14286	34	0,08674
13	0,11053	35	0,09731

Fonte: Autoria própria (2020).

Vale ressaltar que as obras abordadas, não contabilizaram o volume de solo gerado, pois o volume deste resíduo é muito variável conforme a obra, além da reutilização do mesmo no próprio canteiro de obras ou de outra obra (COSTA, 2012).

Todavia, nota-se valores presentes, em sua maioria nas faixas verdes (12 obras) e azuis (10 obras) sendo 5 delas em obras particulares. O Índice Médio obtido foi de 0,10403 m³.m⁻², o qual se mantém no intervalo de 0,1 a 0,3 m³.m⁻² (Cor azul).

5.3. Obras analisadas na cidade de Londrina-PR

Como exposto, foram analisadas um total de 8 obras no município de Londrina-PR que possuem o mesmo método construtivo. Esta análise possibilitou a obtenção dos percentuais por classe dos RCC e índices totais e médios em (m³/m²).

Inicialmente foram levantadas as características de cada obra, descritas na Tabela 19. Para manter a anonimidade das obras, estas foram denominadas com números de 1 a 8 seguidos da letra “L” indicando o município de Londrina.

Tabela 19 - Caracterização das obras na cidade de Londrina-PR.

Obra	Nº de torres	Apartamentos/ Andar	Área do apartamento (m ²)	Área Total (m ²)	Período da obra
1L	1	4	211,00	37563,00	ago/15 a dez/18
2L	1	4	183,00	32790,00	mai/14 a set/2017
3L	1	4	125,00	16017,00	mar/2015 a jul/18
4L	1	4	138,00	25439,00	dez/13 a jan/16
5L	1	4	67,00	26007,00	mai/15 a abr/18
6L	1	4	54,00	20909,00	jan/17 a ago/19
		2	75,00		
7L	1	2	78,00	19192,00	out/14 a dez/16
		8	75,50		
8L	1	2	239,00	30760,00	dez/13 a jun/17

Fonte: Autoria própria (2020).

Na sequência foram disponibilizados pela construtora o PGRCC dos empreendimentos das obras de Londrina e Maringá. Os resíduos: papel e papelão, plástico, metal, vidro, tinta, cartuchos finca pino e EPI's contaminados foram apresentados em volumes e em massa.

Deste modo, foram feitas as conversões de peso para volume por meio das densidades aparentes apresentadas em Vasconcelos (2015). A densidade aparente considerada foi a média aritmética entre os valores máximos e mínimos (Tabela 3)

calculados pelo autor. As densidades aparentes consideradas foram: 280,33 kg.m⁻³ para o metal, 59,33 kg.m⁻³ para papel/papelão e 46,00 kg.m⁻³ para o plástico.

A densidade aparente do vidro considerada foi a calculada por Silva (2010), com o valor de 50 kg.m⁻³. Os restantes dos resíduos pertencentes à classe D, detinham pequena quantidade de massa quando comparados com o restante dos resíduos gerados nas obras e por conta da falta de literatura para efetuar a conversão das unidades, foram desconsiderados nos cálculos.

Nas Tabelas 20 e 21, estão apresentados respectivamente os volumes de resíduos declarados nos PGRCCs das 8 obras e os índices de cada resíduo produzido na obra, obtidos a partir da divisão dos respectivos volumes dos resíduos pela área construída do empreendimento.

Tabela 20 - Volume de RCCs gerados nas obras de Londrina (m³).

Classe	Tipos de Resíduos	1L	2L	3L	4L	5L	6L	7L	8L
A	Solos provenientes de terraplanagem	30625	18485	10220,5	32	4130	440,00	7323	170,00
A	Componentes cerâmicos	15	29	0	12	0	0	0	0
A	Entulho	2964	3196	1685	1512,5	3296	2655,00	1293	2221,00
A	Entulho + concreto armado	0	20	412	0	0	0	0	0
A	Entulho + piso	0	0	576	0	0	0	0	0
B	Papel/Papelão	215	73	11	9	267	106,00	154	65,00
B	Plásticos	55	0	3	0	112	53,00	18	138,00
B	Vidros	0	0	0	0	0	0	0	0
B	Metais	118	27,8	76	70	0	55,00	16	107,00
B	Madeiras	715	1234	590	25	290	436,00	500	440,00
B	Gessos	110	133,5	25	90	50	48,50	13	165,00
B	Isopor	0	16,94	28,5	0	0	7	8	0
C	Não recicláveis (rejeitos, estopa, lixa)	56,5	206,5	146	259	57	34,50	45	393,00
D	Tintas	0	17,6	18	27	0	0	4	0
D	Solventes	0	3	2,5	0	0	0	5	0
D	Óleos	0	0	0,4	0	0	0	0	0
D	Objetos e material contendo amianto	0	1	1	0	0	0	5	0
D	EPI's contaminados	39	31	26	0	5	32,00	9	0
D	Cartuchos de finca pinos	1,5	0,2	1	0	0	0	0	0
D	Embalagens de espumas expansivas	0	0	1,5	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 21 - Índice de cada resíduo gerado nas obras de Londrina (m³.m⁻²)

Classe	Tipos de Resíduos	1L	2L	3L	4L	5L	6L	7L	8L
A	Solos provenientes de terraplanagem	0,81530	0,56374	0,63810	0,00126	0,15880	0,02104	0,38157	0,00553
A	Componentes cerâmicos	0,00040	0,00088	0	0,00047	0	0	0	0
A	Entulho	0,07891	0,09747	0,10520	0,05946	0,12674	0,12698	0,06737	0,07220
A	Entulho + concreto armado	0	0,00061	0,02572	0	0	0	0	0
A	Entulho + piso	0	0	0,03596	0	0	0	0	0
B	Papel/Papelão	0,00572	0,00223	0	0,00035	0,01027	0,00506	0,00802	0,00211
B	Plásticos	0	0	0,00019	0	0,00431	0,00253	0,00093	0,00449
B	Vidros	0	0	0	0	0	0	0	0
B	Metais	0,00314	0	0,00474	0,00275	0	0,00263	0,00083	0,00348
B	Madeiras	0,01903	0,03763	0,03684	0,00098	0,01115	0,02085	0,02605	0,01430
B	Gessos	0,00293	0,00407	0,00156	0,00354	0,00192	0,00232	0,00068	0,00536
B	Isopor	0	0,00052	0,00178	0	0	0,00033	0,00042	0
C	Não recicláveis (rejeitos, estopa, lixa)	0,00150	0,00630	0,00912	0,01018	0,00219	0,00165	0,00234	0,01278
D	Tintas	0	0,00054	0,00112	0,00106	0	0	0,00021	0
D	Solventes	0	0,00009	0,00016	0	0	0	0,00026	0
D	Óleos	0	0	0,00002	0	0	0	0	0
D	Objetos e material contendo amianto	0	0,00003	0,00006	0	0	0	0,00026	0
D	EPI's contaminados	0,00104	0,00095	0,00162	0	0,00019	0,00153	0,00047	0
D	Cartuchos de finca pinos	0,00004	0,00001	0,00006	0	0	0	0	0
D	Embalagens de espumas expansivas	0	0	0,00009	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2020)

5.3.1. Percentual por classe de RCC

A partir dos PGRCC se obteve o volume total de RCCs gerados no canteiro de obras, além do volume por classe do resíduo. Em ambos os casos, foram somados os valores incluindo e excluindo o solo, que estão presente nas Tabelas 22 e 23.

Tabela 22 - Volumes totais de RCC gerados nas obras em Londrina-PR, incluindo e excluindo o solo.

Obra	Volume Total de RCC - Com solo (m ³)	Volume Total de RCC - Sem solo (m ³)
1L	34914,00	4289,00
2L	23474,54	4989,54
3L	13823,40	3602,90
4L	2036,50	2004,50
5L	8207,00	4077,00
6L	3867,00	3427,00
7L	9393,00	2070,00
8L	3699,00	3529,00

Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 23 – Volumes (m³) por classe do RCC incluindo e excluindo o solo na cidade de Londrina.

Classe	Obra							
	1L	2L	3L	4L	5L	6L	7L	8L
A (com solo)	33604,00	21730,00	12893,50	1556,50	7426,00	3095,00	8616,00	2391,00
A (sem solo)	2979,00	3245,00	2673,00	1524,50	3296,00	2655,00	1293,00	2221,00
B	1213,00	1485,24	733,50	194,00	719,00	705,50	709,00	915,00
C	56,50	206,50	146,00	259,00	57,00	34,50	45,00	393,00
D	40,50	52,80	50,40	27,00	5,00	32,00	23,00	0

Fonte: Autoria própria (2020).

Sendo assim, tendo os volumes conhecidos por classe de RCC e o volume total produzido na obra, foram calculados, por meio da Equação 2, os percentuais gerados pelas obras em análise, em duas situações: contabilizando ou não o volume de solo gerado.

Os valores encontrados nas duas situações, estão apresentados nas Tabelas 24 e 25.

Tabela 24 - Percentuais por classe de RCC nas obras analisadas em Londrina-PR incluindo o volume de solo gerado.

Classe	Obras							
	1L	2L	3L	4L	5L	6L	7L	8L
A	96,2	92,6	93,3	76,4	90,5	80,0	91,7	64,6
B	3,5	6,3	5,3	9,5	8,8	18,2	7,5	24,7
C	0,2	0,9	1,1	12,7	0,7	0,9	0,5	10,6
D	0,1	0,2	0,0	1,3	0,1	0,8	0,2	0,0

Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 25 - Percentuais por classe de RCC nas obras analisadas em Londrina-PR excluindo o volume de solo gerado.

Classe	Obras							
	1L	2L	3L	4L	5L	6L	7L	8L
A	69,5	65,0	74,2	76,1	81,0	77,5	62,5	62,9
B	28,3	29,8	20,0	9,7	17,6	20,6	34,3	25,9
C	1,3	4,1	4,1	12,9	1,4	1,0	2,2	11,1
D	0,9	1,1	1,4	1,3	0,1	0,9	1,1	0,0

Fonte: Autoria própria (2020).

Quando se exclui o volume de solo produzido os percentuais da classe A sofreram reduções de até 29,2% (obra 7L), entretanto mesmo assim os RCCs da classe continuam a figurar com a maior parcela de volume de resíduo gerado por conta dos volumes de entulho produzidos no canteiro de obras.

As obras apresentaram resultados parecidos com os abordados na literatura. Nas obras analisadas por Bezerra (2019) os volumes de RCC classe A também obtiveram os maiores percentuais independente da inserção do volume de solo.

O estudo de Bezerra (2019) apresenta percentuais entre 80 a 100% com solo e 60 a 80% sem solo. Esses percentuais mostram que os resultados obtidos se enquadram nas faixas observadas.

A faixa de 60 a 80% também foi encontrada nos trabalhos incluindo o solo de Marques Neto e Schalch (2010), e de 80 a 100% no estudo de Tessaro et al. (2012). Os outros resíduos apresentam percentuais baixos que estão de acordo com a literatura.

5.3.2. Índices Totais e Médios

Com as áreas conhecidas e, a partir dos PGRCC, contendo o volume total de RCC de cada obra, foi possível o cálculo dos Índices Totais e Médios dos

empreendimentos, por meio da Equação 1. Na Tabela 26 pode-se observar os índices obtidos a partir dos cálculos.

Tabela 26 - Índices Totais e médios ($\text{m}^3.\text{m}^{-2}$) das obras analisadas em Londrina.

Solo	Obras								Índice Médio	Desvio Padrão
	1L	2L	3L	4L	5L	6L	7L	8L		
Com	0,92948	0,71591	0,86305	0,08005	0,31557	0,18494	0,48942	0,12025	0,46233	0,33922
Sem	0,11418	0,15217	0,22494	0,07880	0,15677	0,16390	0,10786	0,11473	0,13917	0,04519

Fonte: Autoria própria (2020).

Nota-se que por conta do elevado volume de solo gerado nas obras 1L, 2L e 3L, o Índice gerado mostrou valores mais elevados. Consequentemente, também foram as que tiveram quedas mais significantes do parâmetro.

Em contrapartida, a obra 4L, por obter o menor volume de solo gerado foi a que teve menor variação no Índice total e a única que manteve o índice na faixa de 0 a $0,1 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$ (cor verde). No restante das obras não se observou variações significativas e com exceção da obra 4L, todas mantiveram-se na faixa de $0,1$ a $0,3 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$ (cor azul).

O Índice médio, por sua vez, manteve o mesmo comportamento observado anteriormente na literatura, e assim como em Bezerra (2019) e Reck (2019), obteve queda da cor laranja ($0,3$ a $0,5 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$) para a cor azul ($0,1$ a $0,3 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$). O valor do Índice Médio excluindo o solo também se assemelha com o valor encontrado por Costa (2012), mantendo-se na faixa representada pela cor azul.

5.4. Obras analisadas na cidade de Maringá-PR

No município de Maringá foram analisadas 5 obras com o mesmo método construtivo das obras de Londrina. A caracterização de cada empreendimento encontra-se na Tabela 27.

As obras foram denominadas por um algoritmo numérico seguido da letra “M” que faz referência à cidade de Maringá.

Tabela 27 - Caracterização das obras analisadas em Maringá-PR.

Obra	Torres	Apartamento / Andar	Área do apartamento (m²)	Área Construída (m²)	Período da obra
1M	1	4	241,00	42.501,90	jan/16 a set/19
2M	1	2	344,00	39.809,83	mar/15 a nov/18
3M	1	4	161,75	32.376,41	jan/14 a jan/17
4M	1	4	108,00	23.110,36	ago/14 a set/17
5M	2	8	67,46	37.157,85	jun/13 a fev/16

Fonte: Autoria própria (2020).

Os volumes dos resíduos gerados nas obras de Maringá, declarados pelo PGRCC, estão presentes na Tabela 28. Os índices de cada um dos RCCs estão presentes na Tabela 29.

Tabela 28 - Volume dos RCC gerados nas obras de Maringá (m³).

Classe	Tipos de Resíduos	1M	2M	3M	4M	5M
A	Solos provenientes de terraplanagem	3387,00	0,0	0,0	235,00	20,00
A	Componentes cerâmicos	0,0	40,00	0,0	0,0	35,00
A	Entulho	3835,00	3986,00	865,00	1645,00	355,00
A	Entulho + concreto armado	0,0	325,00	0,0	0,0	2142,00
A	Entulho + piso	0,0	15,00	0,0	0,0	0,0
B	Papel/Papelão	0,0	141,00	160,00	5,0	29,00
B	Plásticos	169,00	141,90	70,00	11,00	26,00
B	Vidros	0,0	8,00	0,40	0,0	0,0
B	Metais	161,00	310,00	11,80	58,00	0,0
B	Madeiras	1644,00	597,00	100,00	229,00	519,00
B	Gessos	215,00	165,00	59,00	141,50	0,0
B	Isopor	0,0	10,00	0,0	0,00	0,0
C	Não recicláveis (rejeitos, estopa, lixa)	54,00	20,00	268,20	48,30	0,0
D	Tintas	16,12	1,00	25,10	29,00	0,0
D	Solventes	0,0	0,0	4,20	0,0	0,0
D	Óleos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
D	Objetos e material contendo amianto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
D	EPI's contaminados	30,50	15,00	18,60	51,50	0,0
D	Cartuchos de finca pinos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
D	Embalagens de espumas expansivas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 29 - Índice de geração de cada RCC gerado na obra (m³.m⁻²)

Classe	Tipos de Resíduos	1M	2M	3M	4M	5M
A	Solos provenientes de terraplanagem	0,07969	0	0	0,01017	0,00054
A	Componentes cerâmicos	0	0,00100	0	0	0,00094
A	Entulho	0,09023	0,10013	0,02672	0,07118	0,00955
A	Entulho + concreto armado	0	0,00816	0	0	0,05765
A	Entulho + piso	0	0,00038	0	0	0
B	Papel/Papelão	0	0,00354	0,00494	0,00022	0,00078
B	Plásticos	0,00398	0,00356	0,00216	0,00048	0,00070
B	Vidros	0	0,00020	0,00001	0	0
B	Metais	0,00379	0,00779	0,00036	0,00251	0
B	Madeiras	0,03868	0,01500	0,00309	0,00991	0,01397
B	Gessos	0,00506	0,00414	0,00182	0,00612	0
B	Isopor	0	0,00025	0	0	0
C	Não recicláveis (rejeitos, estopa, lixa)	0,00127	0,00050	0,00828	0,00209	0
D	Tintas	0,00038	0	0,00078	0,00125	0
D	Solventes	0	0	0,00013	0	0
D	Óleos	0	0	0	0	0
D	Objetos e material contendo amianto	0	0	0	0	0
D	EPI's contaminados	0,00072	0,00038	0,00057	0,00223	0
D	Cartuchos de finca pinos	0	0	0	0	0
D	Embalagens de espumas expansivas	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2020).

5.4.1. Percentual por classe de resíduo

Por meio dos PGRCC fornecidos, pode-se obter o volume de RCC pertencente em cada uma das quatro classes de resíduos, além do volume total gerado na construção incluindo e excluindo o volume de solo. Os valores encontrados a partir da somatória dos volumes estão representados na Tabela 30 e 31.

Tabela 30 - Volume total de RCC gerado nas obras em Maringá-PR, incluindo e excluindo o solo.

Obra	Volume total de RCC - Com solo (m³)	Volume total de RCC - Sem solo (m³)
1M	9511,62	6124,62
2M	5774,90	5774,90
3M	1582,30	1582,30
4M	2453,30	2218,30
5M	3126,00	3106,00

Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 31 – Volumes (m³) por classe do RCC incluindo e excluindo o solo na cidade de Maringá.

Classe	Obra				
	1M	2M	3M	4M	5M
A (com solo)	7222,00	4366,00	865,00	1880,00	2552,00
A (sem solo)	3835,00	4366,00	865,00	1645,00	2532,00
B	2189,00	1372,90	401,20	444,50	574,00
C	54,00	20,00	268,20	48,30	0,00
D	46,62	16,00	47,90	80,50	0,00

Fonte: Autoria própria (2020).

Deste modo, a partir da Equação 2 foi possível obter os percentuais das respectivas classes de RCCs. Com a finalidade de se ter uma visão comparativa em relação à literatura, foram calculados os percentuais incluindo e excluindo o solo, demonstrados nas Tabelas 32 e 33.

Vale ressaltar que os percentuais das obras 2M e 3M não foram computadas na Tabela 32 por não obterem volume de solo contabilizados no PGRCC.

Tabela 32 - Percentuais por classe de RCC nas obras analisadas em Maringá-PR incluindo o volume de solo gerado.

Classe	Obras				
	1M	2M	3M	4M	5M
A	75,9	-	-	76,6	81,6
B	23,0	-	-	18,1	18,4
C	0,6	-	-	2,0	0,0
D	0,5	-	-	3,3	0,0

Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 33 - Percentuais por classe de RCC nas obras analisadas em Maringá-PR excluindo o volume de solo gerado.

Classe	Obras				
	1M	2M	3M	4M	5M
A	62,6	75,6	54,7	74,2	81,5
B	35,7	23,8	25,4	20,0	18,5
C	0,9	0,3	17,0	2,2	0,0
D	0,8	0,3	3,0	3,6	0,0

Fonte: Autoria própria (2020).

Observa-se que as quedas dos percentuais não foram tão acentuadas quanto as das obras de Londrina, por conta de os volumes de solos produzidos serem baixos. Entretanto, os RCCs pertencentes à classe A continuam a figurar como os que possuem a maior parcela do volume de resíduos produzidos no canteiro de obras, seguidos dos RCC classe B.

A obra 5M se manteve na faixa de 80 a 100%, apresentando valores em concordância com a literatura abordado por Bezerra (2019) e Tessaro et al. (2012).

Quando o volume deste resíduo não foi computado, os percentuais se mantiveram próximos à Carmo et al. (2012), na faixa de 60 a 80% (cor vermelha).

A exceção se fez à obra 3M, que apesar do RCC classe A ainda ser o mais volumoso, mostrou valores abaixo do verificado nos outros empreendimentos. O fato se deve à existência apenas de entulho (865,00 m³) no canteiro de obra, único representando classe A neste caso.

5.4.2. Índices Totais e Médios

Do mesmo modo que se procedeu para as obras em Londrina, em Maringá foram os calculados os Índices Totais e Médios (m³.m⁻²), por meio da Equação 1. Os

valores exibidos pela Tabela 34, tratam do parâmetro novamente nas duas situações analisadas até o momento: incluindo e excluindo o solo da contagem de volume total.

Tabela 34 - Índices Totais e médios das obras analisadas em Maringá.

Obras							
Solo	1M	2M	3M	4M	5M	Índice Médio	Desvio Padrão
Com	0,22379	-	-	0,10616	0,08413	0,13803	0,08564
Sem	0,14410	0,14506	0,04887	0,09599	0,08359	0,10352	0,03691

Fonte: Autoria própria (2020).

Nota-se que os Índices Totais foram pertencentes apenas às duas faixas de menores valores representados pelas cores azul e verde. Os índices também apresentam baixa variabilidade quando comparada com as obras analisadas na cidade de Londrina, por conta dos baixos volumes de solos gerados.

A estabilidade dos índices se confirma no parâmetro de Índice Médio com ou sem solo, cuja a faixa se manteve em 0,1 a 0,3 m³.m⁻² (cor azul).

Entretanto, quando se considera o volume de solo, os Índices Totais e Médios encontrados apresentaram valores menores do que os calculados na literatura. Os Índices Totais se assemelham ao encontrados pelas obras 1, 3 e 6 abordadas por Bezerra (2019), além das obras analisadas por Reck (2019) com exceção da obra L.

No comparativo com as obras abordadas por Costa (2012) os parâmetros apresentaram valores similares, para obras que excluem o volume de solo produzido.

Consequentemente, os índices Médios apresentaram valores próximos aos apresentados por Bezerra (2019), Reck (2019) e Costa (2012), onde os parâmetros calculados se mantiveram no intervalo representada pela cor azul.

6. CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas pode-se concluir que as obras na cidade de Londrina-PR apresentaram Índices Médios de geração de resíduos maiores do que os Índices gerados na cidade de Maringá-PR.

Quando contabilizado o volume de solo gerado na construção do empreendimento a diferença no Índice Médio foi de $0,32431 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$, enquanto que quando se exclui o resíduo de solo, a diferença foi de $0,03564 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$. Esta diferença mostra que devido à variabilidade é melhor compor o índice excluindo o solo, pois a variação do valor foi da ordem de 10 vezes superior.

Os percentuais do resíduo classe A nas duas cidades foram acima de 64% quando incluído o solo e acima de 54% sem este resíduo. Estes percentuais, bem como a predominância do resíduo classe A em relação aos outros resíduos gerados, podem ser considerados adequados a este método construtivo em comparação com pesquisas realizadas em Curitiba, São Paulo e João Pessoa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004a.

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

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

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil – 2018/2019**. São Paulo: Abrelpe; 2016. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>>. Acesso em: 07 nov. 2019.

ARAGÃO, V. Emanuely. **Análise do conhecimento dos profissionais da construção civil na cidade de Campo Mourão – PR sobre os RCC's**. 2013.70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Tecnologia em Materiais para Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013. Acesso em: 04 nov. 2019.

ARAUJO, I. C de. **A problemática do descarte irregular de resíduos da construção civil por pequenos geradores no município de Londrina/PR: Caracterização de um ponto de descarte**. 2017. 83. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017.

BARRETO, I. M. C. B. do N. **Gestão de resíduos na construção civil**. Sergipe: Sinduscon, 2005.

BEZERRA, C. M. da S. **Análise de Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em Obras no Município de São Paulo e Região**. São Paulo, 2019. Disponível em: <<http://bibliotecatede.uninove.br/bitstream/tede/2073/2/Claudia%20Maria%20da%20Silva%20Bezerra.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2020.

BORGES, J. B. G.; BERTICELLI, R.; KALIL, R. Maria L.; BRUM, B. M.; GOMES, A. P. **Usinas de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil atuando no**

desenvolvimento Sustentável dos municípios, 2015. Eficiência Energética do Ambiente Construído – Passo Fundo/RS.

BLUMENSCHHEIN, R. N. **Manual Técnico: gestão de resíduos sólidos em canteiros de obras**. Brasília: Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Distrito Federal, 2007. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br/services/e-books/Manual%20T%20C3%20A9cnico%20-%20Gest%20C3%20A3o%20de%20Res%20C3%20ADduos%20S%20C3%20B3lidos%20em%20Canteiros%20de%20Obras.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 28 out. 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critério e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 jul. 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 28 out. 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 348, de 17 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 ago. 2004. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 448, de 17 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, nos artigos 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11º. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 ago. 2004. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 431, 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 mai. 2011. Disponível em: <http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_ambiente/gestao%20residuos/resolucao_conama_431_20_11.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 469, 29 de julho de 2015. Altera a Resolução CONAMA no 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30, jul. 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=714>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

CAETANO M. O.; FAGUNDES A. B.; GOMES L. P. **Modelo de Regressão Linear Para Estimativa de Geração de RCD em Obras de Alvenaria Estrutural**. Ambiente Construído vol. 18 nº2 Porto Alegre Apr./June 2018. Disponível em: <

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212018000200309>. Acesso em: 01 dez. 2020.

CAMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – BANCO DE DADOS. Brasília: CBIC, 2019.

COSTA; R. V. G. da. **Taxa de Geração de Resíduos da Construção Civil em Edificações na Cidade de João Pessoa**, 2012. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba para obtenção do grau de Mestre. Disponível em: <<file:///C:/Users/arthu/OneDrive/Documents/UTFPR/TCC/TCC2/%C3%8DNDICES/%C3%8DNDICES%20-%20joao-pessoa.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA – COPEL. **Manual para Elaboração do PGRCC**, 2018. Disponível em: <[https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_para_elaboracao_do_pgrcc/\\$FILE/Manual_para_Elaboracao_do_PGRCC.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_para_elaboracao_do_pgrcc/$FILE/Manual_para_Elaboracao_do_PGRCC.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2019.

FOCHEZATTO, A.; GHINIS, C. P. **Determinantes do crescimento da construção civil no Brasil e no Rio Grande do Sul: evidências da análise de dados em painel**, 2011. Ensaios FEE, Porto Alegre, v. 31, Número Especial, p. 648-678, jun. 2011. Disponível em: <<https://revistas.fee.tche.br/index.php/ensaios/article/view/2575/2919>>. Acesso em 02 nov. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. **Censo demográfico: 2018**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 03 nov. 2019.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012.

LIMA, R. S. L.; LIMA, R. R. R. L. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. Paraná, 2009. 31 p. Disponível em: <http://creaweb.crea-pr.org.br/WebCrea/biblioteca_virtual/downloads/cartilhaResiduos_baixa.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.

LONDRINA. Decreto no 768, de 23 de setembro de 2009. Institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil no Município de LONDRINA. **Jornal Oficial**, Londrina, PR, 29 set 2009. Disponível em: >http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_ambiente/gestao%20residuos/decreto_768_2009.pdf<. Acesso em: 01 nov. 2019.

LONDRINA. Lei no 4.806, de 10 de outubro de 1991. Estabelece a Política Municipal do Meio Ambiente. **Jornal Oficial**, Londrina, PR, 20 set 1991. Disponível em: >http://www.cema.pr.gov.br/arquivos/File/Lei_de_criacao_CMMA_Londrina.pdf<. Acesso em: 01 nov. 2019.

MARINGÁ. Lei Complementar nº 1.093/2017. Dispõe sobre a política de proteção, preservação, controle, conservação e recuperação do meio ambiente e melhoria da

qualidade de vida no município de Maringá, além de outras providencias. *Jornal Oficial*. Disponível em: <http://sapl.cmm.pr.gov.br:8080/sapl/sapl_documentos/norma_juridica/12940_texto_integral>. Acesso em: 03 nov. 2019.

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, É. D. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. *Ambiente Construído*, v. 9, n. 1, p. 57-71, 2009. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/7183/4909%20T%C3%B3pico%201>>. Acesso em: 28 out. 2019.

NAGALLI, A.; FILHO, P. R. G.; BACH, N. S. **Densidade Aparente Média de Resíduos Sólidos Coletados em Uma Obra Portuária**. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade* | v. 9, n. 19 | jul/dez – 2020. Disponível em: <>. Acesso em: 02 dez. 2020.

OLIVEIRA, Valeria Faria; OLIVEIRA, EAAQ. O papel da indústria da construção civil na organização do espaço e do desenvolvimento regional. In: **The 4th International Congress on University-Industry Cooperation**. 2012. Disponível em: <<http://www.unitau.br/unindu/artigos/pdf570.pdf>>. Acesso em: 01 de nov. de 2019.

PARANÁ. Lei Estadual nº 12.493 de 22 de janeiro de 1999. Estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes a geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais e adota outras providências. **Diário oficial** nº5430 de 5 de fevereiro de 1999. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/LEI_S/LEI_ESTADUAL_12493_DE_01_1999.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2019.

PINTO, T. de P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.casoi.com.br/hjr/pdfs/gestresiduossolidos.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

ROTH, C.; GARCIAS, C. **Construção Civil e a Degradação Ambiental**. *Desenvolvimento em Questão*, v. 7, n. 13, p. 111-128, 21 out. 2009. Disponível em: <<https://revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/169>>. Acesso em 01 nov. 2019.

RECK M. I. **Gestão de Resíduos de Construção - Estudo de Caso dos Indicadores de Obras em Bragança (Portugal) e Curitiba (Brasil)**, 2019. Relatório final de Projeto Apresentado à Escola Superior de Tecnologia e Gestão – Instituto Politécnico de Bragança. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/21807/1/pauta-relatorio-12.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2020.

SCALONE, Paola A. **Gerenciamento de resíduos da construção civil: Estudo de caso em empreendimento comercial e residencial em Londrina/PR**. 2013. 103 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

SILVA, A. S. et al. **Gestão de resíduos sólidos na construção civil: Estudo de caso em duas empresas na Cidade de Manaus – AM.** Revista InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, vol.12 nº1 – jun. 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac. ISSN 1980-0894. Disponível em: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2017/06/5-190_InterfacEHS_ArtigoRevisado.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2020.

SILVA M. C.; SANTOS, G. O. **Densidade aparente de resíduos sólidos recém coletados.** Fortaleza: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2010.

SILVA, T. A. de O. **Desempenho Sustentável dos Edifícios: Estudo de Caso de Residência Universitária de Residência em Feira de Santana – BA.** Feira de Santana, 2010, 54f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual de Feira de Santana - Departamento de Tecnologia. Disponível em: <<http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/THIAGO%20ARA%20C3%9AJA%20DE%20LIVEIRA%20SILVA.pdf>> Acesso em: 04 nov. 2019.

SILVA W. C. da.; SANTOS G. O.; ARAÚJO W. E. L. de. **Resíduos da Construção Civil: Caracterização, Alternativas de Reuso e Retorno Econômico.** R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 286 - 301, jul./set. 2017. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/3790/3172>. Acesso em: 01 dez. 2020.

VALOTTO, D. V. **Busca de informação: gerenciamento de resíduos da construção civil em canteiro de obras.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, 2007.

VASCONCELOS, K. B.; LEMOS, C. F. **Densidade aparente dos resíduos da construção civil em Belo Horizonte – MG.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 6., 2015, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: Centro Universitário Metodista IPA, 2015.