

**PROPOSTA DE UM MODELO PARA ANÁLISE QUALITATIVA E  
QUANTITATIVA DA PRODUÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS PARA  
APLICAÇÃO EM OBRAS PÚBLICAS DE PAVIMENTAÇÃO NO DISTRITO  
FEDERAL**

**MARUSKA LIMA DE SOUSA HOLANDA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**PROPOSTA DE UM MODELO PARA ANÁLISE QUALITATIVA E  
QUANTITATIVA DA PRODUÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS PARA  
APLICAÇÃO EM OBRAS PÚBLICAS DE PAVIMENTAÇÃO NO DISTRITO  
FEDERAL**

**MARUSKA LIMA DE SOUSA HOLANDA**

**ORIENTADOR: CLÁUDIO HENRIQUE DE ALMEIDA FEITOSA PEREIRA (UnB)**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL**

**PUBLICAÇÃO: 10A/21**

**BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO - 2021**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**PROPOSTA DE UM MODELO PARA ANÁLISE QUALITATIVA E  
QUANTITATIVA DA PRODUÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS PARA  
APLICAÇÃO EM OBRAS PÚBLICAS DE PAVIMENTAÇÃO NO DISTRITO  
FEDERAL**

**ENG.<sup>a</sup> CIVIL MARUSKA LIMA DE SOUSA HOLANDA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADA POR:

---

Prof. Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira, DSc. (PECC-UnB)  
(Orientador)

---

Prof.<sup>a</sup> Michéle Dal Toé Casagrande, DSc. (PPGG-UnB)  
(Examinador Interno)

---

Prof. Carlos Eduardo Luna de Melo, DSc. (FAU-UnB)  
(Examinador Interno - Suplente)

---

Prof.<sup>a</sup> Liedi Legi Bariani Bernucci DSc. (Poli-USP)  
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 10 DE DEZEMBRO DE 2021

## FICHA CATALOGRÁFICA

HOLANDA, MARUSKA LIMA DE SOUSA

Proposta de um Modelo para Análise Qualitativa e Quantitativa da Produção de Agregados Reciclados para Aplicação em Obras Públicas de Pavimentação no Distrito Federal. [Distrito Federal] 2021. xxiii, 202p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Estruturas e Construção Civil, 2021).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Pavimentação urbana sustentável

2. Agregado reciclado

3. Resíduos sólidos

4. Construção civil

I. ENC/FT/UnB

II. Título (Mestre)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MARUSKA, M.L.S. (2021). Proposta de um Modelo para Análise Qualitativa e Quantitativa da Produção de Agregados Reciclados para Aplicação em Obras Públicas de Pavimentação no Distrito Federal. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM – 20M/20, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental de Brasília, DF, 202p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Maruska Lima de Sousa Holanda

TÍTULO: Proposta de um Modelo para Análise Qualitativa e Quantitativa da Produção de Agregados Reciclados para Aplicação em Obras Públicas de Pavimentação no Distrito Federal.

GRAU: Mestre ANO: 2021

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Maruska Lima de Sousa Holanda

Condomínio Vivendas Colorado I, Módulo C, Casa 7, Grande Colorado, Sobradinho, DF, Brasil, CEP 73.105-907

maruskalimaholanda@gmail.com

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus filhos: Victor e Mateus.*

*“Há um momento para tudo e um tempo para todo propósito debaixo do céu. Tempo de nascer, tempo de morrer; [...] Tempo de guardar e tempo de jogar fora .... Tempo de estar calado, e tempo de falar...” Eclesiastes 3. Bíblia Sagrada*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela minha vida, pela minha família e pelas bênçãos de todos os dias.

Aos meus pais, Raimundo e Mariza, aos meus filhos, Victor e Mateus, e a todos da minha família pelo suporte, amor e compreensão durante a realização deste trabalho.

Ao meu querido amigo, Pedro Almeida, pelo incentivo para eu seguir em frente na busca pelo conhecimento e na contribuição à engenharia local.

Ao meu orientador, Prof. Cláudio Henrique, pelas valiosas orientações e pela compreensão e apoio nas minhas dificuldades e, em especial, pelas limitações impostas neste momento de pandemia.

À equipe do Laboratório do DER/DF, pela disponibilidade na realização dos ensaios de caracterização dos materiais, em especial, ao Sr. Sebastião Dutra e ao superintendente, Dr. Fauzi Nacfur.

Às engenheiras Kalline, Taynara e Brunna, pelo auxílio na obtenção e formatação dos dados das obras de pavimentação do DF.

Ao meu amigo e compadre, engenheiro Ronaldo, pelo auxílio nas ideias, pesquisas e contribuições para o cumprimento das metas deste estudo acadêmico.

Aos meus colegas de trabalho, Carlos Feijão, Celso Bonatti e Rosângela Marx, pelo apoio à minha dedicação a pesquisa.

A todos os amigos que fiz durante o mestrado, em especial Patrícia e Carla, pelos momentos de auxílio que proporcionaram meu crescimento pessoal e profissional.

## RESUMO

### **PROPOSTA DE UM MODELO PARA ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DA PRODUÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS PARA APLICAÇÃO EM OBRAS PÚBLICAS DE PAVIMENTAÇÃO NO DISTRITO FEDERAL**

**Autor:** Maruska Lima de Sousa Holanda

**Orientador:** Prof. Dr. Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira

**Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil**

**Brasília, 10 de dezembro de 2021**

O cenário das atividades da indústria da construção civil propicia uma elevada geração de resíduos tanto na produção de matéria-prima quanto na execução das obras, o que, na maioria das vezes, resulta em descarte indiscriminado no meio ambiente, gerando impacto negativo à natureza. Nos municípios brasileiros e no Distrito Federal, cerca de 60% dos resíduos sólidos urbanos é oriundo da construção civil, o que, muitas vezes, leva a disposição final insustentável, mesmo após mais de dez anos de implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Nesse sentido, esta pesquisa tem como objetivo analisar o ambiente de geração de resíduos oriundos da construção civil (RCC) e a produção de agregados reciclados para viabilizar o uso sustentável em obras de pavimentação, de forma que as grandes executoras de obras públicas do DF possam desempenhar atividades pioneiras na destinação adequada desse material. Para isso, é primordial realizar a coleta de dados da última década de obras executadas no DF, para análise e projeções futuras quanto ao potencial uso desses agregados, vez que não há informações de forma integrada. Nesse contexto, foram realizados levantamentos e elaborados cenários de projeções futuras de execução de obras e concluiu-se que, para o ano de 2019, a quantidade de agregados reciclados produzidos atende a demanda de obras públicas de pavimentação, quanto ao uso em subleito e em sub-base, na proporção de 20% de agregado reciclado e 80% de argila. Destaca-se a realização de análise qualitativa de agregados reciclados produzidos no DF, em proporções de mistura de 20%, 30% e 40% de agregado reciclado e 80%, 70% e 60% de argila, respectivamente, cujos resultados confirmaram a aplicabilidade em camadas de subleito e sub-base. Contudo, não atende na aplicação em camada de base. Por fim, diante da geração de RCC, da produção de agregados reciclados, da execução de obras e da qualidade do material estudado, conclui-se que a quantidade de agregado reciclado é suficiente para uso em camadas de subleito e sub-base no teor de 20%. Para aumento desse teor, sugere-se o refinamento do modelo proposto para padronização na obtenção contínua dos dados.

**Palavras-Chave:** Pavimentação urbana sustentável, agregado reciclado, resíduos sólidos, construção civil

## ABSTRACT

### PROPOSAL OF A MODEL FOR QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE PRODUCTION OF RECYCLED AGGREGATES TO APPLY IN PUBLIC WORKS OF PAVING IN THE FEDERAL DISTRICT

**Author:** Maruska Lima de Sousa Holanda

**Advisor:** Prof. Dr. Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira

**Post-graduation Program in Structures and Civil Construction**

**Brasília, 10 de dezembro de 2021**

The scenario of activities in the civil construction industry provides a high generation of waste both in the production of raw materials and on the execution of works, which, in most cases, results in indiscriminate disposal in the environment, causing a negative impact on nature. In the cities of Brazil and the Federal District, about 60% of urban solid waste comes from civil construction, which often leads to unsustainable final disposal, even after more than ten years of implantation of the National Solid Waste Policy (PNRS ). In this sense, this research aims to analyze the situation of waste generation from civil construction (RCC) and the production of recycled aggregates to make possible sustainable use in pavement works, for that the public works companies in the DF can perform precursory activities in the appropriate disposal of this material. For this, it is essential to collect data from the last decade of works accomplished in the DF, for analysis and projections about the potential use of these aggregates, since there is no integrated information. In this context, were realized surveys and scenarios of forecasts for the execution of works and was concluded that the number of recycled aggregates produced supplies the demand of public paving works for the year 2019, regarding use in the subgrade and in sub-base, in the proportion of 20% recycled aggregate and 80% clay. Also, it's a good highlight the qualitative analysis of recycled aggregates produced in the DF in mixing proportions of 20%, 30%, and 40% of recycled aggregate and 80%, 70%, and 60% of clay, respectively, whose results confirmed the applicability in the subgrade and sub-base layers. However, it does not apply to the execution of the base layer. Finally, given the generation of RCC, the production of recycled aggregates, the execution of works, and the quality of the material studied, it is concluded that the quantity of recycled aggregate is sufficient for use in subgrade and sub-base layers in the proportion of 20%. For this, it is suggested the improvement of the proposed model, for standardization in the continuous collecting of data.

**Key words:** Sustainable urban paving, recycled aggregate, national policy, solid waste, construction



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Parcela de responsabilidade da construção civil nos recursos naturais e na geração de resíduos .....	28
Figura 2 - Hierarquia na gestão de resíduos sólidos urbanos .....	33
Figura 3 – Unidade de Recebimento de Entulho (Aterro controlado do Jóquei), na Estrutural – DF .....	40
Figura 4 – Modelo de prensa para determinação do ISC, conforme ABNT NBR 9895:2016 .....	46
Figura 5 - Corte transversal de sistema de pavimentação rígido .....	49
Figura 6 - Corte transversal de sistema de pavimentação flexível .....	50
Figura 7 – Densidade da malha rodoviária pavimentada em países (valores em km/1.000 km <sup>2</sup> ) .....	52
Figura 8 – Ranking de competitividade das rodovias na América do Sul.....	54
Figura 9 - Mapa rodoviário, com áreas de atuação do DER/DF (vias numeradas).....	57
Figura 10 – Padrões de agregados recicláveis em São Paulo: (a) agregado reciclado de resíduo da construção civil, com detalhe da natureza e graduação; (b) disposição do agregado de RCC, após tratamento/beneficiamento .....	69
Figura 11 – Fluxograma das etapas metodológicas aplicadas à pesquisa .....	74
Figura 12 - Fluxograma com sequência metodológica aplicada à pesquisa documental (Etapa 1).....	77
Figura 13 – Manejo de resíduos de RCC no Distrito Federal, por tipo de geradores .....	91
Figura 14 – Localização das recicladoras de RCC no DF: (1) URE-Estrutural; (2) Da Mata Areal; (3) Areia Bela Vista; (4) Martins Ambiental.....	96
Figura 15 – Balança de pesagem de entrada de resíduos da URE da Estrutural .....	97
Figura 16 – Local de deposição de resíduos após triagem por classes B, C ou D, ou seja, madeira, plásticos, papelão, ferro, dentre outros, na URE da Estrutural - DF .....	98
Figura 17 – Triagem na URE-Estrutural: a) Descarga de resíduos; (b) Separação de resíduos .....	98
Figura 18 – Processo de trituração na URE- Estrutural: (a) deposição do material triturado; (b) remoção manual do material triturado.....	99
Figura 19 – Deposição do material reciclado na URE-Estrutural: (a) vista panorâmica; (b) vista aproximada.....	99
Figura 20 – Localização da empresa ATTR Da Mata Areal .....	102
Figura 21 – Localização da empresa ATTR Da Mata Areal .....	103
Figura 22 – Localização da empresa ATTR Martins Ambiental.....	105
Figura 23 – Preparação do material fornecido pela empresa ATTR Martins Ambiental para realização dos ensaios no Laboratório do DER/DF: (a) quarteador; (b) amostra separada ...	113

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumidores de cimento no Brasil.....	29
Tabela 2 – Quadro com dados gerais sobre RSU em países de maior geração e no Brasil.....	34
Tabela 3 – Proporção de RCC/RCD em relação ao RSU em países com IDH elevado.....	36
Tabela 4 – Taxa média de reciclagem de resíduos da construção civil e de demolição (RCC/RCD) na UE.....	38
Tabela 5 - Tabela 1 da NBR 15116:2004 com requisitos gerais para agregado reciclado.....	43
Tabela 6 - Tabela 2 da NBR 15116:2004 com requisitos específicos para agregado reciclado destinado a pavimentação.....	43
Tabela 7 – Ensaio para caracterização de agregado de RCC para uso em pavimentação .....	45
Tabela 8 – Investigação sobre pesquisas realizadas com os filtros “ <i>recycled</i> ”, “ <i>aggregate</i> ”, “ <i>waste</i> ” e “ <i>for pavements</i> ”, nos últimos 10 anos.....	57
Tabela 9 - Requisitos específicos para agregado reciclado destinado a pavimentação.....	78
Tabela 10 – Geração de RCC, em toneladas, por diferentes fontes de pesquisa.....	92
Tabela 11 – Projeção do índice per capita de deposição de RCC, em toneladas para o ano de 2019, a partir dos dados do SLU da URE-Estrutural .....	94
Tabela 12 – Deposição de RCC e produção de agregados reciclados na URE-Estrutural - DF de 2018 a 2021.....	100
Tabela 13 – Produção de agregados reciclados, em toneladas e em m <sup>3</sup> , da ATTR na Fornecedora de Areia Bela Vista, no período de 2009 a 2020.....	103
Tabela 14 – Relatório de geração de agregados reciclados, em toneladas, da empresa ATTR Martins Ambiental, em 2017 .....	107
Tabela 15 – Relatório de geração de agregados reciclados, em toneladas, da empresa ATTR Martins Ambiental, em 2018.....	107
Tabela 16 – Relatório de geração de agregados reciclados, em toneladas, da empresa ATTR Martins Ambiental, em 2019.....	107
Tabela 17 – Relatório de geração de agregados reciclados, em toneladas, da empresa ATTR Martins Ambiental, em 2020.....	107
Tabela 18 – Produção de agregados reciclados, em toneladas e em m <sup>3</sup> , da ATTR Martins Ambiental, no período de 2009 a 2020.....	108
Tabela 19 – Produção anual de agregados reciclados, em toneladas, nas ATTRs do DF, no período de 2009 a 2020 .....	110
Tabela 20 – Projeção do índice per capita de produção de agregado reciclado nas ATTRs do DF, em toneladas, no ano de 2019.....	110
Tabela 21 – Consolidação dos resultados dos ensaios realizados no DER-DF com argila e agregados reciclados.....	112
Tabela 22 - Resultados das amostras de argila e pó (pedrisco) de agregados reciclados.....	114
Tabela 23 - Resultados das amostras de argila e brita 0 de agregados reciclados.....	115
Tabela 24 - Resultados das amostras de argila e brita 1 de agregados reciclados.....	115
Tabela 25 - Resultados das amostras de 100% de argila.....	116
Tabela 26 – Consolidação dos resultados das 10 amostras com agregado reciclado e argila, a partir dos requisitos específicos da Tabela 2 da norma ABNT NBR 15116:2004.....	117

Tabela 27 – Quantidade por ano, em metros cúbicos e quilômetros, da camada de subleito (C1) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018...	123
Tabela 28 – Quantidade por ano, em metros cúbicos e quilômetros, da camada de sub-base (C2) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018...	125
Tabela 29 – Quantidade por ano, em metros cúbicos e quilômetros, da camada de base (C3) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018.....	126
Tabela 30 – Quantidades totais, em metros cúbicos e quilômetros-padrão, das camadas subleito (C1), sub-base (C2) e base (C3) executadas em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018 .....	128
Tabela 31 – Previsões pontuais e intervalares para a camada de subleito (C1), em metros cúbicos, para 2019 .....	136
Tabela 32 – Previsões pontuais e intervalares para a camada de subleito (C2), em metros cúbicos, para 2019 .....	142
Tabela 33 – Previsões pontuais e intervalares para a camada de base (C3), em metros cúbicos, para 2019 .....	148
Tabela 34 – Consolidação dos resultados das camadas de subleito, sub-base e base, em metros cúbicos, para 2019 .....	150
Tabela 35 – Índice per capita de agregados reciclados necessários aos cenários 1, 2, 3 e 4 e misturas 20% agregado RCC80%argila, 30% agregado RCC 70%argila, 40%agregado RCC60%argila, a partir das previsões de execução de camadas de subleito (C1) e de sub-base (C2) de obras de pavimentação da Novacap e DER/DF .....	151
Tabela 36 – Quantidades previstas e executadas, em m <sup>3</sup> , da camada de subleito da Novacap e DER/DF, em 2019 .....	152
Tabela 37 – Quantidades previstas e executadas, em m <sup>3</sup> , da camada de sub-base da Novacap e DER/DF, em 2019 .....	153
Tabela 38 – Quantidades previstas e executadas, em m <sup>3</sup> , da camada de base da Novacap e DER/DF, em 2019 .....	154
Tabela 39 – Simulação de quantidade máxima provável de agregado reciclado a ser utilizado em camada de pavimento, em m <sup>3</sup> , a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas, para o ano de 2019 .....	155
Tabela 40 – Comparativo entre a quantidade máxima de camada de pavimento passível de execução com agregado reciclado a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas e a projeção de obras futuras nos cenários 1, 2, 3 e 3, em m <sup>3</sup> , em 2019 .....	156
Tabela 41 – Proporção entre agregado reciclado e projeção de execução de camadas de pavimento, em m <sup>3</sup> , para o Cenário 1, pelo cálculo da média aritmética, a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas no DF .....	157
Tabela 42 – Proporção entre agregado reciclado e projeção de execução de camadas de pavimento, em m <sup>3</sup> , para o Cenário 2 (previsão pontual), a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas no DF .....	157
Tabela 43 – Proporção entre agregado reciclado e projeção de execução de camadas de pavimento, em m <sup>3</sup> , para o Cenário 3 (limite inferior de 5%), a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas no DF .....	157

Tabela 44 – Proporção entre agregado reciclado e projeção de execução de camadas de pavimento, em m <sup>3</sup> , para o Cenário 4 (limite superior 95%), a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas no DF .....	158
Tabela 45 – Proporção entre agregado reciclado e execução real de camadas de pavimento, em m <sup>3</sup> , a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas no DF.....	158
Tabela 46 – Proporção da execução de camadas de pavimento nos cenários 1, 2, 3 e 3, e a produção de agregado reciclado, em m <sup>3</sup> , a partir da adoção de 100% da futura produção da URE-Estrutural, ano base 2019 .....	160
Tabela 47 – Proporção entre a real execução de camadas de pavimento em 2019 e a produção de agregado reciclado, em m <sup>3</sup> , a partir da adoção de 100% da futura produção da URE-Estrutural .....	161
Tabela 48 – Projeção do índice per capita para o cenário 1, em t/hab.ano, para 2019.....	162

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Composição dos resíduos da construção civil no Brasil .....	32
Gráfico 2 – Distribuição das extensões de rodovias federais pavimentadas por região do Brasil .....	53
Gráfico 3 – Malha rodoviária do DF no âmbito do DER/DF.....	55
Gráfico 4 – Gráfico de barras com resultado de pesquisa sobre o tema, por países, na plataforma “ <i>web of science</i> ” de 2010 até 2019.....	58
Gráfico 5 – Geração e deposição de RCC na URE-Estrutural, no período de 2015 a 2020, obtido a partir da Tabela 10.....	93
Gráfico 6 – Gráfico representativo da quantidade de contratos administrativos de obras públicas de pavimentação, no âmbito da Novacap e do DER/DF, no período de 2009 a 2018 .....	122
Gráfico 7 - Quantidade total, em m <sup>3</sup> , por ano, da camada de subleito (C1) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, no período de 2009 a 2018 .....	123
Gráfico 8 - Quantidades mensais em m <sup>3</sup> da camada de subleito (C1) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018. ....	124
Gráfico 9 – Quantidade total, em m <sup>3</sup> , por ano de camada de sub-base (C2) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018 .....	125
Gráfico 10 - Quantidades mensais, em m <sup>3</sup> , da camada de sub-base (C2) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018. ....	126
Gráfico 11 – Quantidade total, em m <sup>3</sup> por ano, da camada de base (C3) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018 .....	127
Gráfico 12 - Quantidades mensais, em m <sup>3</sup> , da camada de base (C3) executadas em obras ...	127
Gráfico 13 – Quantidades mensais, em m <sup>3</sup> , de execução de camadas de subleito (C1), sub-base (C2) e base (C3) em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018.....	129
Gráfico 14 – Quantidades mensais executadas e projeções pela média, em m <sup>3</sup> , da camada de subleito (C1), para o ano tipo (continua).....	130
Gráfico 15 – Quantidades médias mensais, em metros cúbicos, da camada de subleito (C1), para um ano tipo .....	134
Gráfico 16 - Gráficos da decomposição da série temporal da camada 1, (C1) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018.....	135
Gráfico 17 – P-valor do teste de Mcleod-Li para camada 1, (C1) executada em obras .....	136
Gráfico 18 – Previsões pontuais e intervalares para a camada de subleito (C1), em m <sup>3</sup> , para 12 meses, de janeiro a dezembro de 2019 .....	137
Gráfico 19 – Comparativo entre projeções e médias da camada de subleito (C1), em metros cúbicos, para 2019 .....	137
Gráfico 20 – Quantidades mensais e médias, em m <sup>3</sup> , da camada de sub-base (C2) para cada mês do ano tipo (continua) .....	138
Gráfico 21 – Quantidades médias mensais, em metros cúbicos, da camada de sub-base (C2), para um ano tipo .....	142

Gráfico 22 – Previsões pontuais e intervalares para a camada de sub-base (C2), em metros cúbicos, de janeiro a dezembro de 2019 .....	143
Gráfico 23 – Comparativo entre previsões para a camada de sub-base (C2) e quantidades médias para um ano tipo, em metros cúbicos .....	143
Gráfico 24 – Quantidades mensais e médias, em m <sup>3</sup> , da camada de base (C3) para cada mês do ano tipo (continua).....	144
Gráfico 25 – Quantidades médias mensais, em metros cúbicos, da camada de base (C3) para cada mês do ano tipo .....	148
Gráfico 26 – Previsões pontuais e intervalares para a camada de base (C3) em m <sup>3</sup> para 2019 .....	149
Gráfico 27 – Comparativo entre quantidades de previsões e médias para a camada de base (C3) no ano tipo (m <sup>3</sup> ).....	149
Gráfico 28 – Comparativo entre previsões pontuais e médias das três camadas de pavimentação, em m <sup>3</sup> , para um ano tipo .....	150

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos resíduos da construção civil, segundo resolução CONAMA nº 307/2002 .....	31
Quadro 2 – Quadro resumo das normas brasileiras da ABNT relacionadas aos resíduos sólidos e RCC/RCD .....	41
Quadro 3 - Principais Normas Brasileiras para pavimentos.....	51
Quadro 4 – Revisão Bibliográfica (continua).....	59
Quadro 5 – Sumarização dos dados das obras contratadas obtidos a partir da consulta aos processos administrativos da Novacap e do DER/DF para o período 2009 a 2018 .....	79
Quadro 6 – Empresas licenciadas para exercer atividade de ATTR no DF, em 2021. ....	95
Quadro 7 – Referências comerciais dos agregados reciclados produzidos na empresa Fornecedora de Areia Bela Vista.....	104
Quadro 8 – Atividades da ATTR Martins Ambiental .....	106
Quadro 9 – Referências comerciais dos agregados reciclados produzidos na ATTR Martins Ambiental .....	109
Quadro 10 – Itens da ficha de controle de contratos administrativos na Novacap.....	119
Quadro 11 – Contratos administrativos de obras de pavimentação, no âmbito da Novacap, de 2009 a 2018 .....	120
Quadro 12 – Contratos administrativos de obras de pavimentação, no âmbito do DER/DF, de 2009 a 2018. ....	121
Quadro 13 – Proposição de modelo checklist para certificação de agregados reciclados para aplicação em pavimentação no DF (continua) .....	165

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRECON – Associação Brasileira para reciclagem de resíduos da Construção Civil e Demolição
- ABRELPE – Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- ACF – AutoCorrelation Function
- ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal
- AIC – Akaike Information Criterion
- AMLUB – Autoridade Municipal de Limpeza Urbana
- AR – Modelo autorregressivo
- ARC – Agregado reciclado de concreto
- ARCH – Autorregressivo Conditional Heteroskedasticity
- ARIMA – Modelo autorregressivo integrado de médias móveis
- ARM – Agregado reciclado misto
- ATT – Área de transbordo e triagem
- CB - 02 – Comitê Brasileiro de Construção Civil da ABNT
- CB -18 - Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregado da ABNT
- CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil
- CEMPRE - Compromisso Empresarial pela Reciclagem
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
- CORC – Comitê Gestor de Resíduos Sólidos da Construção Civil
- CNT – Conselho Nacional de Transporte
- DF - Distrito Federal
- DER/DF – Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal
- DEINFRA – Departamento de Infraestrutura da Novacap
- DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- DOU – Diário Oficial da União
- DU – Diretoria de Urbanização da Novacap
- EC - European Comission
- EU - União Européia
- ESTAT – Consultoria Júnior em Estatística
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística



IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas  
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas  
ISC – Índice Suporte Califórnia ou CBR – California bearing ratio  
GARCH – Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity  
GDF - Governo do Distrito Federal  
Hab - habitantes  
km – quilômetro  
KPSS – Kwiatkowski – Phillips-Schmidt-Shin  
MA – Modelo de médias móveis  
m<sup>3</sup> - metro cúbico  
NBR – Norma brasileira registrada no INMETRO  
Novacap – Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PACF – Periodic AutoCorrelation Function  
PDGIRS – Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos  
PEV - Ponto de Entrega Voluntária de Resíduos Sólidos  
PIB – Produto Interno Bruto  
PDGIRS – Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos  
PGRCC \_ Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil  
PGRS – Plano de Gestão de Resíduos Sólidos  
PLANARES – Plano Nacional de Resíduos Sólidos  
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos  
RAP – Resíduos de asfalto fresado  
RCC – Resíduos da construção civil  
RCD – Resíduos de demolições  
RS – Resíduos sólidos  
RSU – Resíduos sólidos urbanos  
SERENCO – Serviço de Engenharia Consultiva Ltda  
SLU – Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal  
SNV – Sistema Nacional de Viação  
SODF – Secretaria de Obras do Distrito Federal  
SRN – Sistema Rodoviário Nacional  
t – Tonelada  
UnB – Universidade de Brasília

URE – Unidade de Recebimento de Entulho

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	22
1.1	JUSTIFICATIVA.....	24
1.2	OBJETIVOS.....	25
1.2.1	Objetivo geral .....	25
1.2.2	Objetivos específicos .....	25
1.2.3	Estrutura da dissertação .....	26
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	28
2.1	O SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	28
2.1.1	No mundo .....	28
2.1.2	No Brasil.....	29
2.2	RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	30
2.2.1	Política Nacional e Local.....	32
2.2.2	Geração de resíduos da construção civil .....	34
2.2.3	Disposição dos resíduos da construção civil .....	37
2.2.3.1	No Brasil .....	38
2.2.3.2	No Distrito Federal .....	39
2.2.4	Normatização para reciclagem de RCC e RCD para uso em pavimentação .....	40
2.2.4.1	Requisitos gerais e específicos para uso de agregado de RCC em pavimentação .....	42
2.2.4.2	Controle da qualidade de agregados de RCC .....	44
2.3	PAVIMENTAÇÃO DE VIAS URBANAS E RODOVIÁRIAS .....	47
2.3.1	Conceitos e tipos de pavimentos .....	48
2.3.1.1	Sistema de pavimentação com revestimento rígido.....	49
2.3.1.2	Sistema de pavimentação com revestimento asfáltico.....	50
2.3.2	Obras de pavimentação.....	51
2.3.2.1	No Brasil .....	51
2.3.2.2	No Distrito Federal .....	54
2.3.2.3	Uso de agregados provenientes da construção civil – RCC em pavimentação 57	
2.4	MODELAGEM ESTATÍSTICA PARA OBTENÇÃO DE PREVISÕES .....	71
3	METODOLOGIA.....	74
3.1	ETAPA 1: COLETA DE DADOS .....	75
3.1.1	Geradores de RCC no DF.....	75
3.1.2	Recicladoras RCC no DF .....	75
3.1.3	Consumidores potenciais de agregado reciclado no DF.....	76
3.2	ETAPA 2: TRATAMENTO DOS DADOS .....	77
3.2.1	Geradores de RCC no DF.....	77
3.2.2	Recicladoras de RCC no DF.....	78
3.2.2.1	Caracterização de agregados de RCC produzidos no DF.....	78
3.2.3	Consumidores potenciais de agregados reciclados de RCC no DF.....	79
3.2.3.1	Obtenção das quantidades mensais das camadas de pavimentação.....	80
3.2.3.2	Obtenção da projeção futura de execução de camadas de pavimento a partir de modelo estatístico .....	82

3.3	ETAPA 3: ANÁLISE DOS DADOS .....	86
3.3.1	Geradores de RCC no DF .....	86
3.3.2	Recicladoras de RCC no DF.....	86
3.3.3	Consumidores de agregados de RCC no DF .....	87
3.4	PROPOSTA DE MODELOS .....	87
3.4.1	Modelo de Análise Quantitativa de Agregados Reciclados para Uso em Pavimentação .....	87
3.4.2	Modelo de análise qualitativa de agregados reciclados para uso exclusivo em pavimentação .....	90
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	91
4.1	GERADORES DE RCC NO DF.....	91
4.2	RECICLADORAS DE AGREGADOS DE RCC NO DF.....	94
4.2.1	ATTR pública .....	96
4.2.2	ATTR privadas .....	101
4.2.2.1	José Catarina da Mata & Cia Ltda. ....	101
4.2.2.2	Fornecedora de Areia Bela Vista .....	102
4.2.2.3	ML Terraplenagem Ltda. - EPP – ME.....	105
4.2.3	Caracterização dos agregados de RCC produzidos e comercializados na ATTR Martins Ambiental .....	110
4.2.3.1	Amostras de argila e pedrisco .....	114
4.2.3.2	Amostras de argila e brita 0 .....	114
4.2.3.3	Amostras de argila e brita 1 .....	115
4.2.3.4	Amostras de 100% de argila .....	116
4.3	CONSUMIDORES POTENCIAIS DE AGREGADOS DE RCC NO DF.....	117
4.3.1	Pesquisa Documental na Novacap.....	119
4.3.2	Pesquisa Documental no DER/DF .....	120
4.3.3	Resultados da Pesquisa Documental .....	121
4.3.3.1	Camada de subleito (C1).....	122
4.3.3.2	Camada de sub-base (C2) .....	124
4.3.3.3	Camada de base (C3) .....	126
4.3.4	Projeção da quantidade de camadas de pavimento para 12 meses .....	129
4.3.4.1	Para camada de subleito (C1) .....	130
4.3.4.2	Para camada de sub-base (C2) .....	138
4.3.4.3	Para camada de base (C3).....	144
4.3.5	Obtenção de índice per capita de agregado reciclado para uso nas projeções futuras de obras de pavimentação .....	151
4.3.6	Comparação entre projeção e execução real de obras de pavimentação para o ano de referência de 2019 .....	152
4.3.6.1	Para camada de subleito.....	152
4.3.6.2	Para camada de sub-base .....	153
4.3.6.3	Para a camada de base .....	153
4.3.7	Proposição de um Modelo de ANÁLISE QUANTITATIVA de Agregados Reciclados Produzidos no Distrito Federal para Uso em Pavimentação .....	154

4.3.7.1	Avaliação quantitativa dos agregados reciclados produzidos nas ATTRs privadas para uso em pavimentação .....	154
4.3.7.2	Avaliação quantitativa de RCC depositados na URE da Estrutural com capacidade para produção de agregados reciclados para uso em pavimentação .....	160
4.3.7.3	Índice per capita para aplicação como indicador em pavimentação no DF.	161
4.3.8	Proposição de um modelo de análise da qualidade dos agregados reciclados produzidos no Distrito Federal para uso em pavimentação .....	164
5	CONCLUSÕES .....	167
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	171
	ANEXO I – RELATÓRIO DE CONTRATOS FORNECIDO PELA Novacap NO PERÍODO DE 2009 A 2018 .....	177
	ANEXO I – RELATÓRIO DE CONTRATOS FORNECIDO PELO DER/DF NO PERÍODO DE 2009 A 2018 .....	179
	APÊNDICE A – MODELO DA FICHA A1 N .....	181
	APÊNDICE B – MODELO DA FICHA A2 N .....	182
	APÊNDICE C – MODELO DA FICHA C1 .....	183
	APÊNDICE D – MODELO DA FICHA C2 .....	184
	APÊNDICE E – EXTRATO DOS CONTRATOS DE PAVIMENTAÇÃO DA Novacap, ENTRE 2009 E 2018 .....	185
	APÊNDICE F – FICHA A1 N PREENCHIDAS COM DADOS DA Novacap (EXEMPLO: FICHA A1/1-2009) .....	189
	APÊNDICE G – FICHA A2 N PREENCHIDAS COM DADOS DO DER/DF (EXEMPLO: FICHA A2/1-2009) .....	191
	APÊNDICE H – FICHA C1 PREENCHIDA COM DADOS DA Novacap (EXEMPLO)	193
	APÊNDICE I – FICHA C2 PREENCHIDA COM DADOS DO DER/DF (EXEMPLO)	194
	APÊNDICE J – TOTAIS Novacap E DER/DF (EXEMPLO) .....	195
	APÊNDICE K – TOTAIS MENSAIS DA Novacap E DER/DF POR CAMADAS .....	198
	APÊNDICE L – MÉDIAS TOTAIS DA Novacap E DER/DF POR CAMADAS .....	201
	APÊNDICE M – PREVISÕES DA Novacap E DER/DF POR CAMADAS .....	202

# 1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil exerce papel relevante na economia e na sociedade brasileira, a ponto de representar 5,5% do PIB nacional e proporcionar a geração de emprego na ordem de 8,5% do total de pessoas ocupadas no país. (CBIC, 2016).

Segundo o Compromisso Empresarial pela Reciclagem (CEMPRE) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), o desenvolvimento do setor construtivo desencadeia, além de uma alta demanda por matérias-primas, um elevado índice de geração de resíduos da construção civil (RCC), sendo, em primeiro lugar, as obras particulares e, em segundo, as obras públicas os maiores geradores de resíduos no Brasil (CEMPRE e IPT, 2018).

Diante da grande produção de resíduos, a reciclagem da fração mineral de resíduos da construção civil é vista como potencial fonte de geração de agregados recicláveis, pois, além de proporcionar o reaproveitamento dos resíduos, também diminui a dependência de agregados naturais, o que contribui para a preservação dos recursos naturais, vez que a cadeia produtiva da construção civil consome entre 14% e 50% dos recursos naturais extraídos do planeta (FREITAS, 2011).

No Brasil, os RCC representam elevadas proporções da massa dos resíduos sólidos urbanos, pois variam de 51% a 70%. Essa grande massa de resíduos, quando mal gerenciada, interferem negativamente na qualidade da vida urbana, sobrecarrega os serviços de limpeza pública e reforça, no país, a desigualdade social, uma vez que escassos recursos públicos são continuamente drenados para pagar a conta da coleta, transporte e disposição de resíduos depositados irregularmente em áreas públicas, conta essa que, na realidade, é de responsabilidade dos geradores (CORREIA, 2014).

Para incentivar a reciclagem e melhorar o gerenciamento dos resíduos sólidos, foi instituída pela Lei Federal nº 12.305, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que impõe diretrizes para incentivo à reciclagem e ao tratamento dos resíduos sólidos até a disposição final, ambientalmente adequada, dos rejeitos, inclusive estabelece diretrizes para estimular à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; e a adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais (BRASIL, 2010).

No Distrito Federal (DF), o uso de agregados reciclados provenientes de RCC ainda não é significativo. Segundo relatórios do Serviço de Limpeza Urbana (SLU), foram implantados controle de coleta, de transporte e de disposição dos resíduos RCC. Porém, ainda não existem políticas efetivas implantadas para beneficiamento e reuso desses resíduos, de forma a completar a hierarquia sustentável da PNRS (SLU, 2018).

Acredita-se que uma das dificuldades encontradas para tomada de decisão quanto ao uso de agregados de RCC no DF é a falta de parâmetros regionais para definição de critérios de aplicação desses materiais. Logo, pesquisas nessas áreas muito contribuem e podem confirmar o potencial de uso desses resíduos em diversas áreas da engenharia, em especial nas camadas do sistema de pavimentação.

Uma das alternativas que alguns países vêm adotando para reduzir a produção de agregados naturais é a aplicação de agregados provenientes de resíduos da construção civil (RCC) em camadas de pavimentos urbanos (PUPPALA et al., 2012; ARULRAJAH et al., 2013 e XUAN et al., 2015). As experiências já consolidadas no Brasil corroboram para viabilidade de uso adequado em vias urbanas (MOTTA, 2005, BENUCCI et al., 2006, ABDOU e BENUCCI, 2007, CARMO et al, 2012, FONTES et al, 2018, GARCIA et al, 2018) e em rodovias (HILÁRIO, 2016; REIS et al., 2018, TAVARES et al, 2018). Todavia, as pesquisas comprovam que os agregados de RCC desempenham melhores resultados laboratoriais quando misturados a agregados naturais em proporções diversas, tais como: 30% e 70% (natural/RCC) e 40%/60% (RCC/natural) (TAVARES, 2018; GARCIA, 2018).

Segundo ZHIQING (2017), os estudos realizados em Omã, baseados em ensaios laboratoriais dos USA, comprovam que agregados de RCC na proporção 40%/60% (RCC/natural) obtiveram resultados de densidade seca e CBR ideais para uso em camadas de base de pavimentação urbana. Adicionalmente, ARULRAJAH (2014) realizou ensaios de campo em vias urbanas na Austrália e comprovou que o uso de 100% de agregado de asfalto fresado (RAP) em camadas de base de pavimentos resultou em resistência insuficiente. Contudo, ensaios laboratoriais com misturas de asfalto fresado (RAP) e com RCC indicaram que a melhor combinação para uso em base de pavimentação é 15%/85% (RAP/RCC).

Dessa forma, conhecer e analisar a geração de RCC, a produção de agregados provenientes de RCC no âmbito do DF e conhecer e avaliar o universo de obras públicas de pavimentação, nas grandes executoras do Distrito Federal: Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil

(Novacap) e Departamento de Estradas de Rodagens (DER/DF), podem contribuir para ações de gestão dos resíduos sólidos específicos da construção civil e para ampliação de seu uso de forma sistêmico, pois, experiências já consolidadas em outras cidades e países corroboram para viabilidade de uso adequado de agregados reciclados em obras urbanas de pavimentação (BERNUCCI e ABDU, 2017)

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

Diante das determinações da PNRS, os estados e municípios são obrigados a instituir políticas locais para gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos priorizando na seguinte ordem: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final adequada dos rejeitos, de acordo com artigo 7º, da Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010).

Em consonância com a Lei Federal, o Distrito Federal publicou três leis distritais com objetivos, diretrizes e premissas para implantação da Política Distrital de Gestão de Resíduos Sólidos, quais sejam, Lei Distrital nº 4.704, Lei Distrital nº 5.418, Lei Distrital nº 5.605 e Lei Distrital nº 5.610. Contudo, passados cinco anos da última publicação, o Poder Público do Distrito Federal não utiliza, sistematicamente, em obras de pavimentação, agregados de RCC, seja em experimentos de laboratório seja em ensaios de campo em “proporção tecnicamente adequada”, mesmo diante do elevado índice per capita de geração de resíduos sólidos no DF, 0,85 ton./hab.ano (DISTRITO FEDERAL, 2018).

Além disso, não há dados que comprovem a quantidade de obras públicas de pavimentação realizadas por ano no DF, no âmbito das grandes executoras de obras públicas, que possam parametrizar ações de aplicação de agregados de RCC em camadas de pavimento, dando a destinação ambientalmente adequada, como assim estabelece as políticas públicas.

O uso desses resíduos é extremamente benéfico ao meio ambiente, vez que, como no DF, são descartados e dispostos de forma inadequada com grande potencial de reutilização. A grande exploração de jazidas naturais causa sua escassez por se tratar de uma fonte não renovável e finita. Diversos centros urbanos estão aumentando o custo de suas obras devido às grandes distâncias de transporte desse material até seu ponto de aplicação, aumentando o custo do transporte (SILVEIRA e BORGES, 2016).

Diante desse contexto, de várias normativas que regulamentam sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos, da grande geração RCC e da quantidade potencial de obras, especificamente



no Distrito Federal, a motivação desta pesquisa é realizar uma análise quantitativa do panorama atual de geração de RCC, de produção de agregados e de obras de pavimentação realizadas na área pública do DF, bem como, analisar a qualidade dos agregados recicláveis a disposição no DF, a fim de criar um modelo para que se possa projetar melhoria na gestão de resíduos sólidos e concretizar ações em prol da mitigação de impactos ambientais negativos devido à geração desses resíduos e que as informações contidas nesse trabalho, sejam um ponto de partida para a efetivo gerenciamento e aproveitamento dos RCC nas pavimentações do DF.

## **1.2 OBJETIVOS**

Neste item, serão apresentados os principais objetivos a serem abordados no desenvolvimento da dissertação.

### ***1.2.1 Objetivo geral***

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar o potencial de uso dos agregados reciclados no sistema de pavimentação no Distrito Federal, em três ambientes de estudo: na produção e geração de resíduos da construção civil, na produção de agregados reciclados e no consumo em obras, em consonância com os objetivos das Leis e diretrizes Federal e Distrital.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

Os objetivos específicos desta pesquisa consistem em:

- Descrever a cadeia produtiva de resíduos da construção civil no DF, tanto na geração quanto na produção de agregados reciclados do DF;
- Analisar os agregados reciclados produzidos no DF para uso em pavimentação, em consonância com a norma brasileira ABNT NBR 15116:2004;
- Criar um modelo de consumo de agregados reciclados com a finalidade de estimar uma projeção futura para aplicação em obras de pavimentação no DF, a partir de análises estatísticas;
- Propor uma metodologia para avaliar a quantidade potencial necessária de agregado reciclado para destinação em obras de pavimentação do DF;

- Definir um modelo de avaliação da qualidade dos agregados produzidos no DF para uso em pavimentação, principalmente, em camadas de subleito e sub-base.

### ***1.2.3 Estrutura da dissertação***

O presente trabalho está dividido em capítulos descritivos nos parágrafos seguintes.

O primeiro capítulo refere-se à introdução do trabalho, na qual se apresenta os aspectos gerais da indústria da construção civil, dos resíduos gerados e a potencial aplicação de agregados provenientes desses resíduos em pavimentação urbana e rodoviária, em detrimento do uso de agregados naturais. Ainda nesse capítulo, têm-se os itens justificativa (motivações), objetivo geral e específicos e estrutura da pesquisa.

O segundo capítulo, corresponde à revisão bibliográfica vinculadas ao tema de aplicação do agregado RCC em pavimentação de vias urbanas e rodoviárias, com ênfase no panorama internacional, nacional e local que corroboram à proposta da pesquisa, inclusive na comprovação de diversos estudos de caracterização dos agregados a partir de normas brasileiras e internacionais, bem como a viabilidade técnica da aplicação de agregados recicláveis na indústria da construção civil.

O terceiro capítulo descreve a metodologia aplicada na coleta e no tratamento de dados em três ambientes: na geração de resíduos de RCC, na produção de agregados reciclados e na execução de obras de pavimentação, com aplicação de método estatístico para obtenção da previsão de obras futuras, bem como descrição da metodologia para caracterização de agregados de RCC, baseado na ABNT.

O quarto capítulo apresenta os principais resultados obtidos nos três ambientes da pesquisa: geração, produção e consumo, com apresentação de projeções futuras na aplicação do método estatístico; com resultados da caracterização de agregados de acordo com ABNT e proposição de modelo para avaliação do uso potencial desses agregados em obras de pavimentação no DF, tanto quantitativa quanto qualitativamente, a partir da proposta de formulação para obtenção de índice per capita para RCC e checklist para avaliação qualitativa dos agregados produzidos no DF.

No quinto capítulo, encontram-se as conclusões e considerações finais quanto aos resultados obtidos na pesquisa, com ênfase nos dados da produção de agregados reciclados no DF e a necessidade de implantação de ações para viabilizar e garantir seu uso em obras de

pavimentação de acordo com a realidade atual e com os parâmetros estabelecidos no checklist. Além disso, são apresentadas sugestões para trabalhos futuros com relação ao uso de agregados reciclados em camadas de obras de pavimentação no DF, com intuito de evoluir nas pesquisas e avaliar as conclusões obtidas nesta pesquisa.

Por fim, estão apresentadas as referências bibliográficas utilizadas no trabalho, seguidos dos apêndices e anexos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo será apresentada a revisão bibliográfica sobre os principais conceitos abordados no desenvolvimento da dissertação.

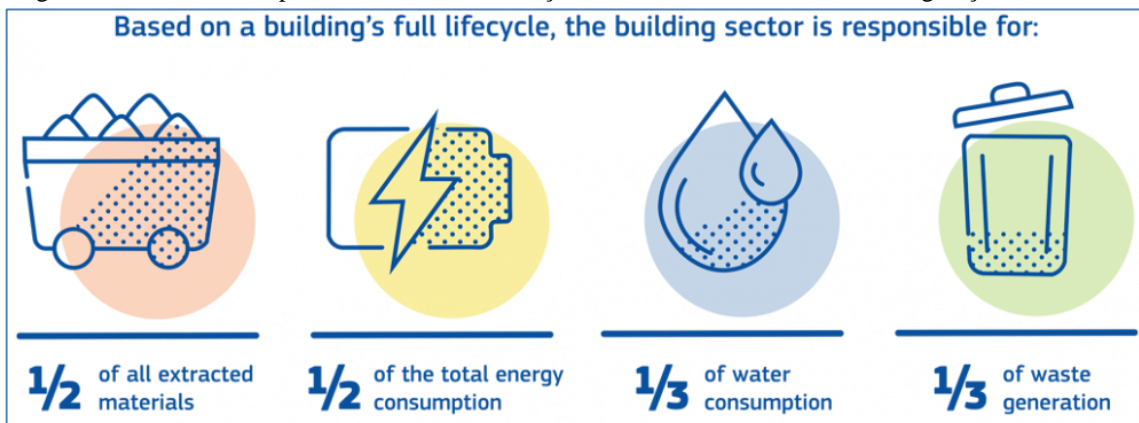
### 2.1 O SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

#### 2.1.1 No mundo

De acordo com a Comissão Europeia (UE), a indústria da construção tem papel de destaque na economia, pois o setor gera 18 milhões de empregos diretos e contribui com cerca de 9% do PIB da UE. Além disso, gera novos empregos, impulsiona o crescimento econômico e fornece soluções para os desafios sociais, climáticos e energéticos. O grande desafio da UE é proporcionar ao setor maior competitivo, com eficientes recursos de forma sustentável (UE, 2020).

Segundo avaliação da UE, a construção civil é a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente, pois sua responsabilidade ambiental é relevante diante da representatividade do setor na extração de recursos naturais, conforme mostrado na Figura 1 a seguir.

Figura 1 – Parcela de responsabilidade da construção civil nos recursos naturais e na geração de resíduos



Fonte: Comissão Europeia, 2021

A indústria da Construção Civil nos Estados Unidos, sob muitos aspectos, assemelha-se à da União Europeia, pois, além da representatividade no PIB e na geração de empregos, suas atividades incluem a construção de novas edificações e estruturas, preparação de terrenos (site preparation), adições e modificações em edificações e estruturas existentes, manutenção e reparos de estruturas e edificações existentes.

### 2.1.2 No Brasil

O setor da construção civil exerce papel relevante na economia e na sociedade brasileira, a ponto de representar 5,5% do PIB nacional e proporcionar a geração de empregos na ordem de 8,5% do total de pessoas ocupadas no país. (CBIC, 2016).

Segundo dados mais recentes da CBIC, em 2018, 124.522 empresas de pequeno, médio e grande porte totalizavam mais de R\$ 277 bilhões entre obras e serviços de construção, sendo R\$ 30 bilhões em obras rodoviárias, ferroviárias e urbanas, o que comprova a grande participação da indústria da construção civil nos investimentos nacionais. Além disso, do total de investimentos do setor, no Distrito Federal, foram investidos mais de R\$ 6,279 bilhões em 2018 (CBIC, 2020).

Contudo, um aspecto extremamente negativo é a exploração de grande parte dos recursos naturais não renováveis do planeta, o que leva a indústria da construção civil a busca constante de soluções que redução esse impacto ambiental com alternativas mais viáveis e sustentáveis, como é o caso da substituição dos agregados naturais por agregados reciclados.

Além disso, a CEMPRE, na última publicação do Manual de Gestão de Resíduos da cidade de São Paulo, informou que os maiores consumidores de cimento no Brasil, são os privados, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Consumidores de cimento no Brasil.

<b>Consumo de cimento no Brasil (%)</b>					
<b>Consumidores Industriais</b>		<b>Consumidores Finais</b>		<b>Consumidores Particulares</b>	
Concreteiras	8,5	Empreiteiras	24,0	Individuais	37,7
Fibrocimento	3,9	Empr. Privadas	3,2	Pedreiros	12,6
Pré-moldados	2,7	Prefeituras	1,7		
Artefatos	3,8	Órgãos públicos	1,3		
Argamassas	0,6				
<b>Total</b>	<b>19,5</b>	<b>Total</b>	<b>30,2</b>	<b>Total</b>	<b>50,3</b>

Fonte: Lixo Municipal, 2018

Observa-se na Tabela 1 que a participação dos consumidores particulares no consumo de cimento é bastante significativa, na ordem de 50%, que representa a realização de inúmeras obras particulares de pequeno porte (construção e reformas residenciais, com ou sem demolições) em municípios do Brasil. Consequentemente, esses consumidores são potenciais geradores de resíduos da construção civil e, possivelmente, responsáveis por numerosas deposições de entulho de pequeno volume e em grande maioria, ilegais. Logo, com os dados

da associação, pode-se afirmar que o setor da construção civil é um mercado muito mais amplo do que empresas de engenharia e de construção de médio e grande porte, pois os maiores consumidores do principal insumo da construção civil, cimento, são particulares individuais (CEMPRE, 2018).

Segundo Brasileiro (2015), diante da grandiosidade da cadeia produtiva da indústria da construção civil, tanto no Brasil quanto no mundo, fica claro que não é possível alcançar o desenvolvimento sustentável sem propor os seguintes princípios:

- Minimizar o consumo de recursos: gastar mais tempo na fase de planejamento e projetos para otimizar a utilização de materiais e minimizar a produção de resíduos;
- Maximizar a reutilização de recursos: reutilizar componentes que ainda possam desempenhar a função para a qual foram produzidos, ou mesmo serem utilizados em outra função;
- Usar recursos renováveis e recicláveis: optar por materiais recicláveis ou cujas fontes de matéria-prima sejam renováveis;
- Proteger o meio-ambiente: evitar o uso de materiais cuja extração de matéria-prima cause danos ambientais: aproveitar os recursos naturais para iluminação e ventilação, reusar águas servidas etc.;
- Criar um ambiente saudável e não tóxico: evitar utilização de materiais que podem causar danos tanto ao meio ambiente quanto aos usuários;
- Buscar a qualidade na criação do ambiente construído: projetar utilizando técnicas que permitam uma construção mais econômica, menos poluente e que impacte.

## **2.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) são definidos como materiais provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, resultantes da preparação e da escavação de terrenos. Correspondem aos restos de tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras (ABNT, 2004).

Além disso, de acordo com Kappel (2015), os RCC são resíduos provenientes de diversas atividades desde a produção dos materiais e componentes a serem empregados nas obras, ou seja, antes mesmo da sua chegada ao canteiro, como também nas atividades de manutenção e modernização de construções e de atividades de canteiro e demolição de construções.





Ressalta-se que os resíduos provenientes de demolições (RCD) apresentam características bastante diferentes em termos de quantidade, composição e potencial de recuperação, porém, os RCC são geralmente mais homogêneos e menos contaminados, o que confere um maior potencial de reciclagem desse material. Logo, os RCD tendem a ser mais heterogêneos devido à presença de diferentes tipos de materiais, o que os torna mais difíceis de serem recuperados. (MONIER, V. et al., 2011).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002, os RCC são classificados em Classe A, B, C e D, conforme mostrado no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Classificação dos resíduos da construção civil, segundo resolução CONAMA nº 307/2002

CLASSE	DESCRIÇÃO DO RESÍDUO	EXEMPLO
A	<b>Materiais que podem ser reciclados ou reutilizados como agregado em obras de infraestrutura, edificações e canteiro de obras.</b>	<b>Tijolos, telhas e revestimentos cerâmicos; blocos e tubos de concreto e argamassa.</b>
B	Materiais que podem ser reciclados e ganhar outras destinações.	Vidro, gesso, madeira, plástico, papelão e outros.
C	Itens para o qual não existe ou não é viável aplicação econômica para recuperação ou reciclagem.	Estopas, lixas, panos e pincéis desde que não tenham contato com substância que o classifique como D.
D	Aqueles compostos ou em contato de materiais/substâncias nocivos à saúde.	Solvente e tintas; telhas e materiais de amianto; entulho de reformas em clínicas e instalações industriais que possam estar contaminados.

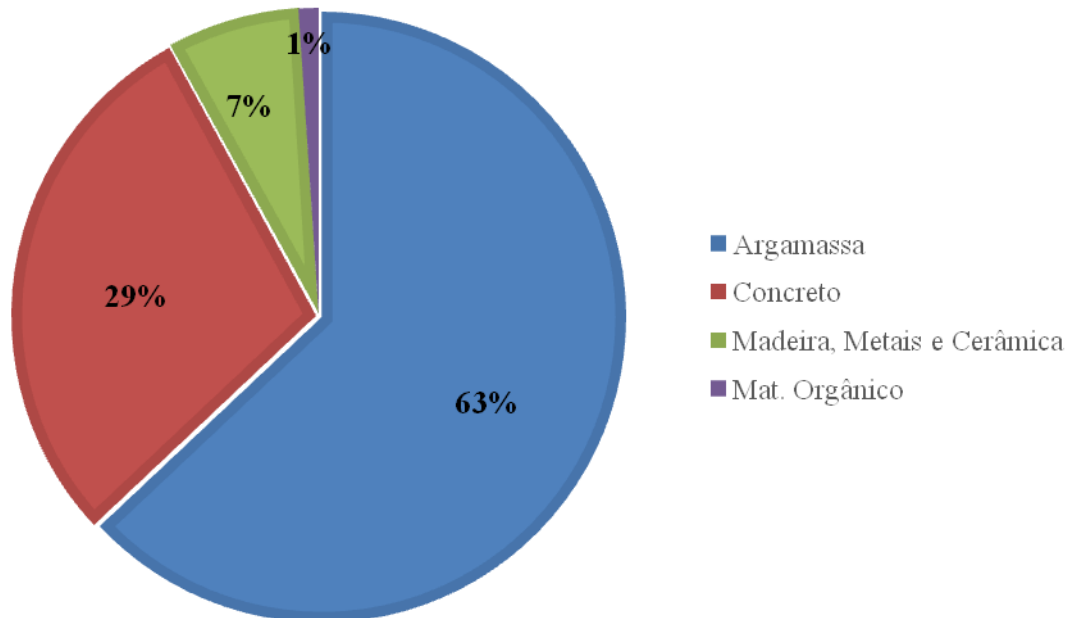
  

 <p><b>CLASSE A</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tijolo</li> <li>- Telhas</li> <li>- Areia</li> <li>- Outros (<b>trituráveis</b>)</li> </ul>	 <p><b>CLASSE B</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Papel</li> <li>- Gesso</li> <li>- Embalagens de tinta vazias</li> <li>- Papelão</li> <li>- Madeira</li> <li>- Plástico (<b>recicláveis</b>)</li> </ul>	 <p><b>CLASSE C</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Isopor</li> <li>- Massa corrida</li> <li>- Massa de vidro</li> <li>- Outros (<b>não recicláveis</b>)</li> </ul>	 <p><b>CLASSE D</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tinta</li> <li>- Verniz</li> <li>- Solventes</li> <li>- (<b>resíduos perigosos</b>)</li> </ul>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 307/2002.

De acordo diagnóstico realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica (IPEA, 2012 apud PINTO e GONÇALVES, 2005), os resíduos da construção civil representam 61% dos resíduos sólidos e sua composição é distribuída conforme Gráfico 1, a seguir.

Gráfico 1 – Composição dos resíduos da construção civil no Brasil



Fonte: Adaptado IPEA, 2012.

O Gráfico 1 mostra que os RCC são compostos por 63% de argamassas, 29% de concreto, 7% de madeira, metais e cerâmica, e 1% de material orgânico, o que permite aferir que mais de 90% dos resíduos é constituído por materiais com potencial uso como agregados reciclado (IPEA, 2012 apud SANTOS, 2009).

### ***2.2.1 Política Nacional e Local***

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi publicada em 02 de agosto de 2010 com o intuito de dispor sobre os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para gestão integrada dos resíduos, inclusive quanto às responsabilidades dos geradores e do poder público, cabendo aos estados, municípios e ao Distrito Federal a implementação de planos locais para gestão de acordo com as características de cada região.

No caso da construção civil, a PNRS objetiva estimular à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; e a adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais.



Na gestão de resíduos sólidos urbanos, é prioritário não gerar resíduos, porém, no setor da construção civil, torna-se determinante a contribuição de ações sustentáveis de maneira a minimizar a produção de agregados naturais, de forma que sejam desenvolvidas atividades que reutilizem resíduos gerados no setor, por serem a segunda e a terceira prioridades da hierarquia da gestão disposta na PNRS apresentada na Figura 2, a seguir.

Figura 2 - Hierarquia na gestão de resíduos sólidos urbanos



Fonte: Santos, 2017.

Em consonância com a Lei Federal, o Distrito Federal publicou três leis distritais com objetivos, diretrizes e premissas para implantação da Política Distrital de Gestão de Resíduos Sólidos, quais sejam:

- A Lei Distrital nº 4704, que institui, especificamente, a gestão integrada dos resíduos da construção civil e dos resíduos volumosos, no âmbito do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2011);
- A Lei Distrital nº 5418, com ênfase na
 

“responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos a ser implementada de forma Individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, os importadores, os distribuidores, os comerciantes, os consumidores e o titular do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos” (DISTRITO FEDERAL 2014); e.
- A Lei Distrital nº 5605, que dispõe em seu artigo 1º que
 

“as obras de pavimentação ou com sistemas construtivos em concreto ou argamassa executadas ou contratadas pelo Poder Público no Distrito Federal devem utilizar, sempre que possível, agregados provenientes de resíduos reciclados, nas proporções tecnicamente adequadas” (DISTRITO FEDERAL, 2016).

Na sequência, em 2018, foi publicado o Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDGIRS), constando de princípios, objetivos e instrumentos, bem como de procedimentos, normas e critérios referentes ao manejo dos resíduos sólidos no território do Distrito Federal. Entretanto, as legislações federal e local ainda não foram suficientes para incentivar ações sustentáveis quanto a redução de geração de resíduos, pois dados comprovam que o Distrito Federal gera cerca de 30% a mais de resíduos do que a média nacional, o que ratifica a necessidade de gerenciamento adequado dos RCC diante dos obstáculos encontrados, principalmente, devido ao desconhecimento da natureza dos resíduos e à ausência de cultura de separação e reciclagem da população (DISTRITO FEDERAL, 2018).

### 2.2.2 Geração de resíduos da construção civil

Segundo o relatório *What a Waste 2.0* de 2018, aproximadamente 2,01 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) são geradas anualmente pelo mundo, desses 50% correspondem, em média, aos RCC. Na União Européia, o setor da construção civil gera cerca de 531 milhões de toneladas de RCC/RCD, o que representa cerca de um quarto de todos os resíduos gerados no mundo.

Em todo o mundo, são gerados por pessoa e por dia, em média, 0,74 quilograma de resíduos, mas varia amplamente, de 0,11 a 4,54 quilogramas, como mostrado nos dados gerais de países de alta renda e do Brasil, constante na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Quadro com dados gerais sobre RSU em países de maior geração e no Brasil.

País	PIB per capita	População Urbana	Geração RSU	Índice Geração per capita	Destaque e avanços na reciclagem e reutilização
Alemanha	US\$ 45 mil	60,5 milhões	127 mil ton/dia	2,11 kg/dia	80% são reciclados
Brasil	US\$ 8,9 mil	209,5 milhões	214,8 mil ton/dia	1,03 kg/dia	91,2% coletado; 70% coleta seletiva; 40% disposição em aterro sanitário
Estados Unidos	US\$ 53 mil	241,9 milhões	624 mil ton/dia	2,58 kg/dia	Metais locais: São Fco 80% de reciclagem
Japão	US\$ 38 mil	84,3 milhões	144 mil ton/dia	1,71 kg/dia	100% garrafas pet produzidas com resina reciclada
Nova Zelândia	US\$ 41 mil	13,6 milhões	13,3 mil ton/dia	3,68 kg/dia	77% coleta seletiva
Suécia	US\$ 58 mil	7,6 milhões	12,3 mil ton/dia	1,61 kg/dia	100% coleta seletiva (sistema à vácuo);

Fonte: Adaptado de *What a Waste 2.0*, 2018 e ABRELPE, 2017.

Se o Brasil for comparado aos países de alta renda em destaque na Tabela 2, observa-se que é o país que menos gera RSU, pois, gera 1,03 kg/dia por pessoa, enquanto a Nova Zelândia e os USA geram 3,68 e 2,58 kg/dia por pessoa respectivamente. Além disso, embora os países de alta renda representem apenas 16% da população mundial, geram cerca de 34% dos resíduos do mundo, isto é, algo em torno de 683 milhões de toneladas por ano, comprovando que a geração de resíduos está correlacionada com níveis de renda e taxas de urbanização. Logo, para minimizar esse impacto, é determinante que os países busquem tecnologias e inovações para garantir o tratamento dos resíduos como prioridade na gestão.

Não faz muito tempo, a produção de RSU era de algumas dezenas de quilos por habitante por ano. Hoje, a maioria dos países mais industrializados gera mais de 600 quilos anuais per capita de resíduos. Nos últimos 30 anos, o aumento do volume de resíduos produzido no mundo foi três vezes maior que o populacional. O índice per capita de geração de resíduos nos países mais ricos aumentou 14% desde 1990 e 35% desde 1980, de acordo com o relatório do Banco Mundial. Em geral, essas taxas crescem em um ritmo ligeiramente inferior ao aumento do produto interno bruto (PIB), com elevado custo ambiental e financeiro por isso. A maior parte dos RSU produzidos no mundo, cerca de 800 milhões de toneladas/ano, é descartada em aterros. O Conselho de Pesquisa em Tecnologia de Geração de Energia de Resíduos dos Estados Unidos estima que um metro quadrado de terreno é desperdiçado, para sempre, para cada dez toneladas de lixo aterrado.

Espera-se que em 2050 a geração de resíduos deve chegar a 3,40 bilhões de toneladas, um aumento de quase 70%. Por isso, esse cenário sombrio requer ações para disposição e tratamento desses resíduos pelos países geradores como garantia do ambiente sustentável do planeta como identifica estudos da Organização das Nações Unidas (ONU) e do Banco Mundial.

Segundo Tavares et al, a geração de RCC/RDC em diversos lugares do mundo é motivo de grande preocupação em virtude da expressiva quantidade gerada e, muitas vezes, não tratada, o que traz prejuízos irreversíveis ao meio ambiente, sendo imprescindível ações de reciclagem e reutilização, a fim de promover retorno sustentável e garantia do ciclo de vida dos materiais (TAVARES et al, 2013).

Segundo Brasileiro (2015), a proporção de RCC/RCD no total de RSU gerado em alguns países pode ser resumido como apresentado na Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 – Proporção de RCC/RCD em relação ao RSU em países com IDH elevado

<b>País</b>	<b>Proporção</b>
Austrália	37%
Hong Kong	38%
Kuwait	58%
Japão	30%
Malásia	28%
Reino Unido	66%
USA	10 a 30%
União Europeia	31%

Fonte: adaptado Brasileiro (2015)

Tomando como referência a Tabela 3, observa-se que a proporção de RCC/RCD nos países em destaque varia de 10 a 66%, corroborando com a média de 50% de RCC em relação ao RSU apresentada no relatório *What a Waste 2.0*, 2018.

No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), os municípios coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCC em 2017, ou seja, mais precisamente, 0,594 kg/hab.dia, concluindo que entre 2016 e 2017 houve redução de 0,1% na geração de resíduos provenientes da construção civil (ABRELPE, 2017).

Outros dados recentes do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), afirmam que a geração de RCC no Brasil em 2018 foi de 122.012 ton/dia, cujo índice per capita médio nacional é da ordem de 0,585 kg/hab.dia, totalizando uma geração de 44 milhões de toneladas de RCC e RCD por ano. Contudo, o próprio plano salienta que para uma maior representatividade desse índice são necessários estudos de caracterização para verificação desta estimativa (BRASIL, 2020).

Estudos realizados na cidade de São Paulo, pela Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (Amlurb) comprovam que a geração dos RCC ocorre de forma difusa e se concentra na sua maior parcela no pequeno gerador, pois cerca de 70% do resíduo gerado, são provenientes de reformas, pequenas obras e nas obras de demolição, inclusive, coletados pelos serviços de limpeza urbana. Os demais 30% são provenientes da construção formal e de grandes geradores (Amlurb, 2018).

No Distrito Federal, segundo dados do SLU destacados no PDGIRS de 2018, os valores estimados gerados de RCC, atingem a ordem de 0,85 ton./hab. ano, o que representa uma geração anual de 2,6 milhões de toneladas de RCC com projeção de até 3,5 milhões de toneladas em 2037 (DISTRITO FEDERAL, 2018).

### **2.2.3 Disposição dos resíduos da construção civil**

Os diversos setores da construção civil geram grande quantidade de resíduos que tem, na maioria das vezes, como destinação final, o descarte no meio ambiente. Estes resíduos sobrecarregam a natureza à medida que a produção de rejeitos é bem maior que a capacidade de absorção do meio ambiente. Além disso, causam diversos impactos econômicos e sociais negativos (GOMES e BACARJI, 2008).

Por isso, muitos países investem num sistema formal de gerenciamento tais como Holanda (Hendriks, 2000), Reino Unido (Hobbs; Hurley, 2001) e, inclusive, Brasil (Pinto, 1999). Neste gerenciamento, a triagem e reciclagem do RCC/RCD são fundamentais visto que podem ser utilizados em aterros e reduzir a ocorrência de deposições irregulares, bem como minimizar o consumo de recursos naturais não-renováveis que acarretam impactos ambientais negativos devido às atividades de mineração (PINTO, 1999).

Segundo dados da *What a waste 2.0*, em geral, cerca de 37% dos resíduos são dispostos em aterros, 33% descartados abertamente, 19% são reciclados ou realizado compostagem e 11% tratados por meio de incineradores. De maneira geral, nos países de alta renda, tais como Alemanha, Suécia e EUA, a coleta é feita de forma universal, sendo que mais de um terço dos resíduos são recuperados por meio de reciclagem e compostagem. Porém, essas proporções diminuem para países de média e baixa renda, podendo chegar a proporções que comprovam inadequado tratamento dos resíduos, na ordem de apenas 26% de coleta em áreas urbanas e 93% dos resíduos despejados em área aberta (*What a Waste*, 2018).

Dados de 2011 da UE mostram a proporção de RCC/RCD que são reciclados em diversos países do mundo, conforme Tabela 4, a seguir.

Tabela 4 – Taxa média de reciclagem de resíduos da construção civil e de demolição (RCC/RCD) na UE

<b>País</b>	<b>RCD*</b>	<b>% Reciclado</b>	<b>País</b>	<b>RCD*</b>	<b>% Reciclado</b>
Luxemburgo	0,67	46%	Grécia	11,04	5%
Malta	0,80	0%	Portugal	11,42	5%
Estônia	1,51	92%	Romênia	21,71	0%
Eslovênia	2,00	53%	Países Baixos	23,90	98%
Letônia	2,32	46%	Espanha	31,34	14%
Irlanda	2,54	80%	Polônia	38,19	28%
Lituânia	3,45	60%	Itália	46,31	0%
Finlândia	5,21	26%	Alemanha	72,40	86%
Dinamarca	5,27	94%	França	85,65	45%
Eslováquia	5,38	0%	Reino Unido	99,10	75%
Hungria	10,12	16%	EU-27	531,38	46%
Suécia	10,23	0%			

(\*) milhões de toneladas.

Fonte: adaptado CALVO, VARELA-CANDAMIO e NOVO-CORTI (2014).

Infere-se, a partir da Tabela 4, que países tais como Alemanha, Países Baixos, Reino Unido, Dinamarca e Irlanda reciclam grande parte dos resíduos a fim de dar destinação adequada, conforme estabelecido no *EU Construction & Demolition Waste Management Protocol*, publicado em setembro de 2016, cujos objetivos são a promoção de uma economia sustentável, a geração de novos empregos e a garantia do ciclo de vida dos produtos a partir da reciclagem e reuso (EC, 2016).

### 2.2.3.1 No Brasil

Dados da ABRELPE/IBGE de 2017 comprovam que 91,24% dos resíduos gerados no Brasil são coletados, o que corresponde a 196.050 toneladas de resíduos por dia e mais de 71 milhões de toneladas por ano, sendo 45 milhões de toneladas de RCC/RCD. Quanto a coleta seletiva desses resíduos, há diferentes proporções, variando de 44,8% na região centro-oeste a 90,5% da região sul (ABRELPE, 2017).

Quanto à disposição final dos resíduos sólidos, a realidade está muito distante dos países de média e alta renda, pois cerca de 59,1% são encaminhados para aterros e o restante são dispostos em unidades inadequadas como lixões e aterros controlados. No centro-oeste, mesmo tendo sido coletado 92,8% dos resíduos sólidos, os dados da destinação final são ainda mais preocupantes, pois, 40% são dispostos em aterros sanitários e 60% em lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2017).

### 2.2.3.2 *No Distrito Federal*

No DF, o Serviço de Limpeza Urbana (SLU) é o órgão responsável pela gestão da limpeza urbana e pelo manejo dos resíduos sólidos de que tratam as Leis Federais nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007 e nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, com suas alterações e seus regulamentos.

Dessa forma, a gestão de limpeza pública no DF compreende as atividades relacionadas a coleta, transporte, triagem, transbordo, tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos domiciliares e daqueles provenientes do sistema de coleta seletiva; varrição e limpeza de logradouros e de vias públicas, incluídas as atividades de remoção e transporte dos resíduos sólidos produzidos; coleta e remoção de resíduos sólidos urbanos, de resíduos volumosos, de resíduos da construção civil e correlatos entregues nas áreas sob sua competência e os lançados de forma clandestina em vias e logradouros públicos; operação e manutenção de usinas e instalações destinadas à triagem e compostagem, incluindo transporte, tratamento e destinação final dos resíduos (SLU, 2019).

De acordo com o PDGIRS, os volumes de RCC até 1 m<sup>3</sup> são coletados, transportados e depositados, rotineiramente, pelo SLU na URE da Estrutural, no Aterro do Jóquei. Já volumes de RCC de 1 m<sup>3</sup> são de responsabilidade exclusiva do gerador, cabendo a ele coletar, transportar e depositar na URE da Estrutural, mediante pagamento de taxa proporcional ao peso do material, o qual é conferido na entrada da unidade. Desta forma, o resíduo da construção civil gerado no DF e não tratados, seja qual for o volume e a origem, salvo aqueles depositados em áreas licenciadas e privadas, tem seu destino obrigatório a URE da Estrutural, conforme localização mostrada na Figura 3 (SLU, 2019).

Figura 3 – Unidade de Recebimento de Entulho (Aterro controlado do Jóquei), na Estrutural – DF.



Fonte: google.com.br/maps/@-15.7682877,-47.9979384,2583m, 2020.

Destaca-se que os resíduos, cujo volume é até  $1,0 \text{ m}^3$ , provenientes dos pequenos geradores, são coletados pelo SLU a partir de locais criados pelo governo para deposição e transportados até a URE da Estrutural. São os chamados pontos de entrega voluntária (PEV's) que estão localizados em sete cidades: Ceilândia, Taguatinga, Brazlândia, Gama, Guará, Planaltina e P. Sul (SLU, 2018).

Segundo metas estabelecidas no PDGIRS, outras áreas deverão ser criadas para transbordo, triagem armazenamento temporário de materiais segregados, para eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e a segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos, chamadas ATTR's (CONAMA, 2002).

#### **2.2.4 Normatização para reciclagem de RCC e RCD para uso em pavimentação**

De acordo com Brasileiro e Matos (2015), foi constatado que o uso dos RCC e RCD's no ciclo da construção civil é uma solução sustentável como matéria prima alternativa, pois



possuem um elevado potencial de reciclagem e reutilização no próprio setor da construção. Dessa forma, para utilizar RCC/RCD nas obras de pavimentação é imprescindível atendimento às normas técnicas vigentes.

A ABNT publicou diversas normas que definem parâmetros a serem observados para aplicabilidade correta desses resíduos. Com relação aos resíduos sólidos da construção civil e agregados reciclados, a ABNT editou 6 normas brasileiras em 2004, após a publicação da Resolução CONAMA nº 347 de 2002, que estão resumidas no Quadro 2, a seguir.

Quadro 2 – Quadro resumo das normas brasileiras da ABNT relacionadas aos resíduos sólidos e RCC/RCD

<b>NBR</b>	<b>Descrição</b>	<b>Sumário</b>
10.004:2004	Resíduos sólidos – classificação	Definições, processo de classificação: laudo e classificação de resíduos classe I e II, métodos de ensaios
15.112:2004	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - áreas de transbordo e triagem – diretrizes para projeto, implantação e operação	Definições, classificação, condições de implantação: isolamento, identificação, segurança, proteção ambiental, pontos de entregas, condições gerais para projeto: informações cadastrais, memorial descritivo, croqui, relatório fotográfico, plano de controle, PEVs, responsabilidades, condições de operação: controle de recebimento, controle qualitativo, diretrizes e PEVs.
15.113:2004	Resíduos sólidos da construção civil e inertes – aterros - diretrizes para projeto, implantação e operação	Definições, classificação, condições de implantação: localização, acessos, energia, comunicação, análise, treinamento, proteção das águas subterrâneas e superficiais, condições gerais para projeto: responsabilidades, partes constituintes e forma de apresentação, memorial descritivo, informações cadastrais, resíduos, local, justificativa, especificações, plano de controle, memorial técnico, cálculos, capacidade, estimativa e cronograma, desenhos e plantas
15.114:2004	Resíduos sólidos da construção civil – áreas de reciclagem – diretrizes para projeto, implantação e operação	Definições, classificação, condições de implantação, critérios para localização, isolamento e sinalização, acessos, iluminação e energia, proteção das águas superficiais, preparo da área de operação, condições gerais para projeto, condições de operação, treinamento e equipamento de segurança, inspeção e manutenção, procedimentos para controle e registro da operação e controle de transporte de resíduos
15.115:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – execução de camadas de pavimentação – procedimentos	Definições, materiais, equipamentos, execução: condições físicas da camada de agregado reciclado, transporte, distribuição, compactação, revestimento primário, controle do material e da execução, controle do recebimento, recomendações e anexo A,
15.116:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - requisitos	Definições, classificação, requisitos, controle de qualidade e caracterização do agregado reciclado, anexo A (determinação da composição dos agregados reciclados graúdos por análise visual), anexo B (determinação do percentual de materiais não-minerais dos agregados reciclados miúdos por líquido densos)

Fonte: autoria própria, 2021

De acordo com o Quadro 2, o Comitê Brasileiro de Construção Civil (CB-02) e o Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados (CB-18) definiram normas para atendimento aos limites estabelecidos aos agregados de resíduos sólidos da construção civil, vez que há sérias e crescentes restrições ambientais quanto a exploração de agregados naturais.

A ABNT NBR 15115:2004 define que o agregado reciclado é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentam características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, de aterros sanitários ou outras obras de engenharia. Já a ABNT NBR 15116:2004, dita os requisitos para uso do agregado reciclado em camadas de pavimentação.

#### *2.2.4.1 Requisitos gerais e específicos para uso de agregado de RCC em pavimentação*

Para o uso de agregados de RCC em camadas de pavimento, os resíduos sólidos de construção civil deverão ser classificados na Classe “A” da Resolução nº 307/2002 do CONAMA, cuja abrangência é:

- a) Resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) Resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) Resíduos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

Além de ser classificado na Classe “A”, os agregados reciclados deverão atender aos requisitos normativos gerais e específicos para que possa ser utilizado em pavimentação. São eles:

- ✓ Ser produzido em áreas de reciclagem de acordo com a ABNT NBR 15114:2004;
- ✓ Ser composto por resíduo de concreto, cuja fração graúda é, no mínimo, 90% em massa de fragmentos à base de cimento e rochas;
- ✓ Ser composto por resíduo misto, cuja fração graúda é, no máximo, 90% em massa de fragmentos à base de cimento e rochas;

- ✓ Atender aos requisitos gerais descritos na tabela 1 da NBR 15116:2004, quanto as propriedades físicas dos agregados, mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Tabela 1 da NBR 15116:2004 com requisitos gerais para agregado reciclado.

Propriedades	Agregado reciclado classe A		Normas de ensaios	
	Graúdo	Miúdo	Agregado Graúdo	Agregado Miúdo
Composição granulométrica	Não uniforme e bem graduado com coeficiente de uniformidade $C_u > 10$		ABNT NBR 7181	
Dimensão máxima característica	$\leq 63\text{mm}$		ABNT NBR NM 248	
Índice de forma	$\leq 3$	-	ABNT NBR 7809	-
Teor de material passante na peneira de 0,42 mm	Entre 10% e 40%		ABNT NBR 7181	
Contaminantes - teores máximos em relação à massa do agregado reciclado (%)	Materiais não minerais de mesmas características	2	Anexo A	Anexo B
	Materiais não minerais de características distintas <sup>1</sup>	3	Anexo A	Anexo B
	Sulfatos	2	ABNT NBR 9917	

Fonte: Adaptado da tabela 1 da NBR 15116:2004

- ✓ Atender aos requisitos específicos descritos na Tabela 2 da NBR 15116:2004, quanto ao tipo e uso em camada de pavimento, mostrados a seguir na Tabela 6.

Tabela 6 - Tabela 2 da NBR 15116:2004 com requisitos específicos para agregado reciclado destinado a pavimentação

Aplicação	ISC (CBR) (%)	Expansibilidade (%)	Energia de compactação
Material para reforço de subleito	$\geq 12$	$\leq 1$	normal
Material para revestimento primário e sub-base	$\geq 20$	$\leq 1$	intermediária
Material para de base de pavimento (1)	$\geq 60$	$\leq 0,5$	Intermediária ou modificada
Dimensão máxima característica	$\leq 63\text{ mm}$	Material passante na peneira de 0,42 mm	10% a 40%

Permitido o uso como material de base somente para vias de tráfego com  $N \leq 10$  6 repetições do eixo padrão de 8,2 tf (80 kN) no período de projeto

Fonte: Adaptado da tabela 2 da NBR 15116:2004.

Caso os materiais não atendam às exigências da Tabela 2 da NBR 15116:2004, poderão ser estabilizados, granulometricamente ou com adição de cimento ou cal hidratada, conforme determinação em norma NBR 11804:1991.

Desta forma, incrementar o tratamento, caracterizá-los e conhecer o potencial de utilização dos RCC em obras de pavimentação é o primeiro passo para avançar no sentido de minimizar

o uso de agregados naturais e substituí-los por agregados reciclados, contribuindo na redução de geração de agregados naturais, com consequente mitigação de impactos negativos ao meio ambiente.

#### 2.2.4.2 *Controle da qualidade de agregados de RCC*

Além do atendimento aos requisitos gerais e específicos, descritos no item 2.2.4.1, os resíduos deverão atender ao controle de qualidade da obra para permitir a execução correta das camadas de pavimento.

##### 2.2.4.2.1 Formação de lotes de agregado de RCC

Para caracterização dos resíduos da construção civil, lotes de amostras devem ser formados, segundo a tipificação do resíduo Classe “A”, ou seja, ARM (agregado de resíduos mistos) ou ARC (agregado de resíduos de concreto) como também, segundo a graduação granulométrica (bica corrida, brita zero, brita um, areia etc.), produzidos em 30 dias ou para volume máximo de 1.500 m<sup>3</sup> para cada lote.

##### 2.2.4.2.2 Coleta e preparação de amostras de agregados de RCC

As amostras podem ser de três tipos:

- a) **Amostras parciais:** coletadas aleatoriamente ao menos duas vezes por dia e por cada tipo de resíduo sólido (ARM ou ARC).
  - i. Cada amostra parcial deve conter cerca de 10 kg e deve ser coletada do material processado, de acordo com ABNT NBR NM 26:2004;
  - ii. A coleta de material para ensaios deve ser efetuada na pilha de agregados reciclados, em vários pontos distintos, devendo-se evitar que esta seja efetuada na base e na superfície de pilha.
  - iii. O material coletado deve ser convenientemente acondicionado em invólucro ou recipiente que evite sua contaminação;
- b) **Amostra de campo:** reúne várias amostras parciais em número suficiente para os ensaios de laboratório.

- i. Cada lote de agregado reciclado deve ter uma amostra de campo formada por no mínimo 10 amostras parciais;
- c) **Amostra de ensaio:** porção obtida por redução da amostra de campo, conforme a ABNT NBR NM 27, utilizada em ensaios de laboratório.
  - i. A amostra de ensaio deve ser de no mínimo 60 kg.

#### 2.2.4.2.3 Ensaios para caracterização dos agregados de RCC

Os ensaios para caracterização do agregado reciclado de RCC são realizados de acordo com a Tabela 7 da ABNT NBR 15116:2004, apresentada a seguir.

Tabela 7 – Ensaios para caracterização de agregado de RCC para uso em pavimentação

<b>Propriedades</b>	<b>Método de ensaio</b>	<b>Frequência de ensaio</b>
Composição granulométrica	ABNT NBR 7111:2016	A cada lote
Índice de forma (agregado graúdo)	ABNT NBR 7809:1983	A cada lote
Índice suporte Califórnia e expansibilidade	ABNT NBR 9895:2016	A cada lote
Composição do agregado graúdo	ABNT NBR 15116:2004, Anexo A	A cada lote
Percentual de materiais não minerais no agregado miúdo	ABNT NBR 15116:2004, Anexo B	A cada lote
Teor de sulfatos	ABNT NBR 9917:1987	Uma vez por mês ou a cada 6.000 m <sup>3</sup> (o que primeiro de ocorrer)

Fonte: atualizado e adaptado da ABNT NBR 15116:2004

Desta forma, no âmbito da pesquisa e diante das exigências da ABNT, tanto para caracterização dos agregados de RCC na produção quanto na obra, é imprescindível o cumprimento aos requisitos específicos da ABNT, Tabela 2 da ABNT NBR 15116:2004, com a realização dos ensaios de ISC, expansibilidade e energia de compactação, a fim de permitir uma avaliação dos agregados produzidos no DF, a fim de possibilitar o uso em camadas de pavimento. Por isso, para melhor entendimento, seguem definições básicas desses ensaios.

#### A. Ensaio de Índice Suporte Califórnia - ISC

O ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) define valores de suporte dos materiais e consiste na aplicação de um carregamento estático em um corpo-de-prova sob condição saturada (quatro dias). Conforme NBR 9895 (2016), este carregamento se dá por meio da penetração de um pistão de diâmetro padronizado, em velocidade constante, acompanhado de registros de cargas de reação por meio de um anel dinamométrico acoplado à prensa (ABNT, 2016), conforme mostrado na Figura 4, a seguir.

Figura 4 – Modelo de prensa para determinação do ISC, conforme ABNT NBR 9895:2016



Fonte: Ribeiro (2006)

### B. Ensaio de expansibilidade

O ensaio de expansibilidade também é realizado de acordo com a ABNT NBR 9895:2016, onde a expansão do material é calculada durante a realização do ensaio de ISC para cada corpo de prova, a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Expansão (\%)} = \frac{\text{Leitura Final do relógio comparador (deflectômetro)}}{\text{Altura inicial do corpo de prova}} \times 100 \quad (1)$$

### C. Energia de compactação

As energias de compactação também são definidas na norma ABNT NBR 9895 e especificadas em normal, intermediária e modificada, respectivamente, com 12, 26 e 55 golpes por camada, em um total de cinco camadas, de acordo com a ABNT NBR 7182:2016.

### 2.3 PAVIMENTAÇÃO DE VIAS URBANAS E RODOVIÁRIAS

A construção de vias na pavimentação urbana foi intensificada a partir de 189 a. C., em Roma. Desde então, leis precisas determinam como construir e conservar as ruas, inclusive na distribuição de responsabilidades: estado e proprietários. Contudo, a existência de leis e normas aplicáveis, mostrou-se insuficiente diante da falta de fiscalização combinada com a urbanização desordenada e as desigualdades sociais, o que tende a comprometer seriamente a limpeza urbana, e, conseqüentemente, o descarte dos resíduos nas grandes cidades. (EIGENHEER, 1986).

Desde a época romana, na construção de vias, sempre houve a preocupação com a execução de aterros e drenagem, sendo a fundação formada por pedras grandes dispostas em linha, de modo a proporcionar uma boa plataforma e ainda possibilitar a drenagem. Já na camada intermediária, misturava-se areia com pedregulho ou argila, a fim de adicionar resiliência ao pavimento. E ao final, a última camada de superfície variava bastante, mas, a maioria possuía pedras nas bordas formando uma espécie de meio-fio (MARGARY, 1973; e ADAM, 1994).

Posteriormente, a construção das estradas foi deixada de lado pelas nações europeias depois da queda do Império Romano, ganhando novamente a devida importância na França, com Carlos Magno, na Idade Média. No fim do século XVIII, Mascarenhas Neto, em 1790, publicou o “Tratado para construção de estradas”, no qual é mostrada preocupação com vários aspectos na construção e na manutenção de vias de modo a garantir sua qualidade. Dessa forma, inseriu outros aspectos ao sistema para garantia de uma boa pavimentação, tais como: abaulamento da superfície da estrada, compactação e sobrecarga (BENUCCI et al., 2008).

A principal função de um sistema de pavimentação é garantir a trafegabilidade em qualquer época do ano em diferentes condições climáticas, e proporcionar aos usuários conforto ao rolamento e segurança, vez que o solo natural não é suficientemente resistente para suportar a repetição de cargas de roda, sem, contudo, sofrer deformações significativas. Para isso, é necessária a construção de uma estrutura, denominada pavimento, construída sobre o subleito para suportar as cargas dos veículos de maneira a distribuir as solicitações às suas diversas camadas, limitando, assim, as tensões e as deformações (BENUCCI et al., 2008).

O desempenho adequado do conjunto de camadas e do subleito relaciona-se à **capacidade de suporte** e à **durabilidade** compatível com o padrão da obra e o tipo de tráfego. O desafio de

projetar um pavimento reside no fato, portanto, de conceber uma obra de engenharia que cumpra as demandas estruturais e funcionais. Aliado a esses dois objetivos, o pavimento deve ainda ser projetado da forma mais sustentável possível, atendendo as restrições orçamentárias, ambientais e sociais. Logo, o aproveitamento do entulho na engenharia civil pode representar economia, durabilidade e preservação ambiental, sendo, a forma mais simples de reciclagem, sua utilização em misturas com solo local na construção de bases de pavimentos urbanos que apresentem tráfego variando de baixo a médio ou em sub-bases de pavimentos urbanos ou rodoviários (RIBEIRO, 2006).

Além disso, a realização de ensaios de laboratório e de campo permite um melhor entendimento dos materiais e de métodos de projeto, possibilitando investigação de materiais alternativos, tais como os agregados reciclados, adicionando novas tecnologias para uso em camadas do pavimento.

### ***2.3.1 Conceitos e tipos de pavimentos***

Segundo o Departamento de Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), pavimento de uma rodovia ou de uma via consiste em:

Uma superestrutura formada por sistema de camadas de espessura finita, construídas após terraplenagem, destinada a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos dos veículos, a melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança, e a resistir aos esforços horizontais, tornando mais durável a superfície de rolamento.

Essas camadas são divididas em revestimento, base, sub-base, reforço de subleito e subleito e definidas, segundo os seguintes termos (DNER, 2017).

- Subleito: maciço de terra que serve de fundação para o pavimento ou revestimento;
- Reforço de subleito: camada granular do pavimento executada com o objetivo de melhorar a capacidade de suporte de carga do subleito e de reduzir espessura da sub-base;
- Sub-base: camada corretiva do subleito e complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por razões de ordem econômica, for conveniente reduzir a espessura de base;



- Base: camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os ao subleito, e sobre a qual se constrói o revestimento;
- Revestimento: camada mais superficial do pavimento, que recebe diretamente as ações verticais e horizontais dos veículos, destinada a melhorar as condições do rolamento quanto ao conforto e segurança.

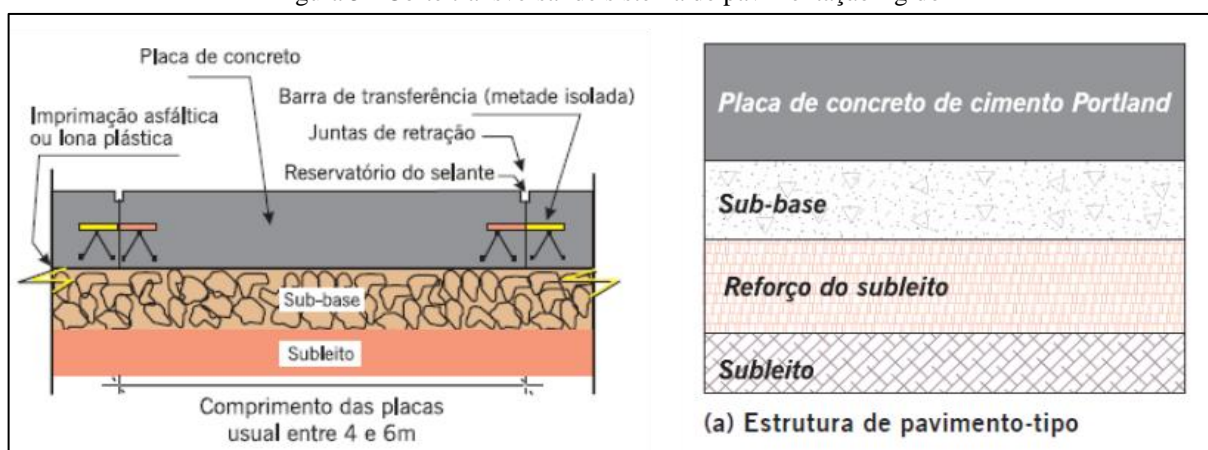
E mais, as estruturas de pavimentos são sistemas de camadas assentes sobre a camada subleito, cujo comportamento depende “da espessura de cada uma delas, da rigidez e do subleito, bem como da interação entre elas. As estruturas do sistema de pavimentação, segundo a rigidez do conjunto, são duas: estrutura rígida e estrutura flexível” (DNIT, 2006).

### 2.3.1.1 Sistema de pavimentação com revestimento rígido

Os sistemas de pavimentação com revestimento rígido são pavimentos que apresentam em sua camada de revestimento, ou rolamento, um concreto produzido com agregados e ligantes hidráulicos, onde podem ser utilizadas várias técnicas para sua elaboração e manuseio, como: pré-moldagem e produção *in loco*, sabendo que nessas situações existem particularidades no planejamento e no projeto, na execução, operação e manutenção (BALBO, 2009).

A Figura 5, a seguir, ilustra o sistema de pavimentação com revestimento em concreto, com subcamadas.

Figura 5 - Corte transversal de sistema de pavimentação rígido



Fonte: Pavimentação asfáltica, Benucci et al, 2008.

Destaca-se na Figura 5 que as espessuras das placas de concreto são definidas em função da resistência à flexão e das resistências das camadas subjacentes.

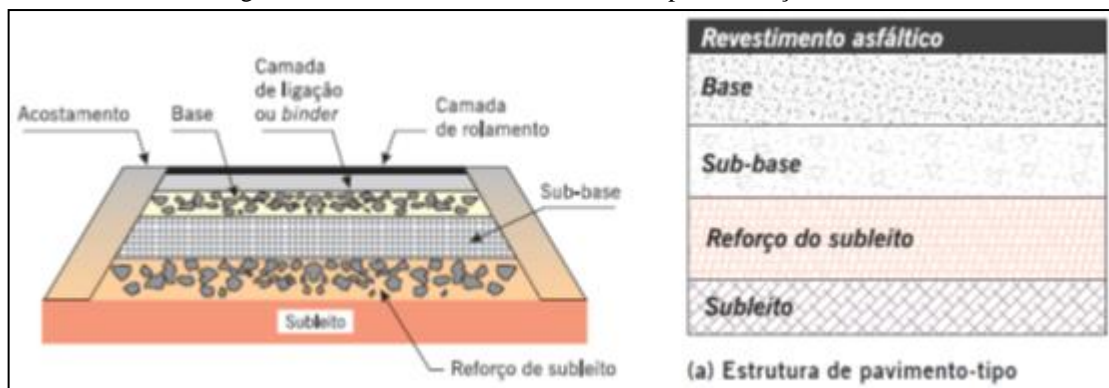
### 2.3.1.2 Sistema de pavimentação com revestimento asfáltico

Os sistemas de pavimentação com revestimento asfáltico são pavimentos que apresentam em sua camada de revestimento, ou de rolamento, um concreto asfáltico, composto por agregados, material de enchimento e cimento asfáltico, cuja função primordial é resistir diretamente às ações do tráfego, transmitindo-as de forma atenuada às camadas inferiores. Além disso, tem a função de impermeabilizar o pavimento e melhorar as condições de rolamento, de conforto e de segurança (BENUCCI et al, 2006).

Parte dos problemas relacionados à deformação permanente e outros defeitos no sistema de pavimentação pode ser atribuída ao revestimento asfáltico. Entretanto, limitar as tensões e deformações na estrutura do pavimento, por meio da combinação de materiais e espessuras das camadas constituintes, é o objetivo da mecânica dos pavimentos (MEDINA, 1997).

A Figura 6 ilustra o sistema de pavimentação com revestimento asfáltico, constituído por quatro camadas, além do revestimento: subleito, reforço do subleito, sub-base e base.

Figura 6 - Corte transversal de sistema de pavimentação flexível



Fonte: Pavimentação asfáltica, Benucci et al, 2008.

Observa-se na Figura 6 que o comportamento do pavimento flexível é diferente do pavimento rígido, quando aplicadas cargas pelos pneus. Nesse último, as placas de concreto absorvem quase todo o carregamento, diminuindo as cargas distribuídas para o subleito. Ao contrário, no pavimento flexível, as deformações elásticas ocorrem em todas as camadas quando submetido a um esforço (SILVA JÚNIOR, 2018).

Na execução das camadas de pavimento, seja pavimentação flexível ou rígida, os agregados reciclados podem ser utilizados a fim de reduzir o uso de agregados naturais, desde que suas características atendam as premissas de norma, como apresentado na seção 2.2.4. Além disso, seu uso depende também de diversos outros fatores: volume de tráfego, capacidade de suporte

do subleito, rigidez e espessura das camadas, e condições ambientais, e da supressão ou não de mais de uma camada.

O Quadro 3, a seguir, apresenta as principais normas brasileiras para pavimentos flexíveis e rígidos empregadas nas obras de pavimentação.

Quadro 3 - Principais Normas Brasileiras para pavimentos

<b>Norma</b>	<b>Ano</b>	<b>Assunto</b>
ABNT NBR 7181	2016	Solo – análise granulométrica – Método de ensaio
ABNT NBR 6457	2016	Amostras de solo – preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização
ABNT NBR 7182	2016	Solo – ensaio de compactação – Método de ensaio
ABNT NBR 9917	1987	Agregados para concreto – determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis
ABNT NBR 7185	2016	Solo – determinação da massa específica aparente, in situ, com emprego do frasco de areia
ABNT NBR 7809	1983	Agregado graúdo – determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio
ABNT NBR 7218	2010	Agregados – Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis
DNIT – 047/2004 - ES	2004	Pavimentos rígidos – execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte – especificação técnica
DNIT – 062/2004 – PRO	2004	Pavimentos rígidos – avaliação objetiva - procedimentos
DNIT – 049/2013 - ES	2013	Pavimentos rígidos – execução de pavimento rígido com equipamento de forma deslizante – especificação técnica
DNIT – revisão DNER ME 131/94	2009	Pavimentos flexíveis – solos – determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio
DNIT – revisão DNER ES 310/97	2009	Pavimentos flexíveis – tratamento superficial triplo – especificação de serviço
DNIT - revisão DNER ES 301/97	2009	Pavimentos flexíveis – sub-base estabilizada granulometricamente – especificação de serviço
DNIT - revisão DNER ES 302/97	2009	Pavimentos flexíveis – sub-base de solo melhorado com cimento - especificação de serviço
DNIT - revisão DNER ES 308/97	2009	Pavimentos flexíveis – tratamento superficial simples - especificação de serviço
DNIT - revisão DNER ES 309/97	2009	Pavimentos flexíveis – tratamento superficial duplo - especificação de serviço

Fonte: autoria própria, 2021

Nota-se, a partir do Quadro 3, que as normas que tratam de obra de pavimentação são estabelecidas tanto pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (Dnit).

### **2.3.2 Obras de pavimentação**

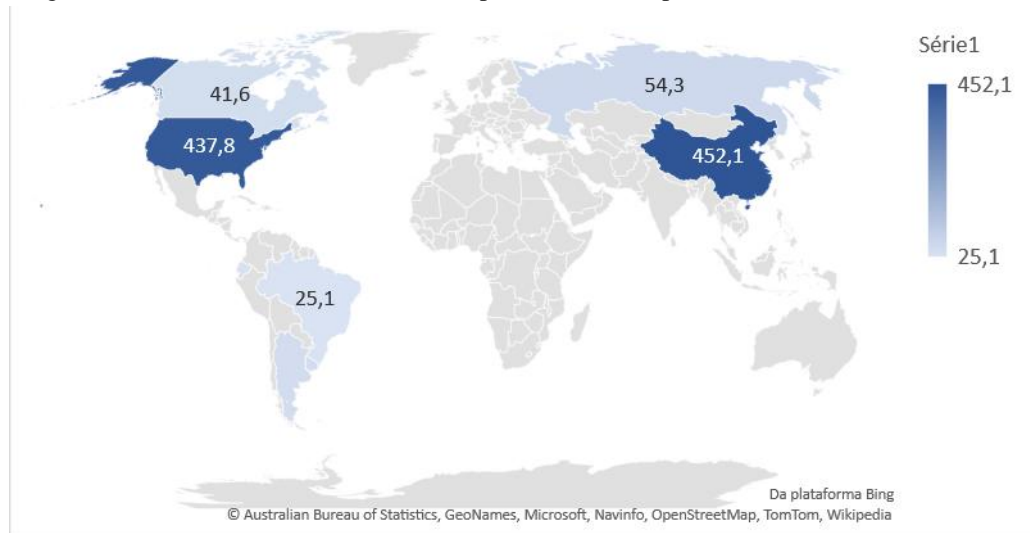
#### **2.3.2.1 No Brasil**

No Brasil, as rodovias possuem a maior participação na matriz de transporte, concentrando, aproximadamente, 61% da movimentação de mercadorias e 95% da de passageiros. Desta

forma, a infraestrutura rodoviária tem caráter definitivo no desenvolvimento econômico e social do país e de seus cidadãos (CNT, 2019).

De acordo com o Sistema Nacional de Viação (SNV), a malha rodoviária do país totaliza 1.720.700 km, contudo, apenas 213.453 quilômetros de rodovias são pavimentados, o que corresponde a 12,4% da extensão de rodovias no país. A malha não pavimentada representa 78,5% e, rodovias em planejamento representam 9,1%. A baixa disponibilidade de rodovias pavimentadas no Brasil fica evidenciada quando comparada com a de outros países de extensão territorial semelhante ou, mesmo, com a de outros países da América Latina, conforme é apresentado na Figura 7, a seguir.

Figura 7 – Densidade da malha rodoviária pavimentada em países (valores em km/1.000 km<sup>2</sup>)

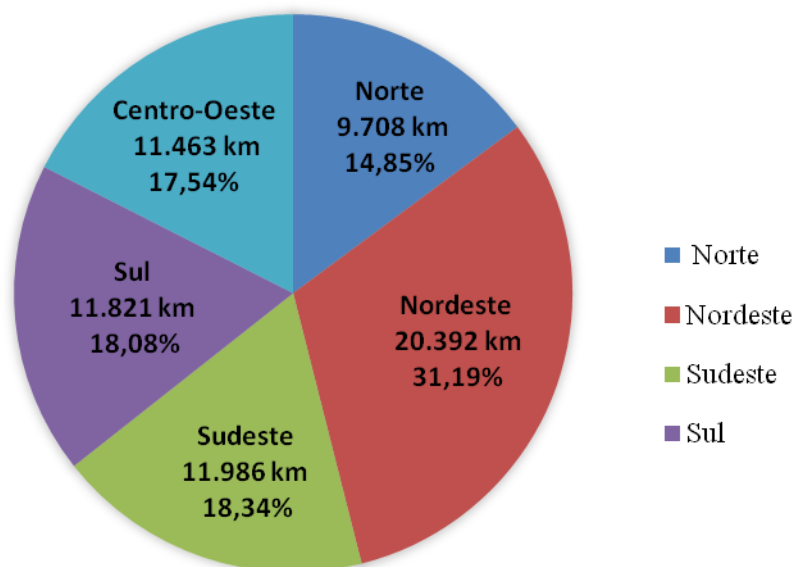


Fonte: adaptado CNT, 2019

Pela Figura 7, constata-se que o Brasil possui uma densidade de malha viária bem inferior a de países com área semelhante, como EUA e China.

O Gráfico 2 a seguir mostra a distribuição das extensões de rodovias pavimentadas por região do Brasil.

Gráfico 2 – Distribuição das extensões de rodovias federais pavimentadas por região do Brasil

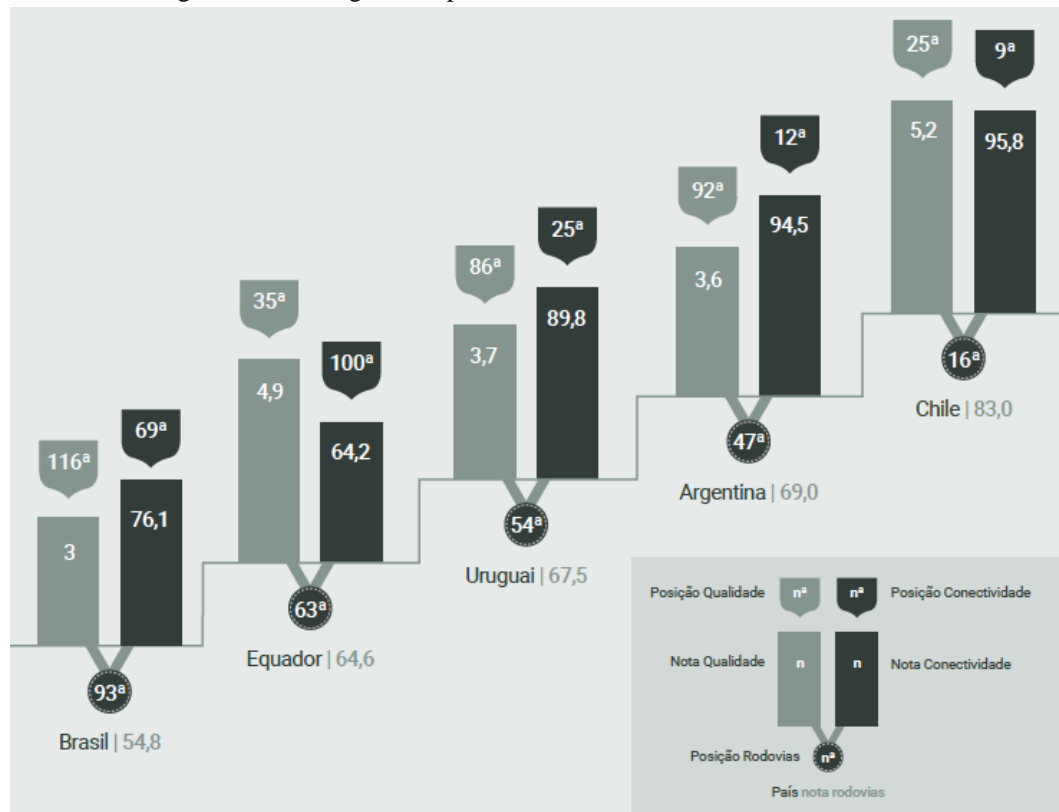


Fonte: adaptado CNT, 2019

Conforme Gráfico 2, percebe-se que o Nordeste é a região com maior concentração (31,2%), seguida do Sudeste (18,3%), Sul (18,1%), Centro-oeste (17,5%) e Norte (14,9%).

Além das informações quantitativas, é importante destacar que as condições das rodovias pavimentadas, avaliadas pela CNT, não se encontram satisfatórias. Tal fato, também, é reforçado pelo resultado do ranking de competitividade global do Fórum Econômico Mundial, conforme ilustrado na Figura 8, a seguir.

Figura 8 – Ranking de competitividade das rodovias na América do Sul



Fonte: pesquisa CNT de RODOVIAS, 2019

Constata-se pela Figura 8 que o Brasil foi classificado em 2019 na 93ª posição, entre 141 países com relação à variável Rodovias, ficando atrás de outros países da América do Sul, tais como Chile, Argentina, Uruguai e Equador.

Desta forma, o governo federal estima que seja necessário um investimento no valor de R\$ 496,1 bilhões em 981 projetos para a infraestrutura rodoviária, incluindo intervenções de construção, pavimentação, duplicação, recuperação e demais adequações, o que comprova o mercado potencial para aplicação de agregados de RCC na formação das camadas de pavimento nos investimentos planejados pela área federal (CNT, 2019).

### 2.3.2.2 No Distrito Federal

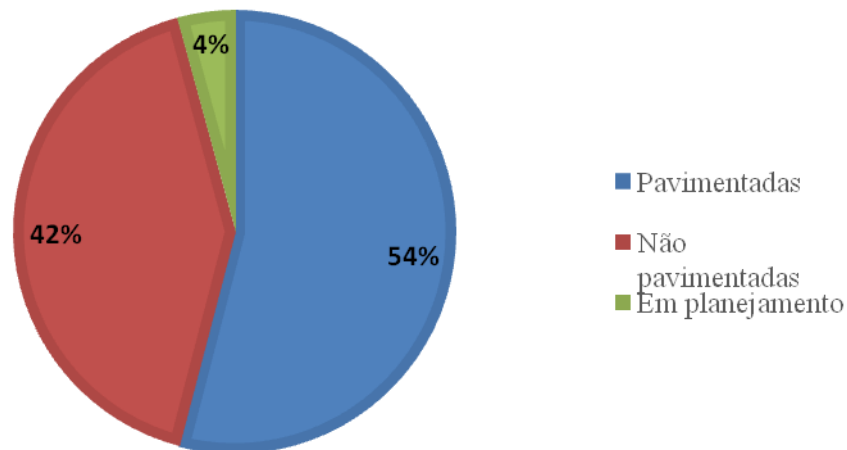
No Distrito Federal, não há registro sistematizado que comprove a quantidade de obras públicas de pavimentação realizadas por ano, no âmbito das grandes executoras de obras públicas, que possam parametrizar ações de aplicação de agregados de RCC em camadas de pavimento, dando a destinação ambientalmente adequada, como assim estabelece as políticas públicas. A maior parte das obras de pavimentação no DF é executada por órgãos públicos: Novacap e DER/DF, cada um atuando em sua jurisdição, ou seja, vias urbanas ou rodovias

distritais respectivamente, sem, contudo, realizar registro consolidado das características das obras executadas.

Com relação às obras de pavimentação realizadas pelo DER/DF, destaca-se sua competência na atuação na malha rodoviária do DF, pois trata-se de um órgão executivo que funciona como entidade autárquica de administração superior, e integrante da estrutura administrativa do Distrito Federal, do Sistema Rodoviário Nacional (SRN) e do Sistema Nacional de Trânsito (SNT), criado pelo Decreto nº 6, de 09 de junho de 1960, publicado no DOU de 20 de junho de 1960 e nos termos do art. 16 da Lei nº 4.545, de 10 de dezembro de 1964, com personalidade jurídica de direito público, autonomia administrativa e financeira, vinculada à Secretaria de Estado de Obras do Distrito Federal (SODF).

Após a revisão do Sistema Rodoviário do DF realizada em 2016, apurou-se, de forma detalhada, que a malha rodoviária é de 1.912,0 km, sendo 1.015,1 km de Rodovias Pavimentadas, 814,6 km de Rodovias Não Pavimentadas e 82,30 km de Rodovias Planejadas, conforme mostrado no Gráfico 3, a seguir (DISTRITO FEDERAL, 2016).

Gráfico 3 – Malha rodoviária do DF no âmbito do DER/DF



Fonte: SRDF, 2016

Observa-se que a maior quantidade de rodovias é pavimentada (54%), seguida das não pavimentadas (42%) e somente 4% em planejamento.

Dados recentes do Sistema Rodoviário do DF apontam que houve acréscimo da quantidade de rodovias pavimentadas, totalizando, em 2020, 1.426,04 km e redução da quantidade de rodovias não pavimentadas, de 814,6 km para 403,66 km. Mesmo assim, a demanda de execução de pavimentação é relevante (DISTRITO FEDERAL, 2020).

Com relação às demais obras de pavimentação, ou seja, pavimentos urbanos, cabe a Novacap sua execução e manutenção, pois trata-se de empresa pública, que atua como principal braço executor das obras de interesse do Distrito Federal que tem também, assim como o DER/DF, sua vinculação direta com a Secretaria de Obras do Distrito Federal – órgão executivo responsável pelas obras do Distrito Federal.

Como braço executor, a Novacap foi criada pela Lei Federal nº. 2.874, de 19 de setembro de 1956, pelo então presidente do Brasil, Juscelino Kubitschek de Oliveira, com finalidade única de gerenciar e coordenar a construção da nova capital do Brasil. Porém, após a construção da capital, a Novacap manteve-se como empresa de suporte técnico e operacional para execução das obras do DF (BRASIL, 1956).

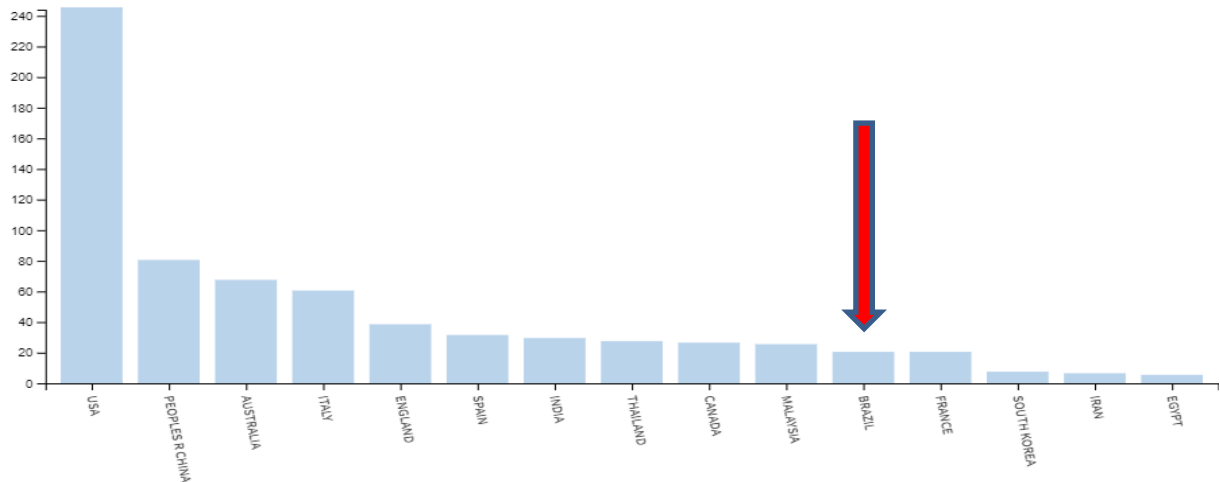
No caso das obras de infraestrutura executadas pela Novacap, os serviços de pavimentação são realizados de forma direta ou indireta pelo Departamento de Infraestrutura - Deinfra, da Diretoria de Urbanização - DU. Contudo, não há um levantamento cadastral sistêmico das obras de pavimentação realizadas por aquele departamento. Desta forma, um dos objetivos dessa pesquisa é o levantamento cadastral das obras dos últimos dez anos, realizadas na DU/Novacap, com consulta aos documentos técnicos de contratos e aos Relatórios Anuais de execução de obra direta.

A Figura 9 ilustra o mapa rodoviário do Distrito Federal, elaborado pelo DER/DF.





Gráfico 4 – Gráfico de barras com resultado de pesquisa sobre o tema, por países, na plataforma “*web of science*” de 2010 até 2019



Fonte: web of Science, 2019

Na plataforma *scopus*, novamente o USA é o país de maior registro, com 940 publicações, seguido também da China e da Austrália. Com registro de 26 publicações do Brasil, de 2010 até 2019, sendo dois da Universidade de Brasília. Numa pesquisa considerando o período de 2014 a 2019, o Brasil aparece em 6º lugar nas publicações, o que comprova ser um tema de interesse do país nos últimos anos, pois em 10 anos foram publicadas 26 pesquisas, sendo que 23 nos últimos 5 anos.

Observa-se que as duas plataformas apresentam quantidades diferentes de trabalhos. No entanto, as publicações se concentram, prioritariamente, nos países USA, China e Austrália.

Na pesquisa, além das plataformas *web of Science* e *scopus*, foram consultados os periódicos da CAPES de universidades brasileiras e internacionais, o que resultou no universo de trabalhos acadêmicos listados no Quadro 4, mostrado a seguir.

Quadro 4 – Revisão Bibliográfica (continua)

QUADRO DE PESQUISA					
Nº	Código	Autores	Ano	Assunto	Referência Bibliográfica
01	T 01	Pinto	1999	Reconhecimento nacional da demanda por agregados e da geração de RCD, para avanço da reciclagem no Brasil.	Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 189p.
02	D 07	Cirelli	2000	Análise de agregados em Santo André e no laboratório da USP. Variabilidade nas propriedades dos agregados. Em situações mais nobres, devem possuir equipamentos de controle de qualidade.	Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, DOI 10.11606/D.3.2000.tde-05102005-112833
03	A 06	Smith, T.; Tighe, S.; Fung, R.	2001	Pesquisa de 5 anos em rodovias do Canadá comprovam que o pavimento rígido teve melhor performance com RCC.	Concrete Pavements in Canada: a review of their usage and performance, Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Halifax, Nova Scotia.
04	A 31	Ângulo et al	2005	A triagem do RCD mineral proposta pelas normas não é amplamente realizada no Brasil e no exterior e é baseada na classificação visual é pouco efetiva.	Aperfeiçoamento da Reciclagem da Fração Mineral dos Resíduos de Construção e Demolição – uso em concretos. Anais do II Suffib - Seminário: O Uso da Fração Fina da Britagem (eds).
05	D 01	Motta, R.S.	2005	Análise de laboratório de diversos agregados de RCC (mistura de 4% cal e 6% de cimento) para aplicação em camadas de pavimento, em SP.	Estudo Laboratorial de Agregado Reciclado de Resíduo Sólido da Construção Civil para Aplicação em Pavimentação de Baixo Volume de Tráfego. Dissertação (Mestrado de Engenharia de Transporte), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, SP
06	D 23	Affonso	2005	Caracterização de agregados de RCC para uso em camadas drenantes	Caracterização de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para uso em camadas drenantes de aterros de resíduos sólidos. Dissertação de Mestrado, COPPE – UFRJ, Engenharia Civil, 2005.
07	A 15	Wilson, Velis e Cheeseman	2006	Integração do setor informal com planejamento gerencial, baseando-se em suas práticas e experiência.	Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. Habitat International 30 (2006) 797–8
08	D 04	Ribeiro	2006 UFG	Comparativo em um pavimento em 2005 e 2006: subleito com RCC maior estabilidade, expansão de 1%; CBR de 37,0%, pode usar em sub-base.	Estudo da aplicação do agregado reciclado na base de um pavimento flexível. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, 171f.
09	D 24	Rocha	2006	Ensaio laboratoriais: massa unitária e composição das amostras de RCC são fortemente condicionadas pela etapa construtiva. Gestão precisa de melhorias	Os resíduos sólidos de construção e demolição: gerenciamento, quantificação e caracterização. Um estudo de caso no DF. Dissertação mestrado Departamento de Engenharia Civil e Ambiental as Faculdade de Tecnologia da UnB, 2006

Quadro 4 - Revisão Bibliográfica (continua)

QUADRO DE PESQUISA					
Nº	Código	Autores	Ano	Assunto	Referência Bibliográfica
10	D 17	Leite, F. C.	2007	Análise em campo e em laboratório de agregado de RCC para camadas de base e sub-base.	Mechanical behavior of recycled aggregate of construction and demolition waste in base and sub-base layers of pavements. Dissertação de mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transporte, São Paulo, 185p.
11	A 35	Chiu, Hsu, Yang	2007	Uso de borracha e asfalto como RCC.	Life cycle assessment on using recycled materials for rehabilitating asphalt pavements Resources, Conservation and Recycling 52 (2008) 545–556
12	A 08	Abdou e Benucci	2007	Realização de vias do campus da USP, com RCC nas bases e sub-bases dos pavimentos, zona leste, em SP-BR..	Pavimento Ecológico: uma opção para a pavimentação de vias das grandes cidades, Universidade de São Paulo – USP.
13	D 09	Vedroni, J. W.	2007	Aplicação de mistura de agregado de RCC com agregado natural no reaterro de valas de pavimentos em Piracicaba, em SP-BR	Estudo de caso sobre a utilização do RCD (resíduos de construção e demolição) em reaterros de valas nos pavimentos de Piracicaba SP. Dissertação de mestrado da Faculdade Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, SP: [s.n.].
14	D 11	Neto	2007	Viabilidade da reciclagem de RCC, implantação de plano de monitoramento, ATT's e cartilha	Construção Civil Sustentável: avaliação da aplicação do modelo de gerenciamento de resíduos da construção civil do Sinduscon-MG em um canteiro de obras – um estudo de caso. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Minas Gerais, BH, 2007
15	T 06	Oliveira	2007	Ensaio de laboratório comprovam ganho de resistência com o tempo. Em campo indicaram bom desempenho do pavimento	Indicadores de Potencialidade e Desempenho de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil em pavimentos flexíveis. Tese de doutorado – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2007
16	D 25	Pestana	2008	Caracterização do comportamento mecânico de RCD, na aplicação em camadas de base e de sub-base de estradas de baixo tráfego	Contribuição para o estudo do comportamento mecânico de resíduos de construção e demolição aplicados em estradas de baixo tráfego. Dissertação de mestrado – Departamento de Engenharia Civil do IST da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008
17	D 26	Grubba	2009	Ensaio de caracterização física de RCC resultaram em ganho de resistência e rigidez com o tempo de cura. Conclusão pela viabilidade para uso em base e sub-base	Estudo do comportamento mecânico de um agregado reciclado de concreto para utilização na construção rodoviária. Dissertação – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009

Quadro 4 - Revisão Bibliográfica (continua)

QUADRO DE PESQUISA					
Nº	Código	Autores	Ano	Assunto	Referência Bibliográfica
18	A 28	Evangelista, Costa e Zanta	2010	Cerca de 80% de volume de RCC se converteu em agregado reciclado, que substituiu a utilização de agregado natural.	Sustainable alternative for the disposal of Class A construction residues: a process for recycling in building sites. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 23-40
19	D 22	Cunha	2011	Melhor desempenho das misturas de solo (50%) - brita 1 (50%); solo (50%) - expurgo (50%) e solo (91%) - cal (9%) e viabilidade técnica, econômica e ambiental na substituição do cascalho laterítico, usado nas obras de pavimentação da região.	Uso de materiais não convencionais para base de pavimentos asfálticos no município de Aparecida de Goiânia – GO. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, 2011, 231 p.
20	A 26	Dias, Angelo et al	2011	Inovações ambientais são primordiais para redução de impactos ambientais, podendo ser causa ou efeito de uma gestão ambiental proativa.	Inovação ambiental: das imprecisões conceituais a uma definição comum no âmbito da gestão ambiental. Pró-Ativa XVIII Simpósio de Engenharia de Produção Sustentabilidade na Cadeia de Suprimentos Bauru, SP, Brasil.
21	D 28	Sousa	2011	Análise laboratorial com diferentes energias de compactação e tempos de cura variados. Conclusão: o agregado de ARC pode ser usado em bases de pavimentos.	Estudo sobre a aplicação de agregado reciclado de concreto em construção de pavimentos. 122p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2011.
22	A 33	Herrador, Perez, Garach, Ordonez	2012	Capacidade de carga satisfatória; compactação de RCC na obra é mais difícil porque requer mais água; densidade menor que o agregado natural	Use of Recycled Construction and Demolition Waste Aggregate for Road Course Surfacing. Journal of Transportation Engineering Asce / february 2012, 182-190
23	A 45	Carmo, Maia e César	2013	Maior parte dos rejeitos é de base cerâmica, de reformas de residências de casas com padrão normal de acabamento.	Avaliação da tipologia dos resíduos de construção civil entregues nas usinas de beneficiamento de BH. Revista de Engenharia Saniári a e Ambiental, v. 17, n. 2, p. 187-192, 2012
24	A 02	Puppala et al.	2012	Mistura de RAP, calcário e cimento para aplicação em sub-base e base de pavimentos no Texas, USA	Sustainable Reuse of Limestone Quarry Fines and RAP in Pavement Base/Subbase Layers, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol.24, pp.418-429,
25	A 01	Arulrajahi et al.	2013	Mistura de RCC e RAP para aplicação em sub-base de pavimentos na Austrália. Melhor resultado 15%RAP e 85%RCC. 100%RAP resistência insuficiente.	Reclaimed Asphalt Pavement and Recycled Concrete Aggregate Blends in Pavement Subbases: Laboratory and Field Evaluation, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol.26(2), pp.349-357

Quadro 4 - Revisão Bibliográfica (continua)

QUADRO DE PESQUISA					
Nº	Código	Autores	Ano	Assunto	Referência Bibliográfica
26	D 10	Bonelli	2013	Qualidade dos materiais de acabamento, plano de conservação, com redução do custeio com manutenção do espaço público.	Sustentabilidade em Obras Públicas: O Caso do Parque Madureira. Dissertação de Mestrado, e Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, PUC-Rio, 124p.
27	A 23	Farias et al	2013	Resíduos de escavação de 4.000 estacas de fundação helicoidal (25.000 m <sup>3</sup> ) de solo foram utilizados favoravelmente em camadas de subleito da pavimentação.	Technical and Economic Analysis of Construction and Demolition Waste Used in Paving. Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris
28	A 05	Sena, R.S. et al	2013	Panorama de 2013 da gestão de resíduos no DF.	Gestão dos Resíduos Sólidos da Construção Civil e Demolição no Distrito Federal, VI SIMCBIO (v.2), Universidade Católica de Pernambuco - Recife - PE – Brasil.
29	A 44	Baptista, Vieira e Romanel	2013	Sugestão de plano de gestão circular, com pequenos geradores, com segregação de materiais, instalação de pontos de recolhimento pelos bairros da cidade e implantação de centros de tratamento de RCC, operados por associações de catadores, para produção de materiais reciclados.	Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 5, n. 2, p. 27-37, 2013
30	A 13	Aragão et al	2014	Análise do grau de conhecimento dos profissionais da construção civil em relação à gestão de RCC, a partir de um estudo de caso na cidade de Campo Mourão-PR.	Análise do conhecimento dos profissionais da construção civil sobre os resíduos de construção civil e demolição na cidade de Campo Mourão – PR Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET e-ISSN 2236 1170 - V. 18 n. 4 Dez 2014, p.1326-1333
31	A 34	Arulrajahi et al.	2014	Agregado de RCC tem potencial uso na composição de base / sub-base de pavimento, pois atendem às exigências físicas, requisitos de cisalhamento e propriedades de resistência.	Physical properties and shear strength responses of recycled construction and demolition materials in unbound pavement base/subbase applications, Construction and Building Materials 58 (2014) 245–257

Quadro 4 - Revisão Bibliográfica (continua)

QUADRO DE PESQUISA					
Nº	Código	Autores	Ano	Assunto	Referência Bibliográfica
32	TCC 01	Correia	2014 UFRJ	Análise comparativa entre material granular convencional e material granular RCC, que concluiu pela viabilidade econômica para uso em base e sub-base de pavimentação.	Estudo de viabilidade econômica para o uso de resíduos de construção e demolição em camadas de base e sub-base de pavimentos. Projeto de graduação de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro Março de 2014
33	D 18	Beja (liedi)	2014	Construção de 3 trechos experimentais e observação quanto ao comportamento físico e mecânico de RCC	Agregado reciclado de construção e demolição com adição de aglomerantes hidráulicos como sub-base de pavimentos. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de transportes – São Paulo, 2014.
34	A 48	Calvo, Varela-Candamio e Novo-Curti	2014	Implicações socioeconômicas da gestão de resíduos na Espanha e os efeitos positivos dessas políticas no mercado de agregados reciclados, a fim de atingir a meta de 30% de agregados de RCC em 12 anos ou menos.	A Dynamic Model for Construction and Demolition (C&D) Waste Management in Spain: Driving Policies Based on Economic Incentives and Tax Penalties. Sustainability 2014, 6, 416-435, DOI 10.3390/su6010416
35	A 17	Xuan, Molenaar e Houben	2015	Mistura de 80% RCC em solo natural e cimento para aplicação em base de rodovias para melhoria das propriedades mecânicas, na Holanda.	Evaluation of Cements Treatment Recycled Construction Demolition Waste as Road Bases. Journal of Cleaner Production, 100, 77-83
36	A 32	Mejía, Tobón, Osorio e Osorio	2015	Caracterização mineralógica de RCC para uso na melhoria de solos (parte mais fina)	Mineralogical characterization of urban construction and demolition waste potential use as a nutrient source for degraded soils, The Sustainable City X, 399-413
37	A 09	Brasileiro & Matos	2015	Artigo de Revisão: panorama mundial e nacional e importância de agregados de RCC na redução do impacto ambiental e no custo de produção	Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Cerâmica 61 178-189
38	A 12	Silveira e Borges	2015	Pesquisas em grandes centros urbanos do Brasil, com aplicação de RCC em camadas de pavimentação, que concluiu pelo uso de resíduos de pedra, fosfogesso em pavimento.	Uso de Materiais Alternativos para Melhoria de Solo na Pavimentação de Vias. E&S - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20165052 Volume 1, Edição 5

Quadro 4 - Revisão Bibliográfica (continua)

QUADRO DE PESQUISA					
Nº	Código	Autores	Ano	Assunto	Referência Bibliográfica
39	D 19	Moura	2015	Projeto de uma máquina britadora de resíduos de pequeno porte para transformar resíduos Classe A em materiais passíveis de reutilização no próprio canteiro de obras	Britador de resíduos Sólidos da Construção Civil: projeto de Equipamento Móvel de Pequeno Porte. Dissertação de Mestrado – Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2015
40	A 18	Cardoso et al.	2016	Artigo de Revisão: panorama de estudos e conclui que misturas de agregados de RCC e agregados naturais podem ser aplicados em vias internas, de menor tráfego.	Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review. Waste management, Vol. 49, 131-145, journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman
41	A 11	Rezende et al	2016	Utilização de RCC em pavimentos asfálticos e realização de monitoração com diferentes tipos de testes de campo ao longo de 8 anos.	Field Investigation of Mechanic Properties of Recycled CDW for Asphalt Pavement Layers. Journal Mater. Civ. Eng., 2016, 28(3): 05015003 DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001420. 2015 American Society of Civil Engineers.
42	A 47	Geus e Garcias	2016	Gestão de RCD: na UE refere-se à ACV dos materiais, nos EUA depende das condições de mercado, em Hong Kong depende da triagem eficiente, no Brasil previsão por lei e avanço nos últimos anos.	Panorama da gestão de resíduos de construção e demolição. Artigo na Revista de Engenharia e Tecnologia V. 8, No. 2, Ago/2016, ISSN 2176-7270
43	A 37	Ossa, Garcia e Botero	2016	O uso de resíduos de construção e demolição RAP é viável em porcentagens de até 20% para pavimentar estradas urbanas.	Use of recycled construction and demolition waste (CDW) aggregates: A sustainable alternative for the pavement construction industry. Journal of Cleaner Production 135 (2016) 379e386
44	D 08	Hilário, R. Q.	2016	Aplicação de mistura de agregado de RAP, solo e cimento em base de pavimento na BR-120, em Minas Gerais - BR	Uso de pavimento reciclado adicionado com cimento para uso como reforço de base para rodovias – estudo de caso: BR-120. Dissertação de mestrado da Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Núcleo de Pesquisa em Geotecnia, 2016.



Quadro 4 - Revisão Bibliográfica (continua)

QUADRO DE PESQUISA					
Nº	Código	Autores	Ano	Assunto	Referência Bibliográfica
45	D 20	Saccá de Oliveira	2017	Recomendações: redução da geração de RCC; cobrar PGRS dos grandes geradores; capacitar profissionais	Análise comparativa da gestão de resíduos sólidos em municípios de pequeno porte: um estudo de caso. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Bauru, 72 f.
46	A 25	Zhang et al	2017	Mistura de RAP com agregado natural para aplicação em sub-base de pavimento em Omã	The Variability and Evaluation Method of Recycled Concrete Aggregate Properties. Advances in Materials Science and Engineering Volume 2017, Article ID 1048172, 9 pages <a href="https://doi.org/10.1155/2017/1048172">https://doi.org/10.1155/2017/1048172</a>
47	D 06	Frasson, S.A.	2017	Caracterização das URE's e comparativo de preços entre agregados de RCC e agregados naturais	Caracterização das usinas de reciclagem de entulho como agentes na Gestão Circular dos Resíduos da Construção Civil. Dissertação de mestrado em Administração, Universidade Nove de Julho – UNINOVE, São Paulo, 153p.
48	D 02	Silva Junior	2018 UNB	Referências bibliográficas quanto a pavimentos.	Proposta de Metodologia para Avaliação de Danos de Pavimentos Rígidos de Ciclovia. Dissertação de mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E. DM18-7ª, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 117p.
49	D 21	Orioli	2018	Agregados de RCC apresentam desempenhos mecânico e hidráulico adequados quando comparados aos agregados naturais, em camadas de bases e sub-bases de pavimentos.	Estudo do uso de agregado reciclado de resíduos de construção e demolição em misturas solo-agregado. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. DOI 10.11606/D.18.2018.tde-27092018-090352
50	D 05	Santana	2018 UnB	A areia reciclada pode ser utilizada na produção de argamassas estabilizadas nos teores de substituição de até 50% do agregado miúdo natural pelo agregado miúdo reciclado.	Avaliação da Influência da Utilização de Agregado Miúdo Reciclado em Argamassas Estabilizadas, Publicação E.DM – 24A/18, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 129p.

Quadro 4 - Revisão Bibliográfica (continua)

QUADRO DE PESQUISA					
Nº	Código	Autores	Ano	Assunto	Referência Bibliográfica
51	D 03	Negredo	2018 UNB	Os concretos com RM podem ser usados com finalidade estrutural (ABNT NBR 6118:2014), a depender do tipo de aplicação. A incorporação de até 25% de resíduo, em relação à massa do cimento, proporciona um efeito sustentável.	Durabilidade de concretos com resíduo de marmoraria sob a ação combinada de carbonatação e cloretos. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E. DM-10A/18, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 129p
52	A 36	Martos et al	2018	O uso de RCC traz melhoria, eficiência de recursos e redução do impacto ambiental.	Construction and demolition waste best management practice in Europe, Resources, Conservation & Recycling 136 (2018) 166–178, homepage: <a href="http://www.elsevier.com/locate/resconrec">www.elsevier.com/locate/resconrec</a>
53	A 07	Reis et al.	2018	Solução viável de mistura de RCC e solo natural para aplicação em base e sub-base de pavimentos no Pará-BR.	Utilização de Resíduos de Construção e Demolição na Pavimentação Rodoviária, 23º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, novembro de 2018, Foz do Iguaçu, PR, Brasil
54	A 41	Fontes, Neponuceno e Batista	2018	Ensaio de granulometria e de ISC para caracterização de misturas com solo e agregado reciclado	Resíduos Sólidos da CC: Utilização de agregados reciclados em base e sub-base de pavimentação asfáltica. Multivix. Artigo publicado em 2018.
55	A42	Tavares et al	2018	Análise do comportamento do agregado de RCC em substituição a brita para sub-base e base de pavimentos	Utilização de agregados de resíduos de construção e demolição (rcd) em bases e sub-bases de pavimentos rodoviários. IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Gramado – RS, em 2018.
56	A 43	Garcia, Barreto e Crispim	2018	Viabilidade técnica do uso de resíduos de bloco de concreto em substituição aos agregados minerais em pavimentação	Substituição de agregados minerais por resíduos de concreto na fabricação de pavimento asfáltico. Sustentabilidade em Debate – Brasília, v. 9, n. 3, p. 185-197, dez-2018.
57	A 49	Akhtar e Samah	2018	Uso de diferentes materiais pozolânicos são recomendados para melhoria de propriedades dos agregados reciclados. Sugestão de uso de 30% a 50% para atingir a resistência equivalente ao agregado natural.	Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. Journal of Cleaner Production, março de 2018. DOI 10.1016/j.jclepro.2018.03.085

Quadro 4 - Revisão Bibliográfica (conclusão)

QUADRO DE PESQUISA					
Nº	Código	Autores	Ano	Assunto	Referência Bibliográfica
58	A 24	Cabalar et al.	2019	Mistura de RCC com argila para aplicação em subleito de pavimentos, na Turquia	Utilização de materiais de construção e demolição com argila para o subleito do pavimento. Materiais Rodoviários e Desenho de pavimentos - Volume 20, Edição 3, p.702-714.
59	A 19	Bharat et al.	2019	Após 8 anos, a mistura de camada de pavimento com RCC apresentou aumento do PH do que RCC atuais	Characterization of the Aggregate Concrete Recycling after Eight Years of Field Deployment. ASCE Library vol. 31, <a href="https://ascelibrary.org/journal/jmcee7">https://ascelibrary.org/journal/jmcee7</a>
60	A 22	Martinez-Arguelles et al	2019	Caracterização de RCC e NA: propriedades mecânicas e químicas de acordo com as normas colombianas	Characterization of Recycled Concrete Aggregate as Potential Replacement of Natural Aggregate in Asphalt Pavement. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 471 102045 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/471/10/102045
61	A 50	Saez e Osmani	2019	Austria, Alemanha, Holanda, Bélgica e França são os maiores produtores de CDW-TGC, enquanto a Croácia, Eslovênia, Eslováquia, Polônia, Portugal e Espanha são os menores. Além disso, a maioria dos estados-membro depende de "planos de gestão de resíduos" em vez de Regulamentações.	A diagnosis of construction and demolition waste generation and recovery practice in the European Union. Journal of Cleaner production, Elsevier, 241, 2019, 118400

De acordo com o Quadro 4, foram consultadas 61 pesquisas acadêmicas sobre o mesmo tema: agregados reciclados oriundos da construção civil, publicados desde 1999 até a data atual, sendo 3 TCC, 51 artigos, 29 dissertações de mestrado e 7 teses de doutorado. Dentre esses trabalhos, 15 são publicações internacionais que comprovam condições favoráveis para uso desses agregados em pavimentação. As demais 48 publicações foram realizadas no Brasil em diversas localidades, em destaque São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, comprovando a ênfase do tema para o avanço da reciclagem no Brasil.

Segundo as diretrizes da política ambiental, ou seja, Resolução nº 307, Lei Federal nº 12.305 e Lei Distrital nº 4.704, os geradores de resíduos RCC são obrigados a darem uma destinação adequada ao material produzido em seus canteiros de obra. (MMA, 2002, BRASIL, 2010 e DISTRITO FEDERAL 2011).

Em paralelo, além dessa obrigatoriedade, a maior parte do sistema viário do Brasil ainda não é pavimentada, o que torna a utilização do agregado reciclado em pavimentação muito

promissor, pois poderá contribuir na redução de problemas ambientais presentes e futuros, caso seja substituído por parte dos agregados naturais utilizados nas camadas de pavimento. E mais, estudos realizados em São Paulo, comprovam que é possível reduzir 30% nos custos, quando utilizado agregado de RCC ao invés de agregado natural em camadas de pavimentação (ABDOU e BERNUCCI, 2011).

Segundo Zordan (1997), as principais vantagens de uso de agregados de RCC em pavimentação são:

- Exigir menor utilização de tecnologia o que implica em menor custo no processo;
- Possibilitar utilização de todos os componentes minerais dos RCC (concreto, argamassas, materiais cerâmicos, areais, pedras) sem necessidade de separação;
- Gerar economia de energia no processo de moagem dos RCC, pois possibilita o uso de material com granulometria graúda;
- Possibilitar utilização de maior parcela de RCC não somente provenientes de grandes obras, mas também de pequenas obras;
- Gerar maior eficiência do agregado de RCC quando adicionado ao solo, pois 20% de RCC gera 100% de aumento no ISC, enquanto, a adição de brita natural para mesmo aumento de ISC, deverá ser de 40%;
- Contribuir para não expansão das camadas compactadas, pois os agregados de RCC tem expansibilidade baixa ou nula;
- Permitir uso em locais com presença de água, pois agregados de RCC são não plásticos.

Contudo, para emprego em camadas de reforço de subleito ou sub-bases, os agregados reciclados de resíduos sólidos de construção civil e de demolição devem atender as especificações das normas ABNT NBR 15115:2004 e ABNT NBR 15116:2004, pois é primordial o conhecimento de características físico-químicas e propriedades dos resíduos, obtidas a partir da realização de ensaios e métodos normatizados. Além disso, as especificações de norma permitem seu uso como material de base em vias de baixo volume de tráfego, o que já

é uma realidade, principalmente, em vias urbanas, no Rio de Janeiro e em São Paulo (MOTTA, 2005 e CORREIA, 2014).

Segundo Fernandes e Motta (2004 e 2005), pesquisas têm sido dedicadas ao uso e avaliação de aplicação de agregados de RCC em pavimentos. A Figura 10 ilustra detalhes dos diversos componentes do material e sua distribuição em pista.

Figura 10 – Padrões de agregados recicláveis em São Paulo: (a) agregado reciclado de resíduo da construção civil, com detalhe da natureza e graduação; (b) disposição do agregado de RCC, após tratamento/beneficiamento



(a)



(b)

Fonte: ABDU, 2005

De acordo com Grubba, a partir do estudo das propriedades físicas e do comportamento mecânico dos agregados reciclados da Usina de Reciclagem de São Carlos, foi possível constatar a aplicabilidade dos mesmos na construção de sub-base e base de pavimentos (GRUBBA, 2009).

Adicionalmente, Sousa realizou estudos com agregados da mesma usina e analisou resultados de resistência à compressão simples, módulo tangente, módulo de resiliência, deformação permanente e índice de suporte Califórnia (ISC) e concluiu que o agregado reciclado de ARC é uma boa alternativa para construção de base de pavimentos (SOUSA, 2011).

Estudos experimentais com a execução de trechos de via urbana em São Paulo com a utilização de agregado reciclado e adição de aglomerantes, a cal hidratada e cimento Portland comprovaram o comportamento satisfatório tanto funcional quanto estrutural dos trechos ensaiados (BEJA, 2014).

De acordo com Silveira e Borges (2016), a mistura de agregado reciclado de RCC com solo para aplicação em camadas de pavimentos tem demonstrado resultados significativos em várias pesquisas realizadas em diversos e grandes centros urbanos (CARNEIRO, 2001; FUJII,

2012; GÓMEZ, 2011; LEITE, 2007; QUINTANILHA, 2008; MOTTA, 2005; SANTOS, 2007; RESPLANDES, 2007; RIBEIRO, 2006). Em sua maioria, as pesquisas indicaram índices de suporte Califórnia (ISC) satisfatórios de acordo com a ABNT NBR 15115:2004.

Num estudo de caso, realizado no Parque Tecnológico da Ilha do Fundão, onde foram utilizados agregados de RCC no subleito das vias, provenientes da demolição do Hospital da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), comprovou-se viabilidade técnico-econômica, com tratamento e beneficiamento do material próximo ao local de aplicação, gerando agregado de características normativas com custos menores de transporte diante daqueles de origem natural (FERNANDES, 2004).

Em Goiânia, Ribeiro realizou estudo de campo de um trecho experimental com a realização de ensaios, dentre eles o de viga *Benkelman*, cujos resultados foram favoráveis com bom desempenho do pavimento, o que, mais uma vez, comprova o uso potencial dos resíduos para soluções ambientalmente adequada (RIBEIRO, 2006).

Da mesma forma, em Porto Alegre, Bagatini avaliou pavimento de pista experimental construído com brita graduada e agregado reciclado através de levantamento de medidas defletométricas com a viga *Benkelman* e concluiu que pavimentos com uso de agregado reciclado apresentaram valores para suportar tráfego N da ordem de  $1 \times 10^6$  (Bagatini, 2012).

Estudo realizado no estado do Pará, analisou o comportamento de solos com adição de RCC, com diferentes teores: 15%, 30% e 40%, comprovando a viabilidade técnica no emprego em camada de base de pavimentos (23º CBECiMat, 2018).

Em pesquisa realizada na Escola de Engenharia de São Carlos para estudar a viabilidade do uso de agregado reciclado misto (ARM) e misturas solo-ARM como materiais geotécnicos em camadas de bases e sub-bases de pavimentos, comprovou-se que a energia de compactação teve efeito positivo sobre o comportamento do ARM e misturas de solo-ARM. E mais, o ARM apresentou ganho de resistência e rigidez devido ao efeito de hidratação do cimento e as misturas de solo-ARM apresentaram uma diminuição no valor de CBR em relação a misturas compostas exclusivamente por ARM. Ambos apresentaram características físicas e comportamento mecânico adequado, para uso em camadas de base e sub-base de pavimentos urbanos (ORIOLI, 2018).

Diante das diversas pesquisas realizadas no mundo e no Brasil, é possível concluir que o uso do agregado reciclado é uma alternativa sustentável, econômica e tecnicamente viável para utilização em camadas de pavimento, pois evita-se exploração de jazidas naturais e permite destinação adequada desses resíduos, redução de custos de aquisição e de transporte do agregado e podendo atender parâmetros e requisitos de norma quando tratados e beneficiados (FONTES et al, 2018).

#### **2.4 MODELAGEM ESTATÍSTICA PARA OBTENÇÃO DE PREVISÕES**

A modelagem estatística é amplamente utilizada para obtenção de previsões e tendências futuras, desde que dados históricos sejam obtidos com a finalidade de serem analisados quanto a sua ocorrência, frequência e disposição no tempo. Desta forma, o tratamento estatístico dos dados pode resultar em previsões que corroboram para tomada de decisão dos gestores em diversos setores, sejam eles, na medicina, no comércio ou na engenharia. E, quanto mais acurada for a previsão, melhor para todos os setores. Adicionalmente, de acordo com Morettin, a previsão não constitui um fim em si, mas apenas uma forma de viabilizar informações para uma tomada de decisões futura mais assertiva, visando a objetivos específicos. (MORETTIN, 2006)

Para obtenção de previsões futuros, utiliza-se dados de uma série temporal que, nada mais é, que um conjunto de observações (dados) ordenado no tempo. Essas observações geralmente são correlacionadas às suas observações vizinhas de modo que a ordem das mesmas é de suma importância. Assim, as previsões de demandas baseadas em séries temporais partem do princípio de que a demanda atual projetará a demanda futura, sem a influência de outras variáveis, pois, os métodos estatísticos buscam caracterizar padrões de comportamento para usá-los na previsão de valores futuros (TUBINO, 2017).

Desta forma, a análise de uma série temporal tem os principais objetivos destacados a seguir:

1. Investigar o mecanismo gerador da série temporal;
2. Fazer previsões de valores futuros da série a curto e longo prazo;
3. Descrever o comportamento da série, verificando distorções e tendências;
4. Localizar periodicidades relevantes nos dados.

No caso da pesquisa, um dos objetivos específicos é fazer previsões de demandas futuras de obras, a partir de dados históricos das obras de pavimentação no DF. Contudo, os modelos de

previsão de séries temporais, por diversas vezes, exibem fortes tendências e variações sazonais que apresentam desafios no desenvolvimento de modelos de previsão efetivos, de maneira a melhorar a qualidade das previsões, o que permite aos gestores tomarem decisões estratégicas e de planejamento em diversas áreas, tais como: sistema de produção, distribuição, marketing, vendas, finanças e pessoal, na programação certa de outras atividades essenciais ao processo industrial, fluxo de caixa, vendas, estoques, mão de obra e compras, enfim, permitindo estimar adequadamente recursos e atividades da empresa (LIMA, CASTRO & CARTAXO, 2019).

A precisão e a acurácia das previsões são resultados da escolha do método de previsão, do nível de sofisticação do modelo e da base de dados existente. No caso dos modelos de séries temporais, o histórico dos dados é utilizado para prever os valores futuros da demanda, baseado na ideia de que observações passadas possuem informações sobre padrões de comportamento da série, podendo ser adequado quando a demanda não sofre variações expressivas de um ano para outro, exigindo grande número de dados, devido à natureza quantitativa. (LUTKEPOHL; KRATZIG, 2004).

De acordo com Dias, a gestão dos espaços para beneficiamento dos resíduos da construção civil em João Pessoa foi possível a partir da aplicação de modelos de séries temporais com dados históricos de 2013 a 2016 de geração e recebimento dos RCC na usina daquela cidade, o que resultou em previsões de curto e longo prazos para tomada de decisão na ampliação programada da usina. (DIAS et al, 2017).

Outro estudo foi realizado para obtenção de previsões de demandas futuras no setor de calçados que serviu para tomada de decisão estratégica quanto a produção e alocação de recursos no setor calçadista. Desta forma, foi aplicado o modelo autorregressivo integrado de médias móveis – SARIMA, diante de suas vantagens enumeradas pela literatura e por ser uma série não estacionária. (LEE; KO, 2011; ROSSI; NEVES, 2014).

Os modelos probabilísticos adequados para dados de séries temporais são chamados de processos estocásticos, definidos como uma coleção de variáveis aleatórias ordenadas no tempo e definidas em um conjunto, realizados em uma única observação da variável aleatória no tempo  $t$ . Desta forma, alguns processos estocásticos são utilizados com frequência, tais como: sequência aleatória (AS), passeio aleatório (PA), média móvel (MA), autorregressivos



(AR), autocorrelações parciais (ARp), modelos mistos (ARMA), modelos ARMA integrados (ARIMA p, d, q), dentre outros.

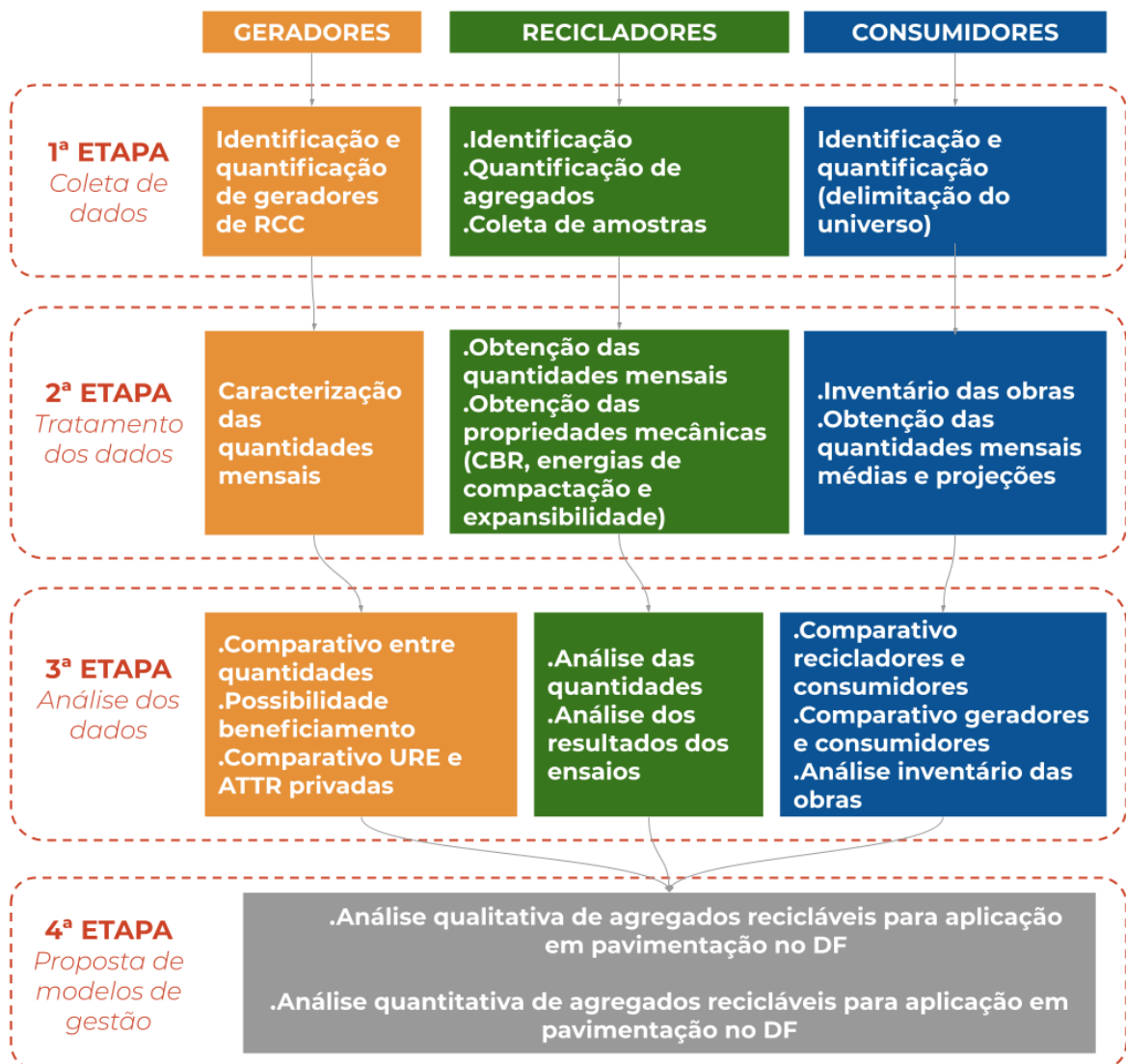
Como já afirmado, a classe de modelo ARIMA é a mais robusta e mais utilizada na literatura. Contudo, quando a variância da série não é constante, pode-se utilizar o modelo GARCH. Desta forma, pode-se ajustar um modelo ARIMA para a média e um modelo GARCH para modelagem da variância como foi feito no estudo hidrológico do Yellow River, na China (WANG et al, 2005).

Como os diversos métodos de previsão não são exatos, pois sempre haverá erros envolvidos, é de fundamental importância testar o comportamento dos dados da série antes de seguir com as previsões. Os testes mais utilizados com o objetivo de avaliar as características são: Normalidade (teste de Kolmogorov-Smirnov; Anderson-Darling e Shapiro-Wilk), Sazonalidade (Kruskal-Wallis e Friedman), Tendência (Wald-Wolfowitz; Cox-Stuart; Mann-Kendall e Cuzik), Correlação (Pearson; Spearman e Durbin-Watson) e Estacionariedade (Dickey-Fuller Aumentado; Phillips-Perron e KPSS). (FARREL; STEWART, 2006; SOUZA; SAMOHYL; MIRANDA, 2008).

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve a metodologia aplicada para proposição de modelo de análise à gestão dos agregados recicláveis para uso em obras públicas de pavimentação no DF, a partir de dados coletados em três ambientes de pesquisa: produção de RCC (geração e destinação); na produção de agregado reciclado (beneficiamento do RCC); e no uso do agregado reciclado para produção de pavimentos. Desta forma, os procedimentos metodológicos foram divididos em quatro etapas principais, distintas e sequenciais, conforme mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Fluxograma das etapas metodológicas aplicadas à pesquisa



Fonte: Autoria própria, 2021

A pesquisa tem por objeto a avaliação do potencial de uso de agregados provenientes da construção civil no sistema de pavimentação no DF. Para isso, no ambiente dos consumidores, identificou-se que o universo dos executores de obras de pavimentação está

diretamente vinculado as obras públicas, como já exposto no item 2.3.2.2, já que a maioria da execução de vias no DF é de responsabilidade de organismos públicos.

### **3.1 ETAPA 1: COLETA DE DADOS**

#### **3.1.1 Geradores de RCC no DF**

Os dados relativos à geração de resíduos sólidos no Distrito Federal para identificação dos principais geradores e localidades de manejo são obtidos a partir de consulta aos registros oficiais, em destaque:

- Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PDGIRS do DF, publicado em 2017;
- PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2017);
- Site [www.Novacap.df.gov.br](http://www.Novacap.df.gov.br) para identificação de jazidas de agregado natural no DF;
- Site [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) para obtenção de projeções populacionais para o DF;
- Relatórios do Serviço de Limpeza Urbana – SLU sobre geração de RCC no DF.

Além da pesquisa documental, surgiu a necessidade de visita ao local de manejo de resíduos sólidos do Distrito Federal, Unidade de Recebimento de Entulhos - URE, localizada na Cidade Estrutural – DF (URE-Estrutural) para visualização e obtenção de informações relacionadas ao procedimento de identificação da origem e quantificação dos resíduos dispostos naquela localidade.

#### **3.1.2 Recicladoras RCC no DF**

No cenário atual do Distrito Federal, o processo de produção do agregado reciclado proveniente do RCC é feito nas Áreas de Transbordo, Triagem e Reciclagem de Resíduos da Construção Civil – ATTR. Para identificação das empresas recicladoras de agregados provenientes de RCC no DF e definição do potencial de produção às obras de pavimentação, é necessário:

- Pesquisa ao site [www.so.df.gov.br](http://www.so.df.gov.br), da Secretaria de Obras do Distrito Federal, na aba do Comitê Gestor de Resíduos Sólidos do DF;

- Pesquisa ao site [www.Novacap.df.gov.br](http://www.Novacap.df.gov.br), da Novacap;
- Identificação das principais empresas recicladoras de agregados de RCC no DF;
- Identificação do tipo de agregado e da quantidade de produção das empresas recicladoras no DF;
- Visita a uma empresa recicladora autorizada, para identificação e quantificação dos agregados produzidos, bem como obtenção de amostras para caracterização em laboratório.

### ***3.1.3 Consumidores potenciais de agregado reciclado no DF***

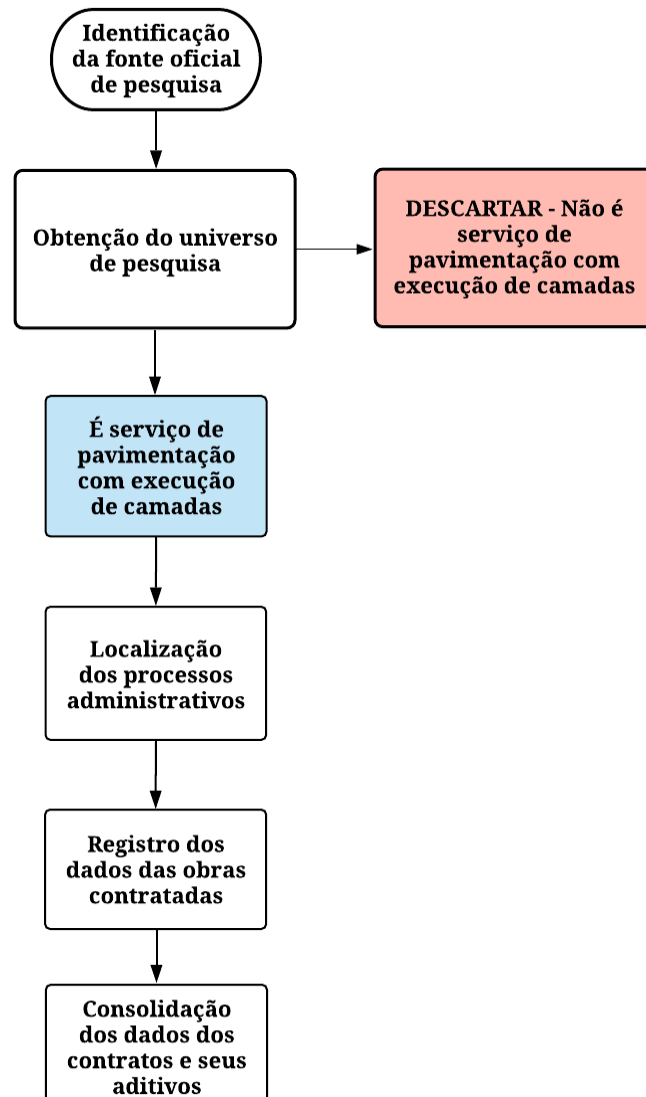
Esta etapa abrange a identificação dos consumidores potenciais para uso de agregado reciclado em obras de pavimentação no DF, para fins de delimitação do universo da pesquisa, na implantação de camadas de subleito e sub-base. Desta forma, o levantamento dos dados engloba pesquisa documental para obtenção e cadastramento de informações de obras de pavimentação executadas no âmbito do Distrito Federal, com o objetivo de criação de um modelo de consumo de agregados reciclados no DF.

Diante de diversos consumidores potenciais, o estudo restringiu-se a obras públicas de pavimentação realizadas entre os anos de 2009 e 2018, tendo em vista que a pesquisa documental iniciou em julho de 2019 e o controle de deposição de RCC na URE da Estrutural iniciou em janeiro de 2018, o que possibilita a realização de comparativos nos três ambientes da pesquisa, em mesmo período de dados. Assim, os documentos primordiais à consulta aos órgãos para esta etapa da pesquisa são:

- Planilhas orçamentárias contratuais com dados das obras de pavimentação do intervalo de tempo definido, de contratos concluídos; e
- Relatórios com dados de execução de obras diretas de pavimentação do intervalo de tempo definido, realizadas pelo DER/DF e Novacap.

Para delimitação dos dados necessários à pesquisa, seguiu-se a sequência apresentada na Figura 12.

Figura 12 - Fluxograma com sequência metodológica aplicada à pesquisa documental (Etapa 1)



Fonte: autoria própria, 2021

## 3.2 ETAPA 2: TRATAMENTO DOS DADOS

### 3.2.1 Geradores de RCC no DF

Para a quantificação, em toneladas, de resíduos sólidos da construção civil no DF, foram utilizadas as informações obtidas na etapa de levantamento de dados de geração de RCC no DF, a partir de três fontes: pelo índice per capita constante no PDGIRS, pela visita a URE da Estrutural e pelos relatórios de SLU.

### 3.2.2 Recicladoras de RCC no DF

A partir das informações coletadas na etapa de levantamento de dados da pesquisa, foi possível identificar as principais recicladoras instaladas no DF e dispor esses dados em quadro com informações básico: nome, localização, licença ambiental e atividade autorizada.

Além disso, com as identificações de jazidas de agregados naturais e da URE da Estrutural, obteve-se as distâncias, em paralelo com as empresas recicladoras do DF, mapeando os atuais fornecedores de agregados naturais e reciclados no DF.

Adicionalmente, com a visita a uma recicladora foi possível catalogar os tipos e quantidades de agregados reciclados produzidos por ano, bem como realizar ensaios em amostras de agregados coletados, para verificação de atendimento aos requisitos específicos da norma brasileira para camadas de pavimentação, conforme item a seguir.

#### 3.2.2.1 Caracterização de agregados de RCC produzidos no DF

De acordo com o item 2.2.4 – Normatização para reciclagem de RCC e RCD para uso em pavimentação, do Capítulo 2, além da obtenção de dados que comprovam a produção de agregados reciclados no DF, para que se possa avaliar a potencialidade de aplicação dos mesmos em camadas de pavimento, é imprescindível atendimento aos requisitos específicos da Tabela 2, da ABNT NBR 15116:2004, conforme Tabela 9, a seguir.

Tabela 9 - Requisitos específicos para agregado reciclado destinado a pavimentação

<b>Aplicação</b>	<b>ISC (CBR) (%)</b>	<b>Expansibilidade (%)</b>	<b>Energia de compactação</b>
Material para reforço de subleito	$\geq 12$	$\leq 1$	normal
Material para revestimento primário e sub-base	$\geq 20$	$\leq 1$	intermediária
Material para de base de pavimento (1)	$\geq 60$	$\leq 0,5$	Intermediária ou modificada
Dimensão máxima característica	$\leq 63$ mm	Material passante na peneira de 0,42 mm	10% a 40%

Fonte: Tabela 2, ABNT NBR 15.116:2004

Observa-se a partir da tabela 9 que para as amostras de agregados reciclados coletadas em uma empresa recicladora foi possível realizar os ensaios de Índice Suporte Califórnia (ISC), expansibilidade e energia de compactação, a fim de avaliar atendimento aos requisitos para uso em pavimentação.

Como parâmetro às amostras a serem ensaiadas, adotou-se proporções de 20%, 30% e 40% de agregado e 80%, 70% e 60% de argila, respectivamente, com base nos estudos de Cunha, 2011; Arulrajahi, 2013; Xuan, Molennar e Houben, 2015; Reis et al., 2018; Akhtar e Samah, 2018; e Cabalar et al. 2018, destacados no item 2.3.2.3.

### 3.2.3 Consumidores potenciais de agregados reciclados de RCC no DF

Com a consulta aos processos administrativos das obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, foi possível estipular as informações relevantes à pesquisa, extraídas de contratos e seus anexos, conforme se segue:

Quadro 5 – Sumarização dos dados das obras contratadas obtidos a partir da consulta aos processos administrativos da Novacap e do DER/DF para o período 2009 a 2018

<b>Dado</b>	<b>Definição/Finalidade</b>
Número do contrato	Identificação da obra
Objeto contratado	Execução de serviços de pavimentação em camadas em diversos locais do DF
Prazo de execução	Número de meses do contrato e seus aditivos (quando houver)
Valor total	Valor total em real do contrato e seus aditivos (quando houver)
Data de início	Dia, mês e ano de início dos serviços
Data de término	Dia, mês e ano de término dos serviços, com prorrogações de prazo (quando houver)
Quantidade total da camada de subleito *	Quantidade total em m <sup>3</sup> da camada de subleito executada em todo o período de contrato e seus aditivos (quando houver)
Quantidade total da camada de sub-base*	Quantidade total em m <sup>3</sup> da camada de sub-base executada em todo o período de contrato e seus aditivos (quando houver)
Quantidade total da camada de base *	Quantidade total em m <sup>3</sup> da camada de base executada em todo o período de contrato e seus aditivos (quando houver)

(\*) Dados separados por camada de pavimento tendo em vista diferentes requisitos normativos, conforme as ABNT NBR 15115:2004 e ABNT NBR 15116:2004.

Fonte: autora (2021)

Desta forma, as informações constantes no Quadro 5 são registradas em fichas cadastrais A1/n e A2/n, conforme modelo mostrado nos APÊNDICES A e B, onde, nas **FICHAS “A1/n”**, com dados de obras contratadas pelo Novacap, onde, “A” é o tipo de ficha, “1” refere-se a Novacap e “n” refere-se ao número de identidade da obra cadastrada para os anos de 2009 a 2018, e, nas **FICHAS “A2/n”**, com dados de obras contratadas pelo DER/DF, onde, “A” é o tipo de ficha, “2” refere-se ao DER/DF e “n” refere-se ao número de identidade da obra cadastrada para os anos de 2009 a 2018.

As quantidades totais de cada camada de pavimentação, em m<sup>3</sup>, registradas nas Fichas A1/n e A2/n, são imprescindíveis à obtenção das quantidades mensais executadas das camadas de

pavimentação, vez que na pesquisa documental não foram identificados outros registros que apresentem a realização dos serviços mês a mês.

### 3.2.3.1 *Obtenção das quantidades mensais das camadas de pavimentação*

A partir das fichas A1/n e A2/n, das quantidades totais de cada camada de pavimento e do prazo, em meses, foram calculadas as quantidades mensais de cada camada de pavimento e dispostas em fichas denominadas C1 e C2, para Novacap e DER/DF, respectivamente, conforme modelos apresentados nos APÊNDICES C e D.

A quantidade mensal de cada uma das camadas: subleito, sub-base e base dos pavimentos foi determinada a partir da divisão da quantidade total executada para cada camada pelo número total de meses de execução do serviço. Isto é,

$$C1 \text{ mensal (m}^3\text{)} = \frac{C1 \text{ total (m}^3\text{)}}{n} \quad (2)$$

Onde:

C1 total = quantidade total, em m<sup>3</sup>, da camada de subleito executada em todo o contrato;

n = número de meses de execução de todo o contrato;

C1 mensal = quantidade mensal, em m<sup>3</sup>, da camada de subleito.

$$C2 \text{ mensal (m}^3\text{)} = \frac{C2 \text{ total (m}^3\text{)}}{n} \quad (3)$$

Onde:

C2 total = quantidade total, em m<sup>3</sup>, da camada de sub-base executada em todo o contrato;

n = número de meses de execução de todo o contrato;

C2 mensal = quantidade mensal, em m<sup>3</sup>, da camada de sub-base.

$$C3 \text{ mensal (m}^3\text{)} = \frac{C3 \text{ total (m}^3\text{)}}{n} \quad (4)$$

Onde:

C3 total = quantidade total, em m<sup>3</sup>, da camada de base executada em todo o contrato;

n = número de meses de execução de todo o contrato;

C3 mensal = quantidade mensal, em m<sup>3</sup>, da camada de base.



O registro das quantidades mensais de cada camada de pavimento foi consolidado nas fichas denominadas C1 e C2, conforme modelos apresentados nos APÊNDICES C e D. E posteriormente, a soma dos dois órgãos é apresentada nos APÊNDICES J e K, das camadas de subleito, sub-base e base executadas entre 2009 e 2018.

Para obtenção da variável “km/faixa-padrão de via” é considerada a execução de faixa de 3,50 metros de largura e espessura de camada de 0,20 metros, conforme determina o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas, IPR – 740, do DNIT (2010). Desta forma, foi calculada conforme mostrado a seguir.

- Para camada de subleito:

$$\text{Extensão da faixa C1} = \frac{\text{Volume da camada}}{3,5\text{m} \times 0,2\text{m}} \times \frac{1}{1000} \quad (5)$$

Extensão da faixa de C1 em km;

Quantidade da camada = total, em m<sup>3</sup>, da camada C1;

Largura padrão da faixa = 3,50 metros;

Espessura média da camada C1 = 0,20 metros.

- Para camada de sub-base:

$$\text{Extensão da faixa C2} = \frac{\text{Volume da camada}}{3,5\text{m} \times 0,2\text{m}} \times \frac{1}{1000} \quad (6)$$

Onde:

Extensão da faixa de C2 em km;

Quantidade da camada = total em m<sup>3</sup> da camada C2;

Largura padrão da faixa = 3,50 metros;

Espessura média da camada C2 = 0,20 metros.

- Para camada de base:

$$\text{Extensão da faixa C3} = \frac{\text{Volume da camada}}{3,5\text{m} \times 0,2\text{m}} \times \frac{1}{1000} \quad (7)$$

Onde:

Extensão da faixa de C3 em km;  
 Quantidade da camada = total em m<sup>3</sup> da camada C3;  
 Largura padrão da faixa = 3,50 metros;  
 Espessura média da camada C3 = 0,20 metros.

Dessa forma, a consolidação dessas informações é disposta no APÊNDICE L.

### 3.2.3.2 *Obtenção da projeção futura de execução de camadas de pavimento a partir de modelo estatístico*

Com os dados (período investigado) documentados nas planilhas e fichas citadas em 3.2.3.1 e APÊNDICE J, foi possível realizar análise e tratamento desses dados a fim de obtenção de demanda futura de agregados reciclados para uso em pavimentação no DF. Para isso, são necessárias a sistematização e a modelagem dos dados obtidos para auxiliar nas estimativas de consumo em futuras obras, de acordo com cenários propostos ao Distrito Federal.

No caso específico da pesquisa, adotou-se a análise de séries temporais na metodologia de Box e Jenkins, utilizada para construção de modelos estatísticos paramétricos para séries temporais univariadas e que consiste numa proposição para ajuste de modelos lineares estacionários ou não estacionários a uma série de tempo observada. Desta forma, a série de quantidades das camadas de subleito, sub-base e base, C1, C2 e C3, executadas no período de 120 meses de avaliação foi analisada, pois a característica principal é a presença de dependência entre os dados observados em tempos diferentes e, especialmente, com análise e modelagem dessa dependência.

Para efeito da análise da série temporal, desmembrou-se essas séries em três componentes: tendência (Tt), sazonalidade (St) e erro (Et), que tem como objetivo descrever as propriedades da série a fim de prever valores futuros com base em valores observados anteriormente. Onde:

- Tendência (Tt): propriedade de uma série temporal que representa tanto o padrão de crescimento quanto de decrescimento em um certo período do tempo, como a velocidade em que isso ocorre, ou seja, é a análise do deslocamento da série ao longo do tempo. Uma série é chamada estacionária quando a série não apresenta tendência. Neste caso é realizado o Teste de Dickey-Fuller, que verifica se a série é estacionária ou não-estacionária, testando se ela possui raiz unitária, com as seguintes hipóteses:

- $H_0$ : A série é não-estacionária, ou seja, há tendência;
- $H_1$ : A série é estacionária, ou seja, não há tendência.
- Sazonalidade ( $St$ ): propriedade de uma série temporal que representa um tipo de comportamento que tende a se repetir a cada período, ou seja, é a análise do movimento ondulatório em um curto prazo. Pode ser classificada de duas maneiras:
  - Aditiva, em que a série apresenta flutuações sazonais constantes não importando o nível global da série;
  - Multiplicativa, em que o tamanho das flutuações sazonais varia dependendo do nível global da série.
- Erro ( $Et$ ): para identificação do tipo de erro é realizado teste de hipóteses, que fornece metodologia para verificar se os dados das amostras possuem indicativos que comprovem, ou não, uma hipótese previamente formulada. Ele é composto por duas hipóteses, cuja decisão é tomada por meio da construção de uma região crítica, ou seja, região de rejeição do teste.
  - $H_0$ : hipótese a ser testada (chamada de hipótese nula);
  - $H_1$ : hipótese alternativa que será aceita caso a hipótese nula seja rejeitada.

Logo, os tipos de erros são:

- Erro do Tipo I: esse erro é caracterizado por rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ) quando essa é verdadeira. A probabilidade associada a esse erro é denotada por  $\alpha$ , também conhecido como nível de significância do teste.
- Erro do Tipo II: ao não rejeitar  $H_0$  quando, na verdade, é falsa, está sendo cometido Erro do Tipo II. A probabilidade de se cometer este erro é denotada por  $\beta$ .
- Nível de significância ( $\alpha$ ): nome dado à probabilidade de se rejeitar a hipótese nula quando essa é verdadeira; essa rejeição é chamada de erro do tipo I. O valor de  $\alpha$  é fixado antes da extração da amostra e, usualmente, assume 5%, 1% ou 0,1%. No caso da pesquisa, adotou-se o nível de significância de  $\alpha = 0,05$  (5%) significa que, se for tomada uma grande quantidade de amostras, em 5% delas a hipótese nula será rejeitada quando não havia evidências para essa rejeição, isto é, a probabilidade de se tomar a decisão correta é de 95%.

Para obtenção dos componentes: tendência, sazonalidade e erro, utilizou-se a Decomposição Aditiva ou a Decomposição Multiplicativa, que auxilia na compreensão da formação dos resultados usando a adição e a multiplicação. Contudo, devido às peculiaridades relativas ao conjunto de dados da pesquisa, são necessárias técnicas específicas para a análise e previsão dos próximos pontos dessa sequência. Sendo assim, as principais técnicas de descrição e modelagem de séries temporais utilizados na metodologia de análise dos dados estão descritas a seguir.

#### 3.2.3.2.1 Função de autocorrelação

A Função de AutoCorrelação (ACF) é uma importante medida descritiva de uma série temporal, pois descreve a correlação que existe entre as observações e suas vizinhas de *lag*  $k$ , ou seja, entre as observações atuais e anteriores. Além disso, é uma ferramenta usada para encontrar padrões nos dados, cujos cálculos são realizados partindo da premissa que a série é estacionária, ou seja, que a média se mantém constante ao longo do tempo e a autocovariância é constante para pontos com a mesma defasagem.

#### 3.2.3.2.2 Função de autocorrelação parcial

A Função de AutoCorrelação Parcial (PACF) é uma medida de correlação entre as observações de uma mesma série temporal em diferentes momentos do tempo, ou seja, correlações entre observações defasadas, que permite avaliar o efeito de um *lag*, sem levar em conta o efeito de *lags* anteriores. Como resultado direto, a PACF pode ser útil na escolha do melhor modelo para os dados.

#### 3.2.3.2.3 Modelos Probabilísticos

Na modelagem dos dados da pesquisa foram utilizadas duas classes de modelos: ARIMA, por ser o mais robusto e mais difundido na literatura, e; GARCH, por ser necessário utilizar quando a variância da série não é constante com o tempo. Sendo assim, pode-se ajustar o modelo ARIMA para a média e o modelo GARCH para modelagem da variância, conforme explicações a seguir.

##### A. Modelo ARIMA

O modelo autorregressivo integrado de médias móveis – *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) ( $p; d; q$ ) é utilizado em casos de séries não-estacionárias, mas que se

tornam por meio da diferenciação. Nesse modelo,  $p$  representa a ordem do modelo autorregressivo (AR),  $d$  o número de diferenças necessárias para tornar a série estacionária e  $q$  a ordem do modelo de médias móveis (MA).

O modelo ARIMA também é conhecido como Metodologia de Box e Jenkins (1976), com séries temporais cujos pressupostos são série temporal estacionária, erros não correlacionados, com média 0 e variância constante.

Como os métodos de identificação dos parâmetros do modelo ARIMA são subjetivos e de difícil implementação, optou-se pela seleção automática proposta por Hyndman e Khandakar, que consiste em, primeiramente, definir o número de diferenciações necessárias para que a série se torne estacionária. Para isso são testadas diferenciações de várias ordens até que a hipótese nula de estacionariedade não seja rejeitada pelo teste KPSS, que determina se a série é ou não estacionária. E, em um segundo momento, em que a série já é tida como estacionária, identifica-se os parâmetros  $p$  e  $q$  analisando todas as combinações possíveis de  $p$  e  $q$ , ambos variando de 0 a 5. E, finalmente, escolhe-se a combinação que possui o menor AIC, que mede quanto de informação o modelo perde pela modelagem.

## B. Modelos ARCH e GARCH

O modelo Autoregressivo Condicionalmente Heteroscedástico (ARCH) é um modelo que molda a variância das séries, sendo o GARCH um modelo específico de generalização do modelo ARCH, baseado no ajuste de modelos mistos ARMA, aplicado com a finalidade de modelar a variância das séries, pois algumas séries apresentam a variância condicional variando com o tempo.

## C. Testes

Os testes são utilizados para verificar se o modelo é adequado e se os resíduos seguem a distribuição no momento de construção dos intervalos de confiança. Desta forma, no caso da pesquisa, foram utilizados os seguintes testes.

### C.1 Teste KPSS

Teste aplicado para determinação se a série é estacionária.

### C.2 Teste de Ljung-Box

Teste aplicado para análise para verificação se os resíduos dos modelos são independentes.

### C.3 Teste de McLeod-Li

Teste aplicado para verificação quanto a variância dos erros do modelo, se é constante ou não. Por isso testa se existe o efeito de modelos ARCH nos resíduos da série.

### C.4 Teste Shapiro-Wilk

Teste aplicado para verificação se a distribuição segue normal ou não.

Ao final, a modelagem mista utilizando o modelo ARIMA e o GARCH identificou parâmetros de previsão futura de execução das três camadas, C1, C2 e C3, inclusive com previsões intervalares no limite inferior de 5% e limite superior de 95%, que possibilitam a análise de cenários futuros para consumo em obras de pavimentação.

## 3.3 ETAPA 3: ANÁLISE DOS DADOS

### 3.3.1 Geradores de RCC no DF

Com a sistematização dos dados das três fontes de pesquisa, foi possível realizar um comparativo entre as quantidades geradas de resíduos de RCC no DF para servir de parâmetro para reciclagem e uso potencial em pavimentação, desde que beneficiados e certificados.

Com as observações “*in loco*” à URE da Estrutural somadas as regulamentações locais, foi possível traçar o panorama atual sobre manejo de RCC no DF com aplicação na avaliação da capacidade de beneficiamento no DF.

### 3.3.2 Recicladoras de RCC no DF

Com os dados sistematizados das recicladoras autorizadas no DF, é possível obter um panorama atual e discutir as tendências da produção de agregados reciclados no DF, para atendimento às estimativas de demandas futuras em obras de pavimentação. Além disso, os tipos, quantidades e qualidade de agregados reciclados produzidos por uma das recicladoras podem indicar a viabilidade técnica para uso desses agregados em pavimentação, a partir dos resultados dos ensaios ISC (CBR), expansibilidade e energia de compactação.

### 3.3.3 *Consumidores de agregados de RCC no DF*

Com os registros das quantidades mensais de cada camada de pavimento consolidados: subleito, sub-base e base, e a soma dessas quantidades, entre 2009 e 2018 dos dois órgãos sistematizados, foi possível:

- Identificar e analisar a evolução das obras de pavimentação no DF em uma década;
- Prever cenários futuros de consumo de agregados reciclados em substituição aos agregados usuais na execução de subleitos e sub-bases de pavimento;
- Calcular a quantidade média mensal de execução de subleito e sub-base, com identificação de meses de maior consumo de agregado;
- A partir da análise quantitativa e qualitativa de agregados recicláveis produzidos no DF, propor a criação de indicadores para uso na camada subleito do sistema de pavimentação.

## 3.4 PROPOSTA DE MODELOS

### 3.4.1 *Modelo de Análise Quantitativa de Agregados Reciclados para Uso em Pavimentação*

Um modelo de avaliação do volume potencial necessário de agregados reciclados para uso nas obras de pavimentação é proposto a partir dos seguintes dados:

- Projeção de demandas futuras na execução das camadas de pavimento a partir dos dados coletados;
- Produção atual de agregados reciclados no DF, a partir de pesquisa a produtores locais;
- Produção futura de agregados reciclados a partir do beneficiamento dos RCC depositados na URE-Estrutural;
- Projeção da população do DF.

Com os dados e diante do registro oficial do índice per capita de geração de resíduos de RCC disponível, foi possível fazer um paralelo e encontrar um **índice per capita (Iper)** de

agregado reciclado necessário a atender as obras de pavimentação no DF, considerando quatro cenários de aplicação, quais sejam:

- Cenário 1 - Pela média aritmética, considerando as proporções em volume de 20%, 30% e 40% de agregado reciclado e 80%, 70% e 60% de argila, na mistura, para execução das camadas de pavimento;
- Cenário 2 - Pela previsão pontual, considerando as proporções em volume de 20%, 30% e 40% de agregado reciclado e 80%, 70% e 60% de argila, na mistura, para execução das camadas de pavimento;
- Cenário 3 - Pela previsão no limite inferior de 5%, considerando as proporções em volume de 20%, 30% e 40% de agregado reciclado e 80%, 70% e 60% de argila, na mistura para execução das camadas de pavimento;
- Cenário 4 - Pela previsão no limite superior de 95%, considerando as proporções de 20%, 30% e 40% de agregado reciclado e 80%, 70% e 60% de argila, na mistura para execução das camadas de pavimento.

Desta maneira, as fórmulas utilizadas, tanto para camada C1 quanto para C2, são:

1. Cenário 1:

$$I_{\text{per média1}} = \frac{P_{\text{tm}} \times 20\%}{\text{Pop DF}} \quad (8)$$

$$I_{\text{per média2}} = \frac{P_{\text{tm}} \times 30\%}{\text{Pop DF}} \quad (9)$$

$$I_{\text{per média3}} = \frac{P_{\text{tm}} \times 40\%}{\text{Pop DF}} \quad (10)$$

Onde:

$I_{\text{per média1}}$  = índice per capita a partir da previsão de execução de camada de pavimento pela média aritmética, em ton.hab/ano;

$P_{\text{tm}}$  = quantidade total previsto para execução de camada de pavimento a partir da média aritmética, em tonelada;

$\text{Pop DF}$  = população do DF em 2019, em habitantes.



## 2. Cenário 2:

$$I_{\text{per prev1}} = \frac{P_{\text{tp}} \times 20\%}{\text{Pop DF}} \quad (11)$$

$$I_{\text{per prev2}} = \frac{P_{\text{tp}} \times 30\%}{\text{Pop DF}} \quad (12)$$

$$I_{\text{per prev3}} = \frac{P_{\text{tp}} \times 40\%}{\text{Pop DF}} \quad (13)$$

Onde:

$I_{\text{per prev1}}$  = índice per capita a partir da previsão de execução de camada de pavimento pela previsão pontual, em ton.hab/ano;

$P_{\text{tp}}$  = peso total previsto para execução de camada de pavimento, a partir da previsão pontual, em tonelada;

$\text{Pop DF}$  = população do DF em 2019, em habitantes.

## 3. Cenário 3:

$$I_{\text{per liminf1}} = \frac{P_{\text{tinf}} \times 20\%}{\text{Pop DF}} \quad (14)$$

$$I_{\text{per liminf2}} = \frac{P_{\text{tinf}} \times 30\%}{\text{Pop DF}} \quad (15)$$

$$I_{\text{per liminf3}} = \frac{P_{\text{tinf}} \times 40\%}{\text{Pop DF}} \quad (16)$$

Onde:

$I_{\text{per liminf5}}$  = índice per capita a partir da previsão de execução de camada de pavimento pela previsão do limite inferior de 5%, em ton.hab/ano;

$P_{\text{tinf}}$  = quantidade total previsto para execução de camada de pavimento a partir da previsão do limite inferior de 5%, em tonelada;

$\text{Pop DF}$  = população do DF em 2019, em habitantes.

## 4. Cenário 4:

$$I_{per\ limsup95} = \frac{P_{tsup} \times 20\%}{Pop\ DF} \quad (17)$$

$$I_{per\ limsup95} = \frac{P_{tsup} \times 30\%}{Pop\ DF} \quad (18)$$

$$I_{per\ limsup95} = \frac{P_{tsup} \times 40\%}{Pop\ DF} \quad (19)$$

Onde:

$I_{per\ limsup95}$  = índice per capita a partir da previsão de execução de camada de pavimento (C1 ou C2) pela previsão do limite superior de 95%, em ton.hab/ano;

$P_{tsup}$  = quantidade total previsto para execução de camada de pavimento, a partir da previsão do limite superior de 95%, em tonelada;

$Pop\ DF$  = população do DF em 2019, em habitantes.

A partir dos cálculos descritos, foi possível sistematizá-los num quadro comparativo para fins de adoção do maior valor do  $I_{per}$  por representar o índice de maior segurança na previsão de agregados reciclados para obras futuras, diante dos cenários prováveis de previsões futuras de consumo em obras públicas de pavimentação.

### ***3.4.2 Modelo de análise qualitativa de agregados reciclados para uso exclusivo em pavimentação***

Com a obtenção dos dados de produção de agregado reciclado no DF e com a determinação da norma brasileira quanto aos requisitos específicos para uso de agregados reciclados em obras de pavimentação, foi possível realizar a sistematização de itens de avaliações imprescindíveis a aceitação e a certificação de agregados reciclados para uso exclusivo em camadas de subleito, sub-base ou, até mesmo, em base.

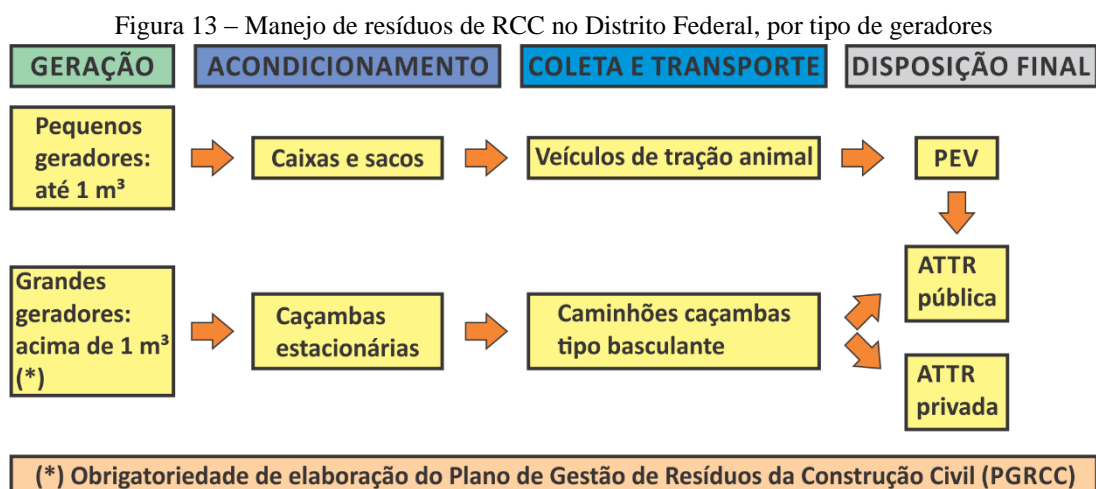
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 GERADORES DE RCC NO DF

De acordo com a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 05 de julho de 2002, e Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, os geradores de resíduos da construção civil são pessoas físicas ou jurídicas, responsáveis por atividades que geram tais resíduos, cabendo aos mesmos a responsabilidade de realização de serviços de coleta, armazenamento e transporte até a destinação final adequada (BRASIL, 2002 e BRASIL, 2010).

No Distrito Federal (DF), a Lei nº 4.704, de 20 de dezembro de 2011, dispõe sobre a base da gestão integrada dos RCC, em consonância com a Lei Federal nº 12.305/2010, estabelecendo definições, diretrizes e ações específicas sobre o manejo dos resíduos sólidos no DF a serem seguidas pelo poder público e pelos geradores. Desta forma, foram definidos dois tipos de geradores diante de dois processos distintos de deposição e transporte dos RCC: os pequenos geradores, aqueles que são responsáveis pela geração, acondicionamento e transporte de RCC, cujo volume é inferior a 1 m<sup>3</sup>; e os grandes geradores, aqueles cujo volume é superior a 1m<sup>3</sup> (DISTRITO FEDERAL, 2011).

Na sequência, em 2018, o Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDGIRS) definiu instrumentos para implantação de ações articuladas, proporcionando clareza no fluxo de responsabilidades dos pequenos e dos grandes geradores, conforme ilustra a Figura 13.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Destaca-se, a partir da Figura 13, que, o manejo de RCC acontece de duas maneiras: uma quando o volume transportado é menor ou igual a 1 m<sup>3</sup> (pequeno gerador) e outra quando o volume transportado é maior que 1 m<sup>3</sup> (grande gerador). No caso dos grandes geradores de RCC, há obrigatoriedade de elaboração do Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) antes mesmo da geração dos resíduos, do acondicionamento em caçambas, da coleta e do transporte por veículos cadastrados no Serviços de Limpeza Urbana (SLU) até a Unidade de Recebimento de Entulhos, da Cidade Estrutural (URE-Estrutural), inclusive com pagamento da taxa por tonelada depositada. No caso dos pequenos geradores, após a deposição dos resíduos nos PEV's, o SLU transporta tais resíduos até a URE-Estrutural.

Com relação a quantidade de geração de RCC no DF, dados do SLU apontam que o índice per capita é da ordem de 0,85 t/hab.ano para o ano de 2015, ou seja, para a projeção da população de 2.848.633 habitantes, a geração de RCC foi da ordem de 2.421.338 toneladas (DISTRITO FEDERAL, 2018).

Além disso, de acordo com o Serviço de Engenharia Consultiva Ltda – SERENCO, a geração de RCC no DF foi da ordem de 1,5 milhões de toneladas no ano de 2017, ou seja, dois anos após a referência do SLU, por índice per capita, há indicativos de que houve redução na geração de RCC. Dados mais recentes obtidos em relatórios do SLU de 2018, 2019 e 2020 comprovam que a deposição de RCC na URE-Estrutural está na ordem de 1,5 toneladas no ano de 2020.

Desta forma, foi elaborada a consolidação desses dados em dois períodos distintos: entre 2009 a 2018 referente aos dados das obras e 2019/2020 referente a projeção das obras, conforme mostrado na Tabela 10, a seguir.

Tabela 10 – Geração de RCC, em toneladas, por diferentes fontes de pesquisa

<b>Período</b>	<b>Ano</b>	<b>Geração de RCC (tonelada)</b>	<b>Deposição de RCC* (tonelada)</b>	<b>Fonte de pesquisa</b>
Dados da pesquisa	2009 a 2014	-	-	Sem dados
	2015	2.421.338	-	PGDIRS de 2018
	2017	1.500.000	-	SERENCO de 2017
	2018	-	1.303.662	Relatório Anual de 2019 do SLU
Projeção de consumo	2019	-	1.423.028	Relatório Anual de 2019 do SLU
	2020	-	1.588.570	Relatório Anual de 2020 do SLU

(\*) Quantidades de deposição de RCC somente em ATTR pública

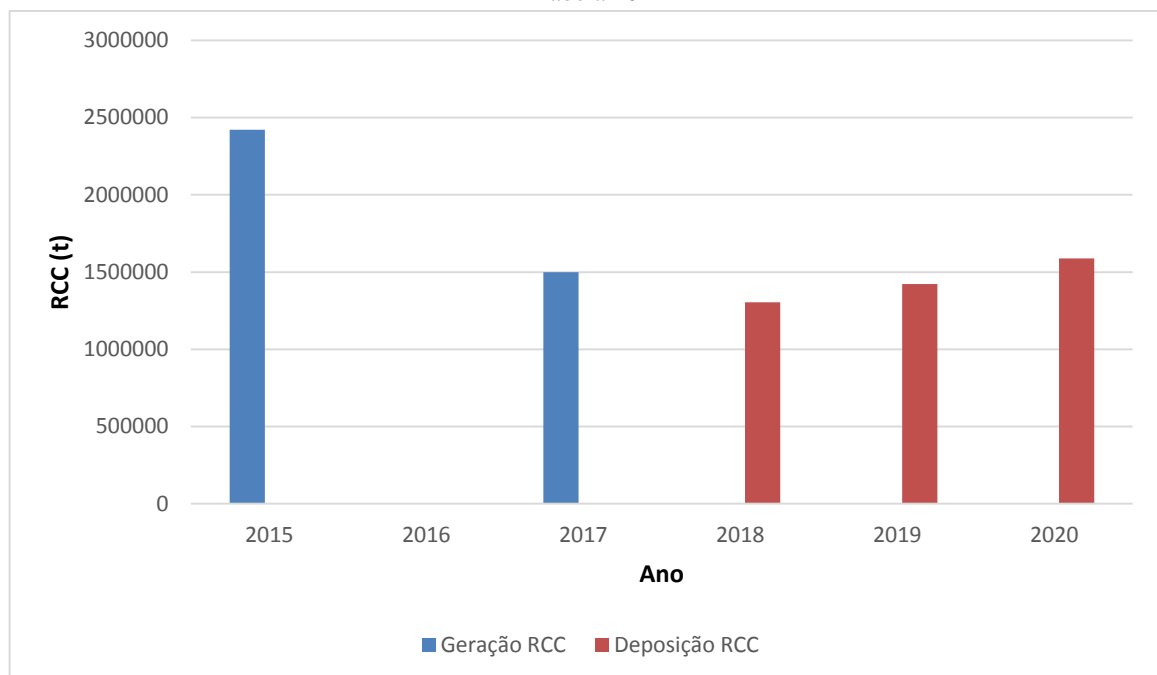
Fonte: Autoria própria, 2021.

A partir da Tabela 10, é possível observar as quantidades, em toneladas, de RCC nos dois períodos: 2009/2018 e 2019/2020, tanto de geração quanto de deposição na URE-Estrutural. Observa-se, também, que houve redução na geração de RCC na ordem de 39% entre os anos de 2015 e 2017, isto é, de 2.421.338 toneladas para 1.500.000 toneladas. Além disso, quanto a deposição de RCC na URE-Estrutural, foi constatado que as quantidades somente foram apropriadas pelo SLU, em separado dos demais resíduos sólidos, a partir de 2018, onde é possível observar uma pequena elevação de 9% e 11%, entre 2018 e 2019, e, entre 2019 e 2020, respectivamente.

Outra observação a partir da tabela 10 é que não há dados sobre geração de RCC no DF para os anos de 2018, 2019 e 2020, pois os relatórios do SLU contemplam apenas os RCC que são depositados na URE-Estrutural, sejam eles provenientes dos pequenos e grandes geradores, como também de geradores que depositam resíduos em áreas irregulares, os quais são transportados pelo SLU até aquela Unidade.

Destaca-se que, os dados do SLU estão bem próximos do SERENCO, mesmo considerando anos distintos: 2017 e 2019. Contudo, esses dados são bem diferentes dos obtidos pelo índice per capita, informado no PGDIRS, conforme Gráfico 5 mostrado a seguir.

Gráfico 5 – Geração e deposição de RCC na URE-Estrutural, no período de 2015 a 2020, obtido a partir da Tabela 10



Fonte: autoria própria, 2021

Novamente no Gráfico 6 mostrado , é possível constatar que o dado de geração de RCC de 2015 está fora da tendência dos dados de geração de 2017 e de deposição na URE-Estrutural dos anos seguintes: 2018 a 2020. Desta forma, para obtenção do modelo para análise quantitativa de produção de agregado reciclado para fins de utilização em camadas de pavimento, adotar-se-á o dado do SLU obtido no ano de 2019, conforme mostrado na Tabela 11 a seguir.

Tabela 11 – Projeção do índice per capita de deposição de RCC, em toneladas para o ano de 2019, a partir dos dados do SLU da URE-Estrutural

<b>População (habitantes) (1)</b>	<b>Deposição de RCC (tonelada) (2)</b>	<b>Cálculo do índice per capita (3) = (2) / (1)</b>
3.012.718	1.423.028	0,4723
Nota: Dados populacionais obtidos no IBGE de 2021		

Fonte: Autoria própria, 2021

De acordo com a Tabela 11 mostrada , a deposição de RCC em 2019 foi de 1.423.028 toneladas, o que, considerando a projeção da população de 2019, de 3.012.718, resulta no índice per capita de 0,4723 /hab.ano.

## 4.2 RECICLADORAS DE AGREGADOS DE RCC NO DF

As recicladoras de agregados de RCC são empresas que recebem resíduos de RCC e que realizam beneficiamento a fim de dotá-los com condições à utilização como matéria prima ou produto. Para isso, a Resolução nº 307 do CONAMA define áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATTR) como sendo locais licenciados destinados ao recebimento destes resíduos para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada (BRASIL, 2002).

Segundo o Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDGIRS) de 2018, as metas previam a implantação de seis ATTRs privadas e uma unidade pública. Contudo, atualmente, no DF, estão em operação apenas três ATTRs privadas licenciadas pelo IBRAM/DF e uma ATTR pública gerenciada por empresa privada, URE-Estrutural, conforme mostrado no Quadro 6, a seguir (DISTRITO FEDERAL, 2018).

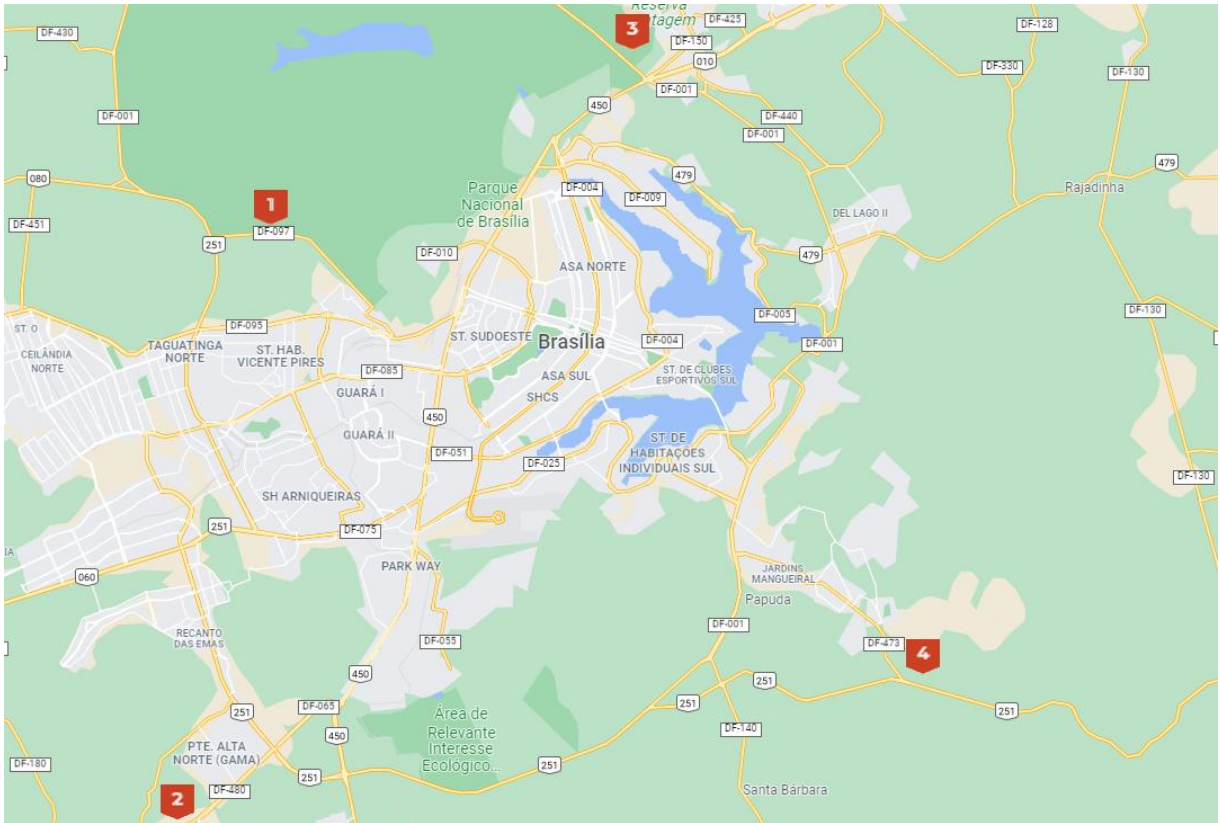
Quadro 6 – Empresas licenciadas para exercer atividade de ATTR no DF, em 2021.

ID	NOME	PROCESSO	LICENÇA	ATIVIDADE	LOCALIZAÇÃO
1	URE da Estrutural	00391-00002541/2018-17	Licença Ambiental Simplificada SEI-GDF n° 4/2018-IBRAM/PRESI/SULAM/GER EC	ATTR pública	Cidade Estrutural - DF
2	JOSÉ CATARINA DA MATA & CIA LTDA - ME	00391-00004927/2019-44	Licença Ambiental Simplificada SEI-GDF n° 11/2019 – IBRAM/PRESI	ATTR privada	Núcleo Rural Alagado, chácara 20 – Gama - DF
3	AREIA BELA VISTA	00391-00014069/2017-84	Licença Ambiental Simplificada SEI-GDF n.º 5/2018 - IBRAM/PRESI/SULAM/GER EC	ATTR privada	Rodovia DF-150 KM 2,5, lote 50, Sobradinho - DF
4	ML TERRAPLE NAGEM LTDA - EPP	00391-00015746/2017-81	Licença Ambiental Simplificada SEI-GDF n.º 18/2019 - IBRAM/PRESI (Alteração de Titularidade da Licença Ambiental Simplificada - LAS 003/2017)	ATTR privada	BR 251, São Sebastião - DF

Fonte: adaptado SODF/CORC/RCC, site: so.df.gov.br, 2021

Logo, de acordo com o Quadro 6 , as quatro ATTRs estão licenciadas junto ao órgão ambiental local, Instituto Brasília Ambiental (BRAM) e aptas a emitir o Certificado de Destinação Correta de Resíduos. Desta forma, a Figura 14 a seguir mostra a disposição geográfica das quatro ATTRs.

Figura 14 – Localização das recicladoras de RCC no DF: (1) URE-Estrutural; (2) Da Mata Areal; (3) Areia Bela Vista; (4) Martins Ambiental



Fonte: autora, 2021

Observa-se na Figura 14 que as atuais ATTRs estão dispostas em regiões distintas: norte, sul, leste e oeste do DF, o que, a princípio, facilita a logística de transporte dos resíduos do gerador até o potencial reciclador e deste ao consumidor, pois, outros fatores devem ser levado em consideração, tais como: disponibilidade, custo e qualidade, quanto a escolha do fornecedor de agregado reciclado para suprir as necessidades dos potenciais consumidores.

Com a identificação das ATTRs atuais do DF, foi possível obter informações das recicladoras de agregado de RCC, tanto públicas quanto privadas, como disposto a seguir.

#### 4.2.1 ATTR pública

A Unidade de Recebimento de Entulhos, localizada na Cidade Estrutural – DF (URE-Estrutural), considerada como aterro controlado desde 2017, é a única ATTR pública do DF. Desde janeiro de 2018, é gerenciada por empresa privada VALOR AMBIENTAL e está localizada no antigo lixão da Estrutural, que ocupa uma área total de 201 hectares, sendo 100 hectares destinados a disposição de resíduos, onde é permitida a disposição de resíduos da



construção civil, segregados e não segregados, definidos pela Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas atualizações; e de podas e galhadas

Com objetivo de conhecer a atual situação de recebimento de entulhos de RCC no DF, foram realizadas duas visitas técnicas à URE-Estrutural. A primeira em maio de 2019 e, a segunda, em junho de 2021.

Na visita realizada em maio de 2019, observou-se a disposição de resíduos, a situação atual da lagoa de chorume, o controle dos maciços do antigo lixão, os métodos utilizados para disposição dos resíduos da construção civil, a deposição de rejeitos e o controle geral de acessos, pesagens e transporte, como mostrado na Figura 15 a seguir.

Figura 15 – Balança de pesagem de entrada de resíduos da URE da Estrutural



Fonte: autoria própria, 2021

A Figura 15 mostra a parada dos caminhões na entrada da URE-Estrutural para pesagem e liberação para descarga, onde estão instaladas 4 balanças que realizam a pesagem de todo material que transita em, aproximadamente, 700 a 800 caminhões/dia.

Quanto aos resíduos da construção civil, a disposição é feita em área específica, onde são separados manualmente, quanto a sua natureza e classes: galhos, plástico, papelão, madeira, dentre outros, ou seja, até o presente momento, os resíduos somente são segregados por classes A, B, C e D após deposição na URE-Estrutural, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 – Local de deposição de resíduos após triagem por classes B, C ou D, ou seja, madeira, plásticos, papelão, ferro, dentre outros, na URE da Estrutural - DF



Fonte: autoria própria, 2021

Como mostrado na Figura 16, os resíduos classes B, C e D são depositados em separado dos resíduos classe A para fins de uso e destinação às cooperativas e outros usuários. Já os resíduos classes A, após a triagem manual, são triturados, conforme mostrado nas Figuras 17 e 18 a seguir.

Figura 17 – Triagem na URE-Estrutural: a) Descarga de resíduos; (b) Separação de resíduos

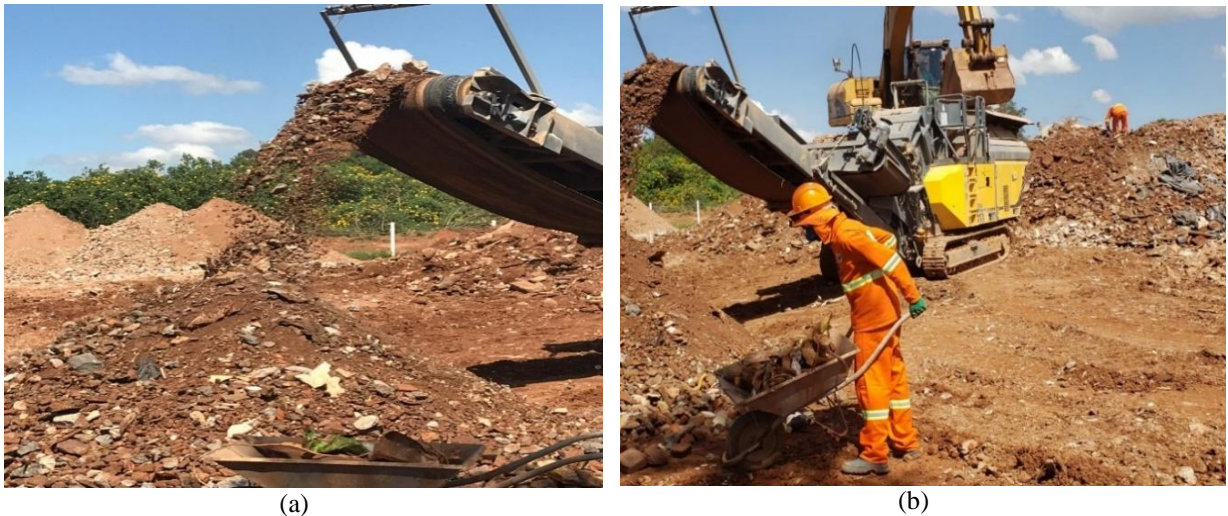


(a)

(b)

Fonte: autoria própria, 2021

Figura 18 – Processo de trituração na URE- Estrutural: (a) deposição do material triturado; (b) remoção manual do material triturado



Fonte: autoria própria, 2021

Observa-se a partir das Figuras 17 e 18, que são utilizados os equipamentos: britador RUBBLE MASTER, modelo RM70 GO, com capacidade de produção de 120t/h, composto por peneira montada sobre chassi, CMG EVOLUTION, modelo PV-4015-4ª, com dimensões de 4000x1500 mm, acionamento com motor de 20 CV, com capacidade de processamento de 150t/h, composto por esteiras transportadoras para produção de 5 granulometrias de agregados.

Na visita realizada em junho de 2021, observou-se que os RCC ali depositados já estão sendo beneficiados e separados por granulometria e finalidades, conforme mostrado na Figura 19 a seguir.

Figura 19 – Deposição do material reciclado na URE-Estrutural: (a) vista panorâmica; (b) vista aproximada



Fonte: SLU, 2021

Até o presente momento, os materiais mostrados na Figura 19 estão sendo doados as administrações regionais para aterro diversos e em vias vicinais de áreas urbanas e rurais, sem contudo, passar por caracterização normativas da ABNT.

Além disso, de acordo com dados fornecidos pelo SLU na reunião ordinária de junho de 2021 do Comitê de Resíduos Sólidos do DF (CORC), a produção de agregados reciclados na URE-Estrutural iniciou em janeiro de 2021 e já atingiu a produção média de 30.000 toneladas por mês, o que corresponde a 50% da meta estipulada no contrato de gestão. Porém, até o presente momento, por não estar sendo ensaiados segundo as normas técnicas brasileiras, impede sua aplicação adequada em camadas de pavimentação urbana.

Desta forma, foi possível a consolidação das informações obtidas nos relatórios anuais e nos registros do CORC pelo SLU e nas visitas à URE-Estrutural para os dois períodos distintos: 2009/2018 e 2019/2020, conforme mostrado na Tabela 12 a seguir.

Tabela 12 – Deposição de RCC e produção de agregados reciclados na URE-Estrutural - DF de 2018 a 2021

Período	Ano	Deposição de RCC		Produção de agregado reciclado (tonelada/mês)	Fonte de pesquisa
		(tonelada/ano)	(tonelada/mês)		
Dados da pesquisa	2009 a 2017	-	-	-	Sem dados
	2018	1.303.662	108.638	Não houve produção	Relatório Anual de 2019 do SLU
Projeção de consumo	2019	1.423.028	118.585	Não houve produção	Relatório Anual de 2019 do SLU
	2020	1.588.570	132.380	Não houve produção	Relatório Anual de 2020 do SLU
	2021	Em andamento	Em andamento	30.000 *	Reunião CORC em junho de 2021

Nota: (\*) Quantidade de agregado reciclado produzido na URE-Estrutural correspondente a 50% da meta de contrato da VALOR AMBIENTAL

Fonte: SLU, 2021

Observa-se a partir da Tabela 12, que não há registro de deposição de resíduos de RCC na totalidade dos anos da pesquisa, somente para o ano de 2018. Além disso, não há registro em separado, da quantidade de resíduos de RCC Classe A que podem ser beneficiados para uso como agregado reciclado na construção civil, pois os dados do SLU informam a totalidade, considerando classes A, B, C e D, e podas e galhadas.

Além disso, com a quantidade de agregado reciclado produzida na URE-Estrutural em 2021, de 30.00 toneladas por mês, que totaliza 360.000 toneladas por ano, já é possível observar que pelo menos 22% do material depositado na URE-Estrutural teve condições de beneficiamento.

E que, caso seja alcançada a meta de contrato, de 60.000 toneladas por mês e 720.000 toneladas por ano de material beneficiado, poderá ser produzido agregado na ordem de 44% do material depositado na URE-Estrutural.

Outra informação relevante, constante no Capítulo 2, item 2.2, destaca que os resíduos da construção civil são compostos em média por 63% de argamassas, 29% de concreto, 7% de madeira, metais e cerâmica, e 1% de material orgânico, logo, pode-se estimar que mais de 90% dos resíduos depositados na URE-Estrutural é Classe A e tem capacidade de beneficiamento com potencial uso como agregados reciclado (IPEA 2012).

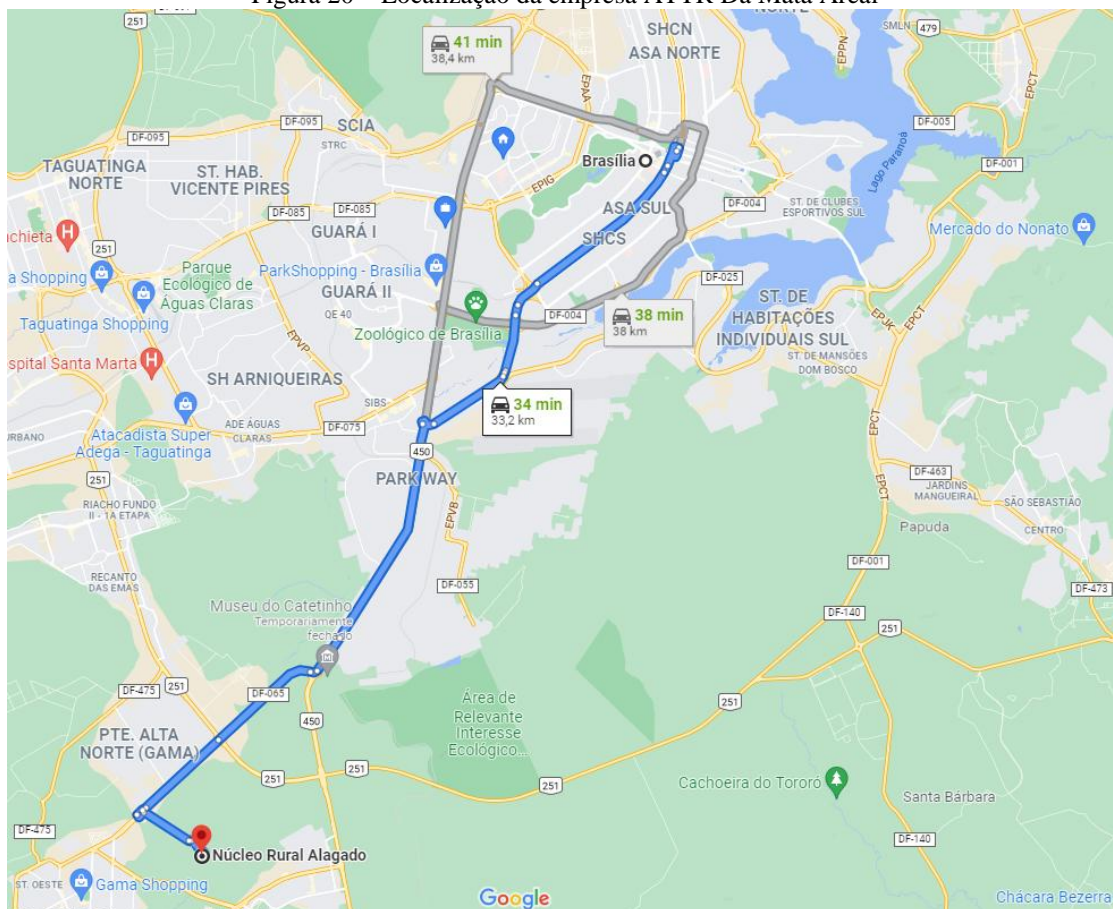
No entanto, diante da incipiência dos dados atuais, estudos futuros mais detalhados deverão ser realizados, inclusive considerando a segregação e quantificação por classes dos resíduos depositados na URE-Estrutural.

#### **4.2.2 ATTR privadas**

##### *4.2.2.1 José Catarina da Mata & Cia Ltda.*

A ATTR Jose Catarina da Mata & Cia Ltda. - ME é uma empresa privada, cujo nome fantasia é Da Mata Areal, que está localizada no Núcleo Rural Alagado, na região administrativa do Gama – DF, conforme mostrado na Figura 20, a seguir.

Figura 20 – Localização da empresa ATTR Da Mata Areal



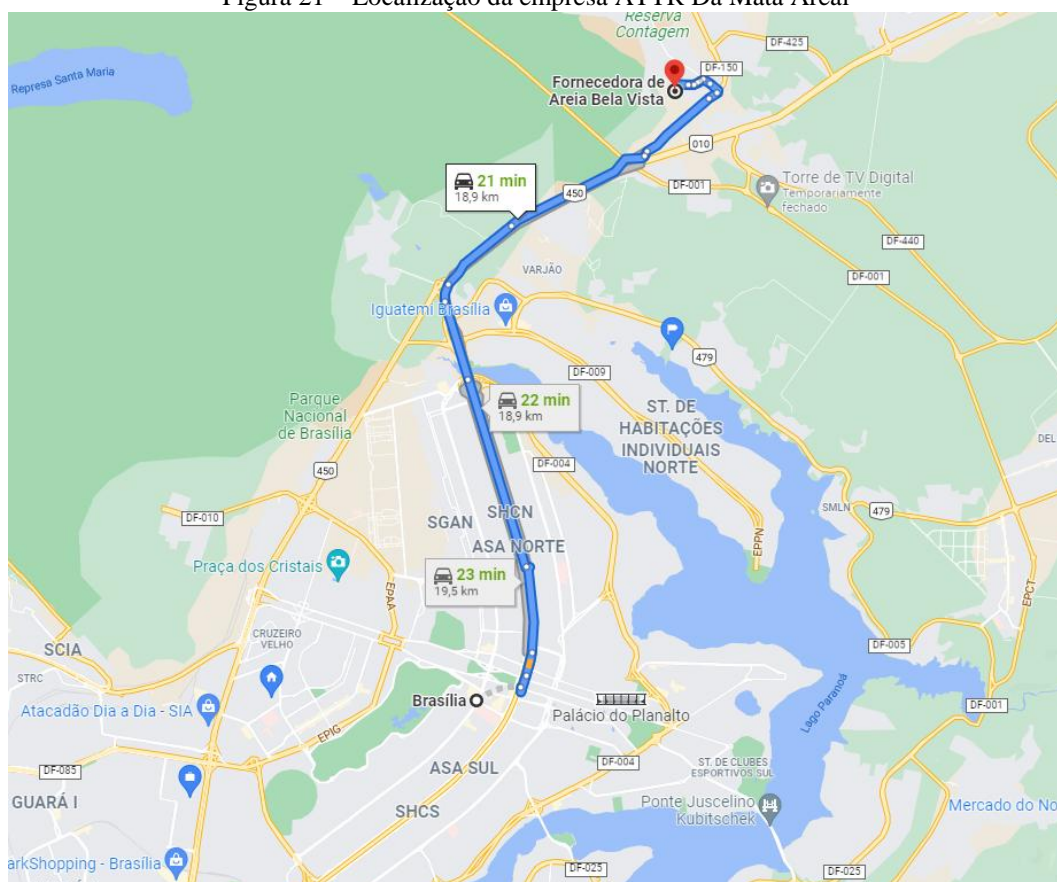
Fonte: Google.com.br/maps/dir

Conforme Figura 20 mostrada, a empresa Da Mata Areal está localizada a 33,2 km adotando-se como referência o centro de Brasília. Além disso, em contato com a empresa, foi informado que ainda não há registro de produção de agregados reciclados, tendo em vista que a licença ambiental somente foi concedida no final de 2019, quando houve início às atividades de beneficiamento dos RCC.

#### 4.2.2.2 Fornecedora de Areia Bela Vista

A ATTR Fornecedora de Areia Bela Vista é uma empresa privada, localizada no Km 2,5, da Rodovia DF-150, lote 50, Grande Colorado, na região administrativa de Sobradinho II – DF, conforme mostrado na Figura 21, a seguir.

Figura 21 – Localização da empresa ATTR Da Mata Areal



Fonte: Google.com.br/maps/dir

Conforme mostrado na Figura 21, a empresa ATTR Fornecedora de Areia Bela Vista está localizada a 18,9 km adotando-se como referência o centro de Brasília. Além disso, em contato com a empresa, foi informada a produção total de agregados reciclados nos dois períodos da pesquisa: 2009/2018 e 2019/2020, mostrada na Tabela 13, a seguir.

Tabela 13 – Produção de agregados reciclados, em toneladas e em m<sup>3</sup>, da ATTR na Fornecedora de Areia Bela Vista, no período de 2009 a 2020

<b>Período</b>	<b>Ano</b>	<b>Produção total (t)</b>	<b>Produção total (m<sup>3</sup>)</b>
	2009 a 2016	-	-
Dados da pesquisa	2017 *	16.572,31	9.748
	2018	20.609,97	12.123
	2019	26.429,20	15.546
Projeção de consumo	2020	49.043,87	28.850
	<b>TOTAL</b>	<b>112.655,35</b>	<b>66.267</b>
Quantidade média mensal:		2.682 toneladas (1.577 m <sup>3</sup> )	
Nota: (*) Registro de julho a dezembro de 2017			

Fonte: Fornecedora de Areia Bela Vista, 2021

Observa-se na Tabela 13 que há dados sobre produção de agregado reciclado somente para os anos de 2017 a 2020, sendo que o ano de 2017 somente foram disponibilizados seis meses de produção, de julho a dezembro de 2017. Além disso, observa-se tendência de crescimento na

produção e na comercialização de agregados reciclados na ordem de 28% entre 2018 a 2019, e de 85% entre 2019 e 2020, o que pode sinalizar uma melhoria na capacidade de produção da empresa e maior conscientização de consumidores na utilização de materiais sustentáveis na construção civil.

Desta forma, foi possível o cálculo da quantidade média mensal produzida na Areia Bela Vista, considerando-se 42 meses de produção e comercialização, resultando num valor de 2.682 toneladas por mês, o que totaliza uma produção estimativa de 32.184 toneladas.

A seguir, apresenta-se o Quadro 7 com imagens do tipo e referências comerciais dos agregados reciclados produzidos na Fornecedora de Areia Bela Vista.

Quadro 7 – Referências comerciais dos agregados reciclados produzidos na Fornecedora de Areia Bela Vista

	
<p>a) Areia Lavada Reciclada Fina - utilização em acabamento de obras e matéria-prima para argamassa, para fins não estruturais</p>	<p>b) Areia Lavada Reciclada Média - utilizada em todas as fases da obra, sendo a mais utilizadas devido a sua textura, para fins não estruturais</p>
	
<p>c) Areia Lavada Reciclada Grossa - utilização como matéria-prima do concreto e/ou em trabalhos que exigem uma maior resistência, para fins não estruturais</p>	<p>d) Brita Nº 0 Reciclada - utilização em concreto, base e sub-base de pavimentação e estacionamentos, para fins não estruturais</p>
	
<p>e) Brita Nº 1 Reciclada - utilização em concreto, base e sub-base de pavimentação e estacionamentos, para fins não estruturais</p>	<p>f) Pedra Marroada Reciclada - utilização em fabricação de concreto, enchimento de gabiões e construção de obras em pedras, para fins não estruturais</p>

Fonte: [www.areiabelavista.com.br](http://www.areiabelavista.com.br), 2021

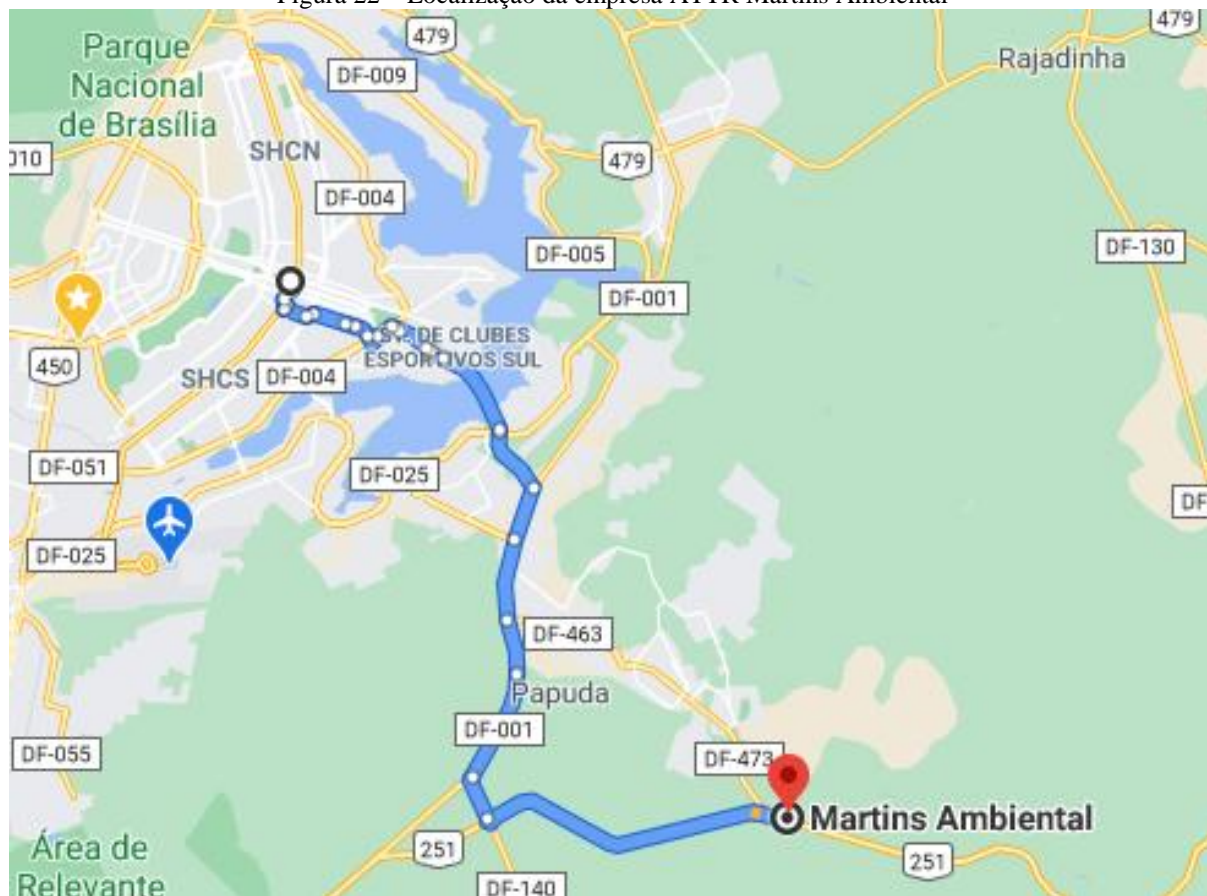


Observa-se a partir do Quadro 7 que a empresa Fornecedora de Areia Bela Vista comercializa agregados de diversas granulometrias e finalidades para uso não estrutural, sendo os agregados brita n° 0, brita n 1° e pedra marroada os mais apropriados para uso em pavimentação.

#### 4.2.2.3 ML Terraplenagem Ltda. - EPP – ME

A ATTR ML Terraplenagem Ltda-EPP é uma empresa privada, cujo nome fantasia é Martins Ambiental, que está localizada em área rural, as margens da BR-251, na cidade de São Sebastião, conforme mostrado na Figura 22, a seguir.

Figura 22 – Localização da empresa ATTR Martins Ambiental





Fonte: Google.com.br/maps/dir

Conforme mostrado na Figura 22 , a empresa Martins Ambiental está localizada a 32 km adotando-se como referência o centro de Brasília.

Por se tratar de empresa com maior tempo de produção de agregados reciclados no DF, foi realizado visita a ATTR Martins Ambiental, em outubro de 2019, onde observou-se o processo de beneficiamento dos RCCs, conforme imagens mostradas no Quadro 8, a seguir.

Quadro 8 – Atividades da ATTR Martins Ambiental

	
Separação	Secagem
	
Britagem	Separação: areia recilada
	
Separação: pedrisco reciclado	Separação: brita 1
	
Pátio de deposição de rachão reciclado	Pátio de deposição de areia recilada

Fonte: Martins Ambiental, 2019

Como mostrado no Quadro 8 , no processo de beneficiamento consta as atividades de separação dos materiais (triagem), secagem, britagem por duas vezes, separação por granulometria, caracterização dos agregados, deposição em áreas para comercialização,

Os registros de produção de agregados reciclados na Martins Ambiental foram fornecidos apenas para o período de 2017 a 2020, os quais estão dispostos nas Tabelas 14, 15, 16 e 17 apresentadas a seguir.

Tabela 14 – Relatório de geração de agregados reciclados, em toneladas, da empresa ATTR Martins Ambiental, em 2017

<b>Agregado Reciclado</b>	<b>Quant. Anual (t)</b>	<b>Média Mensal (t)</b>
Areia Mista	14.400	1.200
Aterro/Bica Corrida	12.000	1.000
Brita	9.600	800
Pedrisco	7.200	600
Rachão	4.800	400
<b>Total Produzido</b>	<b>48.000</b>	<b>4.000</b>

Fonte: ATTR Martins Ambiental, 2021 (modificado)

Tabela 15 – Relatório de geração de agregados reciclados, em toneladas, da empresa ATTR Martins Ambiental, em 2018

<b>Agregado Reciclado</b>	<b>Quant. Anual (t)</b>	<b>Média Mensal (t)</b>
Areia Mista	18.000	1.500
Aterro/Bica Corrida	15.000	1.250
Brita	12.000	1000
Pedrisco	9.000	750
Rachão	6.000	500
<b>Total Produzido</b>	<b>60.000</b>	<b>5.000</b>

Fonte: ATTR Martins Ambiental, 2021 (modificado)

Tabela 16 – Relatório de geração de agregados reciclados, em toneladas, da empresa ATTR Martins Ambiental, em 2019

<b>Agregado Reciclado</b>	<b>Quant. Anual (t)</b>	<b>Média Mensal (t)</b>
Areia Mista	14.400	1.200
Aterro/Bica Corrida	12.000	1.000
Brita	9.600	800
Pedrisco	7.200	600
Rachão	4.800	400
<b>Total Produzido</b>	<b>48.000</b>	<b>4.000</b>

Fonte: ATTR Martins Ambiental, 2021 (modificado)

Tabela 17 – Relatório de geração de agregados reciclados, em toneladas, da empresa ATTR Martins Ambiental, em 2020

<b>Agregado Reciclado</b>	<b>Quant. Anual (t)</b>	<b>Média Mensal (t)</b>
Areia Mista	28.800	2.400
Aterro/Bica Corrida	24.000	2.000
Brita	19.200	1.600
Pedrisco	14.400	1.200
Rachão	9.600	800
<b>Total Produzido</b>	<b>96.000</b>	<b>8.000</b>

Fonte: ATTR Martins Ambiental, 2021 (modificado)

Com os dados constantes nas tabelas 14, 15, 16 e 17, foram obtidas as quantidades médias de produção de cada agregado reciclado, a partir do cálculo da média aritmética dos quatro anos, em tonelada e em m<sup>3</sup>, conforme consolidação mostrada na Tabela 18 a seguir.

Tabela 18 – Produção de agregados reciclados, em toneladas e em m<sup>3</sup>, da ATTR Martins Ambiental, no período de 2009 a 2020

<b>Período</b>	<b>Ano</b>	<b>Produção total (t)</b>	<b>Produção total (m<sup>3</sup>)</b>
	2009 a 2016	-	-
Dados da pesquisa	2017	48.000	28.235
	2018	60.000	35.294
	2019	48.000	28.235
Projeção de consumo	2020	96.000	56.470
	<b>TOTAL</b>	<b>252.000</b>	<b>148.235</b>
Quantidade média mensal: 5.250 toneladas (3.088 m <sup>3</sup> )			

Fonte: ATTR Martins Ambiental, 2021 (modificado)

Observa-se a partir da Tabela 18 que há dados sobre a produção de agregado reciclado somente para os anos de 2017 a 2020. Adicionalmente, verifica-se que a produção de 2020 é o dobro da produção de 2019, o que sinaliza maior capacidade de produção da empresa e maior comercialização desses produtos.

De maneira a sistematizar as referências comerciais dos diferentes tipos de agregados de RCC produzidos na ATTR Martins Ambiental, foi elaborado o Quadro 9, mostrado a seguir, mostando imagens e características dos agregados.

Quadro 9 – Referências comerciais dos agregados reciclados produzidos na ATTR Martins Ambiental

Agregado do RCC	Material	Característica	Uso
	Areia mista	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
	Bica corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente).	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
	Brita	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
	Pedrisco	Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
	Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Fonte: Autoria própria, 2021.

Observa-se a partir do Quadro 9 que a empresa ATTR Martins Ambiental comercializa diversos agregados reciclados, sendo a maioria para uso em pavimentação.

De acordo com o exposto em 4.2.1 e 4.2.2, a produção de agregados reciclados no DF pode ser resumida conforme Tabela 19, nos períodos 2009 a 2018 e 2019/2020, mostrado a seguir.

Tabela 19 – Produção anual de agregados reciclados, em toneladas, nas ATTRs do DF, no período de 2009 a 2020

Período	Ano	ATTRs			Total por ano (t)
		URE-Estrutural (t)	Da Mata Areal (t)	Bela Vista (t)	
Dados da pesquisa	2009 a 2016	-	-	-	-
	2017	-	-	16.572	64.572
	2018	-	-	20.609	80.609
Projeção de consumo	2019	-	-	26.429	74.429
	2020	-	-	49.044	145.044

Fonte: Forcedora de Areia Bela Vista e Martins Ambiental, 2021.

Observa-se na Tabela 19 que há registro de produção de agregado reciclado para o período 2009 a 2018 somente para os anos de 2017 e 2018, em duas ATTRs: Bela Vista e Martins Ambiental. Além disso, observa-se que houve um aumento expressivo na produção de agregados reciclados entre 2019 e 2020, tanto para Areia Bela Vista, na ordem de 85%, quanto para Martins Ambiental, de 95%, o que se pode atribuir a melhoria na operação das recicladoras e a maior demanda por insumo reciclado.

Desta forma, para obtenção do modelo para análise quantitativa de produção de agregado reciclado para fins de utilização em camadas de pavimento, adotar-se-á o ano de 2019, conforme resumido na Tabela 20 a seguir.

Tabela 20 – Projeção do índice per capita de produção de agregado reciclado nas ATTRs do DF, em toneladas, no ano de 2019

População (habitantes) (1)	Produção de agregado reciclado (tonelada) (2)	Cálculo do índice per capita (3) = (2) / (1)
3.012.718	74.429	0,0247

Nota: Dados populacionais obtidos no IBGE para o ano de 2019

Fonte: Autoria própria, 2021

De acordo com a Tabela 20, a produção de agregado reciclado em 2019, de 74.429 toneladas, considerando a projeção da população de 2019, de 3.012.718, resultou em um índice per capita de 0,0247 /hab.ano.

#### 4.2.3 Caracterização dos agregados de RCC produzidos e comercializados na ATTR

##### *Martins Ambiental*

No âmbito da pesquisa e diante das exigências da ABNT expostas no Capítulo 2, é imprescindível o cumprimento aos requisitos específicos da ABNT, Tabela 2 da ABNT NBR

15116:2004, a partir da realização de ensaios de ISC, expansibilidade e energia de compactação, a fim de avaliar agregados produzidos no DF e sinalizar a possibilidade de uso em camadas de pavimento.

Desta forma, além da obtenção das quantidades de produção de agregados reciclados no DF apresentadas nos itens 4.2.1 e 4.2.2, para que se possa utilizá-los em camadas de pavimento, é necessário a caracterização dos mesmos, a partir da realização de ensaios laboratoriais em amostras de insumos produzidos e comercializados nas ATTRs. Na pesquisa, foi escolhido o material produzido na ATTR Martins Ambiental, por ser a de maior produção atual no DF, os quais foram ensaiados no Laboratório de DER/DF para fins de conhecimento das propriedades físicas e mecânicas dos mesmos, o que resultou na Tabela 21, mostrada a seguir.

Tabela 21 – Consolidação dos resultados dos ensaios realizados no DER-DF com argila e agregados reciclados

REGISTRO	GRANULOMETRIA											LIMITE		CLASSIFICAÇÃO		ENERGIA			
	PEDREGULHO				AREIA			FINOS	PEDRA	AREIA	FINOS	LL	IP	IG	HRB	AASHO INTERMEDIÁRIO			
	2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	%	%	%					MEAS (max)	UMIDADE	ISC	EXP
	50mm	25mm	19mm	9,5mm	4,75mm	2,0mm	0,42mm	0,075mm				kg/m³	ÓTIMA (%)	(%)	(%)				
141				100,0	96,2	88,4	79,1	63,4	3,8	32,8	63,4	41	9	6	A-4	1.520	25,8	13,7	0,00
142				100,0	96,8	87,2	75,3	55,4	3,2	41,4	55,4	38	10	4	A-4	1.603	23,8	19,4	0,00
143				100,0	90,2	76,9	63,1	44,7	9,8	45,5	44,7	36	8	2	A-4	1.599	22,0	30,0	0,00
144			100,0	87,3	79,5	79,0	73,6	60,2	20,5	19,0	60,6	39	9	5	A-4	1.527	22,3	14,0	0,00
145			100,0	78,4	61,7	61,1	58,0	48,3	38,3	13,4	48,3	37	8	3	A-4	1.572	21,9	25,3	0,04
146			100,0	77,7	60,2	59,8	57,1	49,3	39,8	10,8	49,3	36	10	3	A-4	1.628	19,3	30,3	0,03
147		100,0	98,8	79,9	79,6	79,3	76,4	64,8	20,4	14,8	64,8	40	8	6	A-4	1.550	24,6	17,1	0,00
148			100,0	70,6	70,0	69,9	68,8	60,0	30,0	9,9	60,0	39	9	5	A-4	1.541	19,4	21,9	0,00
149		100,0	97,6	60,9	60,3	60,2	58,6	49,7	39,7	10,6	49,7	35	8	3	A-4	1.583	20,9	20,1	0,00
173					100,0	99,7	97,6	80,0	0,0	20,0	80,0	47	15	11	A-7-5	1.426	28,9	17,8	0,03

141	argila com 20% de pó de pedra reciclado	146	argila com 40% de brita 0
142	argila com 30% de pó de pedra reciclado	147	argila com 20% de brita 1
143	argila com 40% de pó de pedra reciclado	148	argila com 30% de brita 1
144	argila com 20% de brita 0	149	argila com 40% de brita 1
145	argila com 30% de brita 0	173	100% de argila arenosa

Fonte: Núcleo de Laboratório de Solos do DER/DF (2019)



Observa-se, a partir da Tabela 21, que o DER/DF realizou ensaios com agregados reciclados: pedrisco, brita 0 e brita 1 em amostras misturadas com argila arenosa em três proporções distintas, de maneira a obter características e propriedades mecânicas, tais como: granulometria, limites de liquidez e de plasticidade, classificação, massas específicas, ISC, energia de compactação e expansibilidade. Destaca-se também os resultados da umidade ótima que reduziram quanto maior a proporção de agregado reciclado.

No caso da pesquisa, limitou-se a verificação e análise dos resultados com relação ao enquadramento aos requisitos específicos da Tabela 2, da norma ABNT NBR 15.116:2004, especificamente, quais sejam: energia de compactação, ISC e expansibilidade, como mostrado na Figura 23, a seguir.

Figura 23 – Preparação do material fornecido pela empresa ATTR Martins Ambiental para realização dos ensaios no Laboratório do DER/DF: (a) quarteador; (b) amostra separada



Fonte: autoria própria, 2021

Foram realizadas 10 misturas com proporções de 20%, 30% e 40% de agregado reciclado e base em argila arenosa, solo colapsível característico de Brasília. Isto é, para cada agregado reciclado foram realizadas 3 misturas distintas, com 20%, 30% e 40% de agregado e 80%, 70%, 60% de argila arenosa, respectivamente, e uma amostra com 100% de argila, cujos resultados são mostrados, detalhadamente, a seguir.

#### 4.2.3.1 Amostras de argila e pedrisco

As três misturas de argila e pedrisco com proporções, em percentual, de 80%/20%, 70%/30% e 60%/40%, respectivamente, apresentam os resultados conforme Tabela 22, a seguir.

Tabela 22 - Resultados das amostras de argila e pó (pedrisco) de agregados reciclados

AMOSTRA	MISTURA	PEDREGULHO	AREIA	FINOS	ISC	EXPANSIBILIDADE
		%	%	%	%	%
01	80% DE ARGILA E 20% DE PEDRISCO	3,8	32,8	63,4	13,7	0,00
02	70% DE ARGILA E 30% DE PEDRISCO	3,2	41,4	55,4	19,4	0,00
03	60% DE ARGILA E 40% DE PEDRISCO	9,8	45,5	44,7	30,0	0,00

Fonte: adaptado DER/DF, 2019

Os resultados obtidos das amostras 01, 02 e 03, mostrados na tabela 22, comprovam que o agregado reciclado de pedrisco atinge os requisitos específicos de norma para uso em camadas de pavimento da seguinte forma:

- Para camada de subleito, o pedrisco reciclado poderá ser utilizado para qualquer uma das proporções de mistura, ou seja, para 20%, 30% e 40% de pedrisco e 80%, 70% e 60% de argila respectivamente.
- Para camada de sub-base, o pedrisco reciclado poderá ser utilizado apenas na proporção de mistura com 40% de pedrisco e 60% de argila, respectivamente.

Contudo, no âmbito desta pesquisa, o pedrisco reciclado não obteve resultado positivo para uso em camada de base, em qualquer uma das proporções de mistura.

#### 4.2.3.2 Amostras de argila e brita 0

As três misturas de argila e brita 0 com proporções, em percentuais de 80%/20%, 70%/30% e 60%/40%, respectivamente, apresentam os resultados conforme Tabela 23, a seguir.

Tabela 23 - Resultados das amostras de argila e brita 0 de agregados reciclados

AMOSTRA	MISTURA	PEDREGULHO %	AREIA %	FINOS %	ISC %	EXPANSIBILIDADE %
07	80% de ARGILA e 20% DE BRITA 0	20,5	19,0	60,6	14,0	0,00
08	70% de ARGILA e 30% DE BRITA 0	38,3	13,4	48,3	25,3	0,04
09	60% de ARGILA e 40% DE BRITA 0	39,8	10,8	49,3	30,3	0,03

Fonte: adaptado DER/DF, 2018

Os resultados obtidos das amostras 07, 08 e 09 mostrados na tabela 23 acima comprovam que o agregado reciclado de brita 0 atinge os requisitos de norma para uso em camadas de pavimento da seguinte forma:

- Para camada de subleito, a brita 0 reciclada poderá ser utilizada para qualquer uma das proporções de mistura com 20%, 30% e 40% de brita 0 e 80%, 70% e 60% de argila respectivamente.
- Para camada de sub-base, a brita 0 reciclada poderá ser utilizada apenas para a proporção de misturas com 30% e 40% de brita 0 e 70% e 60% de argila respectivamente.

Contudo, no âmbito desta pesquisa, a brita 0 reciclada tal como o pedrisco reciclado não deu resultado positivo para uso em camada de base, em qualquer uma das proporções de mistura.

#### 4.2.3.3 Amostras de argila e brita 1

As três misturas de argila e brita 1 com proporções, em percentuais, de 80%/20%, 70%/30% e 60%/40%, respectivamente, apresentam os resultados conforme Tabela 24, a seguir.

Tabela 24 - Resultados das amostras de argila e brita 1 de agregados reciclados

AMOSTRA	MISTURA	PEDREGULHO %	AREIA %	FINOS %	ISC %	EXPANSIBILIDADE %
04	80% DE ARGILA E 20% DE BRITA 1	20,4	14,8	64,8	17,1	0,00
05	70% DE ARGILA E 30% DE BRITA 1	30,0	9,9	60,0	21,9	0,00
06	60% DE ARGILA E 40% DE BRITA 1	39,7	10,6	49,7	20,1	0,00

Fonte: adaptado DER/DF, 2018

Os resultados obtidos das amostras 04, 05 e 06, mostrados na Tabela 24, comprovam que o agregado de RCC de brita 1 atinge os requisitos de norma para uso somente em camadas de pavimento da seguinte forma:

- Para camada de subleito, a brita 1 reciclada poderá ser utilizada para qualquer uma das proporções de mistura com 20%, 30% e 40% de brita 1 e 80%, 70% e 60% de argila, respectivamente.
- Para camada de sub-base, a brita 1 reciclada deu resultado positivo nas proporções de mistura com 30% e 40% de brita 1 e 70% e 60% de argila respectivamente, exceto na proporção 20% de brita 1 e 80% de argila.

Contudo, tal como nos agregados pedrisco e brita 0, a brita 1 reciclada não apresentou resultado positivo para uso em camada de base.

#### 4.2.3.4 Amostras de 100% de argila

A amostra com 100% de argila apresentou os resultados conforme mostrado na Tabela 25, a seguir, os quais comprovam que somente atinge os requisitos de norma para uso em camada de subleito.

Tabela 25 - Resultados das amostras de 100% de argila

AMOSTRA	MISTURA	PEDREGULHO %	AREIA %	FINOS %	ISC %	EXPANSIBILIDADE %
10	100% DE ARGILA	0,0	20,0	80,0	17,8	0,03

Fonte: adaptado DER/DF, 2018

Os resultados mostrados na Tabela 25 comprovam que a amostra com 100% de argila poderá ser utilizada nas camadas de subleito de pavimentos, pois ISC é maior que 12% e expansibilidade é menor que 1.

Com os resultados obtidos nas dez amostras, foi possível consolidar as Tabelas 20 a 25, conforme mostrado na Tabela 26 a seguir.

Tabela 26 – Consolidação dos resultados das 10 amostras com agregado reciclado e argila, a partir dos requisitos específicos da Tabela 2 da norma ABNT NBR 15116:2004

Amostra	Mistura 1		Mistura 2		Mistura 3		Mistura 4	Resultados			
	Argila	Pó de brita	Argila	Brita 1	Argila	Brita 2	Argila	ISC (CBR)	Expansibilidade	Proporção agregado maior dimensão	Atendimento
01	80%	20%						13,7%	0,00%	3,8% pedregulho	subleito
02	70%	30%						19,4%	0,00%	3,2% pedregulho	subleito
03	60%	40%						30,0%	0,00%	9,8% pedregulho	Subleito e sub-base
04			80%	20%				14,0%	0,00%	20,5% pedregulho	subleito
05			70%	30%				25,3%	0,04%	38,3% pedregulho	Subleito e sub-base
06			60%	40%				30,3%	0,03%	39,8% pedregulho	Subleito e sub-base
07					80%	20%		17,1%	0,00%	20,4% pedregulho	subleito
08					70%	30%		21,9%	0,00%	30% pedregulho	Subleito e sub-base
09					60%	40%		20,1%	0,00%	39,7% pedregulho	Subleito e sub-base
10							100%	17,8%	0,03%	0% pedregulho	subleito

Fonte: autora, 2021

Em resumo, todas as 10 amostras confirmaram que os agregados de RCC, produzidos na empresa ATTR MARTINS AMBIENTAL, poderão ser utilizados na camada de subleito, qualquer que seja a proporção na mistura com argila. Já para camada de sub-base, as misturas de 30% e 40% de brita alcançaram os requisitos específicos de norma e quanto a amostra com pedrisco, somente foi aceito na proporção de 40%. E mais, nenhuma das misturas atingiu ISC de 60, logo, a princípio, não poderá ser utilizada como base de pavimentos até que novos ensaios comprovem essa possibilidade.

Observa-se também, a partir da Tabela 26 que a inclusão de agregados reciclados nas misturas com argila, principalmente, de brita reciclada, refletiu em aumento na resistência das misturas, se for comparado com amostra somente com argila, conforme resultados das amostras 2, 3, 5, 6, 8 e 9, com 30% e 40% de agregado reciclado e 70% e 60% de argila. Desta forma, pode-se observar o benefício não somente ambiental como também qualitativo na adoção de misturas com proporções de agregado reciclado.

#### 4.3 CONSUMIDORES POTENCIAIS DE AGREGADOS DE RCC NO DF

Os consumidores potenciais de agregados reciclados para uso em pavimentação são executores de obras que realizam obras dessa natureza e que possuem capacidade técnica para

inovar com políticas sustentáveis de maneira a incorporar tais agregados às camadas de pavimentação. No Distrito Federal, identificou-se como potenciais consumidores a Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (Novacap) e o Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER/DF), órgãos públicos responsáveis pela elaboração de projetos, licitações, contratações e execuções de obras de pavimentação.

Outros órgãos locais executam serviços de pavimentação, tais como as administrações regionais, porém, são em menor escala e sem registro consolidado de dados, o que justifica sua exclusão na pesquisa e a limitação ao universo de dados da Novacap e do DER/DF .

Destaca-se que tanto na Novacap quanto no DER/DF, não foi identificada ou disponibilizada uma planilha com o *levantamento cadastral das obras de pavimentação*, com dados das medições de serviços mês a mês para os anos de 2009 a 2018. Nem tão pouco, com a consolidação dos dados técnicos de *consumo médio anual* de insumos utilizados na execução das camadas de pavimentação objeto de contratos de obras públicas, o que facilitaria a identificação e a análise do consumo histórico das obras executadas.

Além disso, durante a consulta aos órgãos, obteve-se a informação de que, nas obras diretas, executadas pelos funcionários dos órgãos, não há levantamento efetivo das quantidades de camadas de pavimento executadas, por período e por localidade, pois a apropriação é realizada considerando a totalidade de gastos com insumos, equipamentos e mão de obra. E mais, os resultados referentes as obras de pavimentação executadas com reuso de material de fresagem de pavimentos existentes, por equipes diretas, também não são apropriados por período e por localidade, razão pela qual inviabilizou a inclusão dessas obras e serviços na pesquisa.

Desta forma, o universo de pesquisa restringiu-se aos dois órgãos citados: Novacap e DER/DF, e às obras contratadas com terceiros, já que nos processos administrativos de contratação são registradas as quantidades de serviços executados. Logo, o **processo administrativo** foi escolhido como fonte oficial de pesquisa, tendo em vista constar informações reais e confiáveis sobre a execução de obras a partir de documentos relevantes, tais como: contrato, aditivos contratuais, ordem de serviço, termo de conclusão, e principalmente, planilhas orçamentárias contratuais e relatórios técnicos.

A seguir, estão expostos os dados encontrados na Novacap e no DER/DF, obtidos a partir da consulta oficial realizada no processo SEI nº 00112-00020770/2019-57, onde foram

considerados serviços de contratos iniciados em janeiro de 2009 e executados até dezembro de 2018.

#### 4.3.1 Pesquisa Documental na Novacap

Para identificação dos contratos administrativos da Novacap, cujo objeto é a execução de pavimentação em diversos locais do DF, foi requerido à empresa acesso aos contratos para consulta física aos processos administrativos, conforme solicitação constante no processo SEI nº 00112-00020770/2019-57.

Constatou-se que aquela Companhia realiza controle de contratos, antigos e atuais, e consolida informações em planilha do sistema SISJUR, conforme RELATÓRIO GERAL DE CONTRATOS, (ANEXO I), com os dados relacionados no Quadro 10, razão pela qual foi tomada como ponto de partida para pesquisa documental.

Quadro 10 – Itens da ficha de controle de contratos administrativos na Novacap

SITUAÇÃO: CONTRATOS ATIVOS E INATIVOS									
Nº Contrato	Modalidade	Nº Processo	Nome da Empresa	Nº licitação	Diretoria	Objeto	Valor	Data assinatura	Vigência

Fonte: Relatório Geral de Contratos da Novacap, 2021

Observa-se no Quadro 10 que, além da identificação dos contratos celebrados entre 2009 e 2018, é possível registrar o número do processo administrativo e o objeto contratado, e com isso, consultá-lo para obtenção das quantidades de camadas de pavimento executadas no contrato, necessárias ao estudo em questão.

A partir do RELATÓRIO GERAL DE CONTRATOS, foram identificadas as obras, cujo objeto se enquadra na pesquisa, ou seja, “**execução de pavimentação no DF**”, pois outras naturezas de obras executadas nos órgãos (edificações, obras de arte especiais, urbanização, paisagismo) não são abrangidas pelo tema da pesquisa, razão pela qual foram excluídos da pesquisa todos os processos, cujo objeto não se enquadra com execução de pavimentação.

Como resultado, consolidou-se a identificação de contratos administrativos de pavimentação no extrato apresentado no APÊNDICE E, cuja quantidade está mostrada no Quadro 11, a seguir.

Quadro 11 – Contratos administrativos de obras de pavimentação, no âmbito da Novacap, de 2009 a 2018

<b>Ano</b>	<b>Quantidade</b>
2009	30
2010	6
2011	16
2012	5
2013	16
2014	5
2015	1
2016	3
2017	5
2018	1
<b>Total</b>	<b>88</b>

Fonte: autoria própria, 2021

Dos 88 processos administrativos referentes aos anos 2009 a 2017, apresentados no Quadro 11, 87 foram consultados fisicamente, pois, não houve digitalização dos mesmos, após a conclusão dos contratos. Somente processos administrativos de 2018 passaram a ser eletrônicos, o que, somente para este ano, permitiu a consulta eletrônica ao sistema SEI/DF. Desta forma, as Fichas A1/n com dados da Novacap, estão dispostas no APÊNDICES H, por contrato e por ano, respectivamente.

A partir das Fichas A1/n, onde constam as quantidades totais de execução das camadas de pavimento ao longo do período de contrato, foi possível calcular as quantidades mensais de cada camada, em cada contrato e em cada um dos 120 meses do universo de pesquisa, ou seja, de janeiro de 2009 a dezembro de 2018, conforme APÊNDICE K, de acordo com as Equações 2, 3 e 4 indicadas no item 0.

#### **4.3.2 Pesquisa Documental no DER/DF**

Para identificação dos contratos administrativos do DER/DF, cujo objeto é a execução de pavimentação em diversos locais do DF, foi também requerido acesso aos contratos e aos processos administrativos, conforme processo SEI nº 00112-00020770/2019-57, mas não houve consulta física, pois, diferentemente da Novacap, o DER/DF digitalizou todos os processos administrativos do período da pesquisa, o que facilitou acesso às informações, via sistema SEI/DF.

A listagem das obras contratadas foi disponibilizada pelo órgão, conforme LISTA DE CONTRATOS DER/DF (ANEXO II), o que permitiu gerar o extrato dos contratos,



APÊNDICE F, extraído da relação de processos SEI/DF, que totaliza 47 contratos, no período de 2009 a 2018, conforme Quadro 12, a seguir.

Quadro 12 – Contratos administrativos de obras de pavimentação, no âmbito do DER/DF, de 2009 a 2018.

<b>Ano</b>	<b>Quantidade</b>
2009	21
2010	3
2011	2
2012	6
2013	5
2014	4
2015	0
2016	1
2017	4
2018	1
<b>Total</b>	<b>47</b>

Fonte: autoria própria, 2021

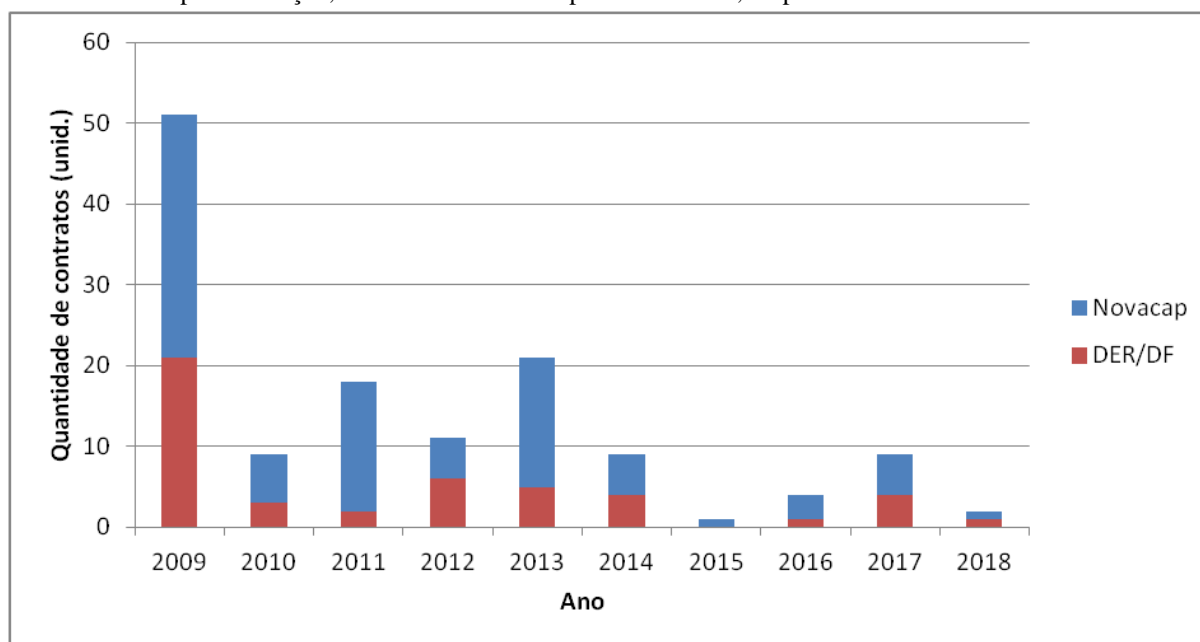
Observa-se a partir do Quadro ... que a maior parte dos contratos foi celebrada em 2009, cerca de 45% da totalidade, e ainda, que não houve registro de celebração de contrato no ano de 2015. Além disso, os 47 contratos foram consultados e registrados nas Fichas A2/n, conforme disposto no APÊNDICE I, por contrato e por ano, respectivamente.

A partir das Fichas A2/n, onde constam as quantidades totais de execução das camadas de pavimento ao longo do período de contrato, foi possível calcular as quantidades mensais de cada camada, em cada contrato e em cada um dos 120 meses do universo de pesquisa, ou seja, de janeiro de 2009 a dezembro de 2018, conforme APÊNDICE K, de acordo com as Equações 2, 3 e 4 indicadas no item 0.

### ***4.3.3 Resultados da Pesquisa Documental***

A partir dos Quadros 11 e 12, observa-se que foram celebrados 135 contratos de pavimentação no DF, nos quais a maior parte foi gerenciada pela Novacap, cerca de 65%. Observa-se também que, a quantidade de contratos administrativos registrados entre 2009 e 2018 é extremamente variável para cada ano pesquisado, inclusive com ano sem registro de contrato, como ocorreu em 2015, no DER/DF, conforme mostrado no Gráfico 6, a seguir.

Gráfico 6 – Gráfico representativo da quantidade de contratos administrativos de obras públicas de pavimentação, no âmbito da Novacap e do DER/DF, no período de 2009 a 2018



Fonte: autoria própria, 2021

Observa-se a partir do Gráfico 6 que, ao consolidar os resultados dos dois órgãos, os anos de 2009, 2013 e 2017 são os de maior número de registro de contratos administrativos nos 10 anos de pesquisa, com tendência a redução, 51, 21 e 9, respectivamente. Além disso, observa-se que nos primeiros anos, entre 2009 e 2013, a quantidade maior de contratos era do DER/DF e, após 2014, a maior quantidade foi na Novacap.

A partir das informações cadastradas nas Fichas A1/n e A2/n, onde constam quantidades totais de cada camada e prazos de execução dos contratos, obteve-se as quantidades mensais das diferentes camadas de pavimentação, dividindo-se a quantidade total pelo prazo em mês, conforme equações 2, 3 e 4. Além disso, foi obtido o km/faixa-padrão, conforme equações 5, 6 e 7, todas apresentadas no Capítulo 3, item 3.2.3.1, as quais estão dispostos nas Fichas C1 e C2 e apresentados detalhadamente no APÊNDICE L anexo.

Desta forma, os resultados de execução por cada camada de pavimento para os órgãos Novacap e DER/DF estão mostrados a seguir.

#### 4.3.3.1 Camada de subleito (C1)

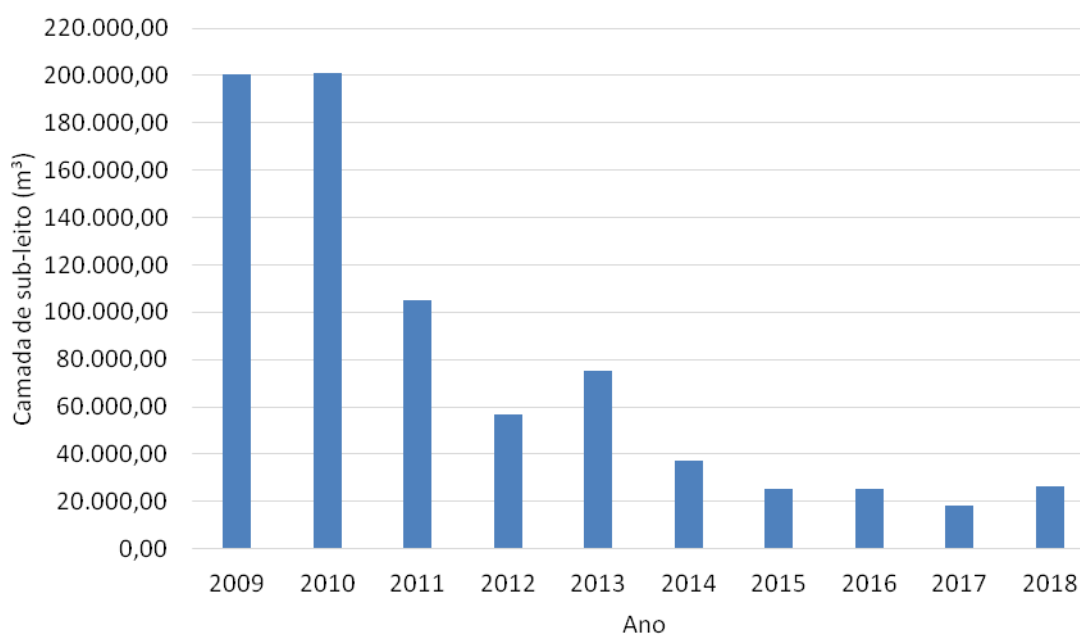
Para a camada de subleito (C1), a Tabela 27 e o Gráfico 7, a seguir, apresentam os resultados resumidos obtidos entre 2009 e 2018 com valores totais por ano de volume executado e de quilômetros padrão executados.

Tabela 27 – Quantidade por ano, em metros cúbicos e quilômetros, da camada de subleito (C1) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018.

Ano	Volume Total (m <sup>3</sup> )	Quilômetro padrão total (km/ano)
2009	200.397,02	286,28
2010	200.912,31	287,02
2011	104.980,41	149,97
2012	56.761,54	81,09
2013	75.119,62	107,31
2014	37.000,98	52,86
2015	25.558,64	36,51
2016	25.156,79	35,94
2017	18.005,73	25,72
2018	26.655,13	38,08
<b>TOTAL</b>	<b>770.548,16</b>	<b>1.100,78</b>

Fonte: Autoria própria, 2021

Gráfico 7 - Quantidade total, em m<sup>3</sup>, por ano, da camada de subleito (C1) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, no período de 2009 a 2018

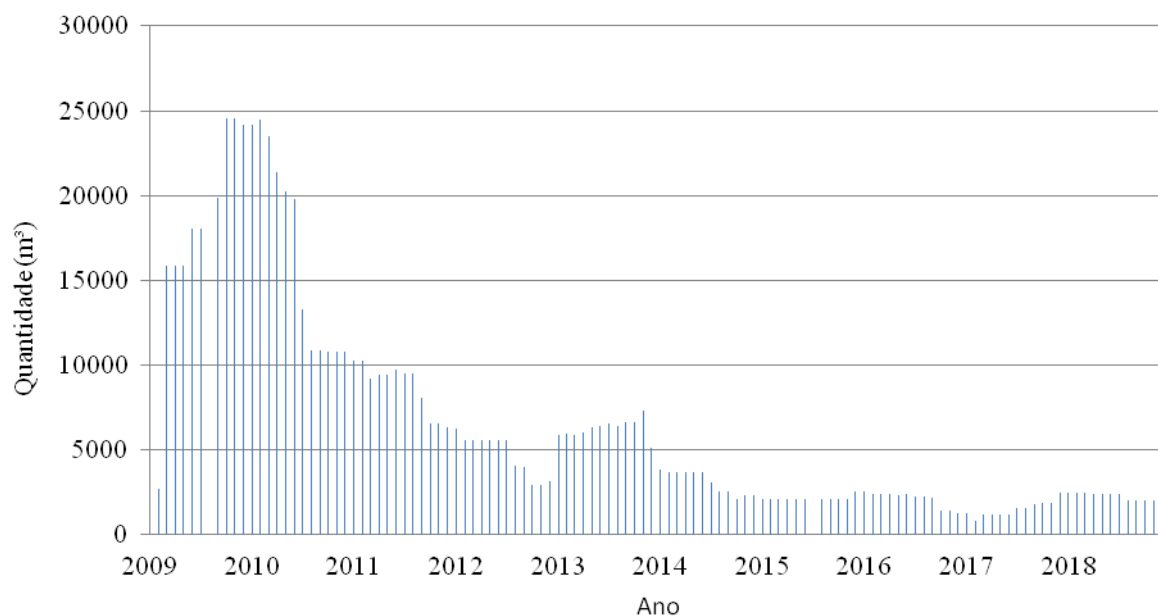


Fonte: autoria própria, 2021

Observa-se a partir da Tabela 27 e do Gráfico 8 que o total executado de camada de subleito (C1) entre 2009 e 2018, foi 770.548,16 m<sup>3</sup> e 1.100,78 km. Além disso, observa-se que em 2009 e 2010 foi executado por volta de 200.000m<sup>3</sup> em cada ano. A partir de então, o consumo médio reduziu em 47,7% entre 2010 e 2011, e em 45,9% entre 2011 e 2012. De maneira geral, o consumo médio reduziu entre 2009 e 2018, exceto no ano de 2013, no qual foi observado um aumento de 32,3% em relação ao ano anterior, e no ano de 2018, que apresentou aumento de 48% em relação a 2017.

Além disso, o Gráfico 8, a seguir, apresenta a série histórica do total executado mês a mês da camada de subleito (C1), de acordo com os dados constantes no APÊNDICE N – TOTAL MENSAL.

Gráfico 8 - Quantidades mensais em m<sup>3</sup> da camada de subleito (C1) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018.



Fonte: autoria própria, 2021

Observa-se a partir do Gráfico 8 que, as menores quantidades de execução da camada de subleito ocorreram entre o início do ano de 2015 e final de 2017, com registro de não execução no mês de julho de 2015.

#### 4.3.3.2 Camada de sub-base (C2)

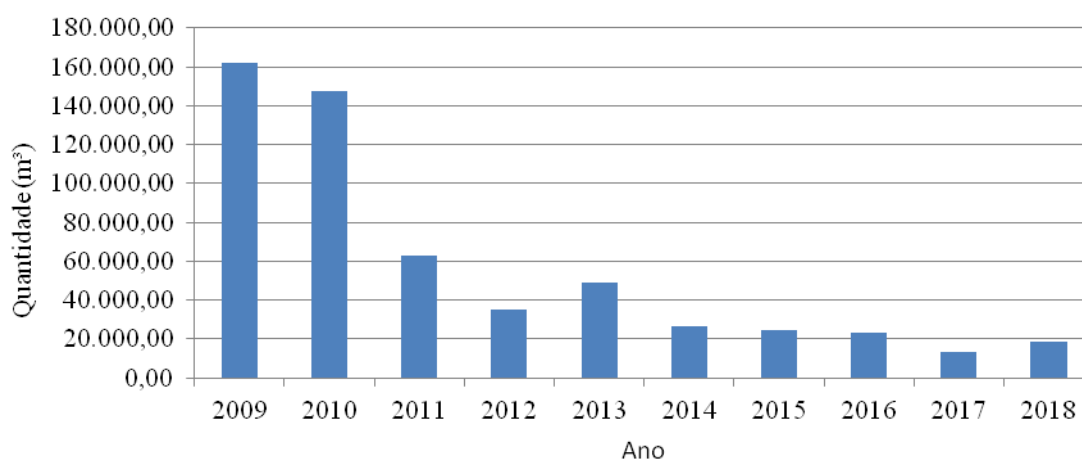
Para a camada de sub-base (C2), a Tabela 28 o Gráfico 9 apresentam os resultados resumidos obtidos entre 2009 e 2018 com valores totais por ano de volume executado e de quilômetros padrão executados.

Tabela 28 – Quantidade por ano, em metros cúbicos e quilômetros, da camada de sub-base (C2) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018.

Ano	Volume Total (m <sup>3</sup> )	Quilômetro padrão total (km/ano)
2009	162.370,26	231,96
2010	147.316,68	210,45
2011	62.730,84	89,62
2012	35.224,74	50,32
2013	48.767,89	69,67
2014	26.867,24	38,38
2015	24.584,93	35,12
2016	23.587,61	33,70
2017	13.537,03	19,34
2018	18.636,37	26,62
<b>TOTAL</b>	<b>563.623,58</b>	<b>805,18</b>

Fonte: Autoria própria, 2021.

Gráfico 9 – Quantidade total, em m<sup>3</sup>, por ano de camada de sub-base (C2) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018

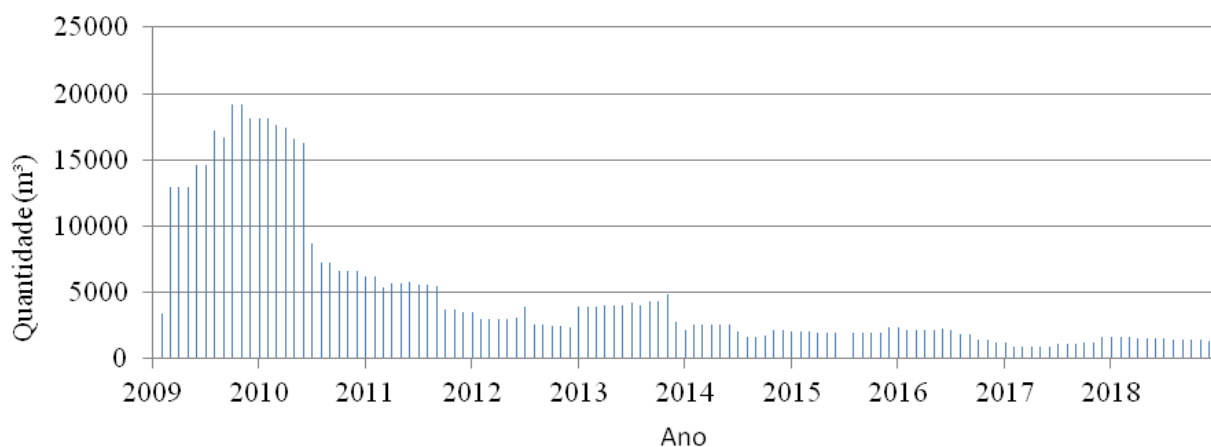


Fonte: autoria própria, 2021

Similarmente ao que foi observado nos resultados da camada da camada de subleito (C1), a camada de sub-base (C2) apresentou queda de execução nas obras de pavimentação, conforme mostram a Tabela 28 e o Gráfico 9, cujo total entre 2009 e 2018 foi de 563.623,58 m<sup>3</sup> e 805,18 km. Como na análise anterior, foi observada diminuição do total entre 2009 e 2010 (redução de 8,6%), e entre 2010 e 2011 (redução de 57,4%), e entre 2011 e 2012 (redução de 43,8%). A camada de sub-base (C2) também apresentou uma queda geral de execução, apesar do aumento de 38,4% de 2012 para 2013 e, novamente, de 37,7% de 2017 para 2018.

Além disso, o Gráfico 10, a seguir, apresenta a série histórica do total executado mês a mês da camada de sub-base (C2), de acordo com os dados constantes no APÊNDICE N – TOTAL MENSAL.

Gráfico 10 - Quantidades mensais, em m<sup>3</sup>, da camada de sub-base (C2) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018.



Fonte: autoria própria, 2021

Observa-se a partir do Gráfico 10 que, as menores quantidades de execução da camada de sub-base ocorreram a partir de 2014, com registro de que não houve execução no mês de julho de 2015.

#### 4.3.3.3 Camada de base (C3)

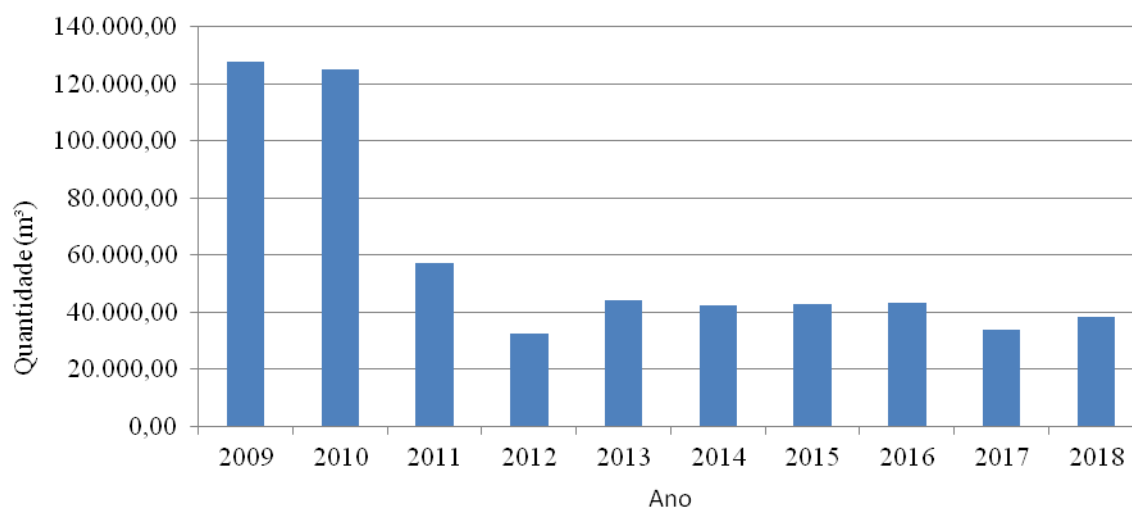
Para a camada de base (C3), a Tabela 29 e o Gráfico 11 apresentam os resultados resumidos obtidos entre 2009 e 2018 com valores totais por ano de volume executado de 587.078,94 m<sup>3</sup> e de extensão padrão executada de 838,68 km, calculados a partir das Equações 5, 6 e 7 do item 0.

Tabela 29 – Quantidade por ano, em metros cúbicos e quilômetros, da camada de base (C3) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018

Ano	Volume Total (m <sup>3</sup> )	Quilômetro padrão total (km/ano)
<b>2009</b>	127.898,36	182,71
<b>2010</b>	124.984,54	178,55
<b>2011</b>	57.353,63	81,93
<b>2012</b>	32.246,43	46,07
<b>2013</b>	44.212,12	63,16
<b>2014</b>	42.520,84	60,74
<b>2015</b>	42.863,95	61,23
<b>2016</b>	43.031,67	61,47
<b>2017</b>	33.577,28	47,97
<b>2018</b>	38.390,12	54,84
<b>TOTAL</b>	<b>587.078,94</b>	<b>838,68</b>

Fonte: autoria própria, 2021

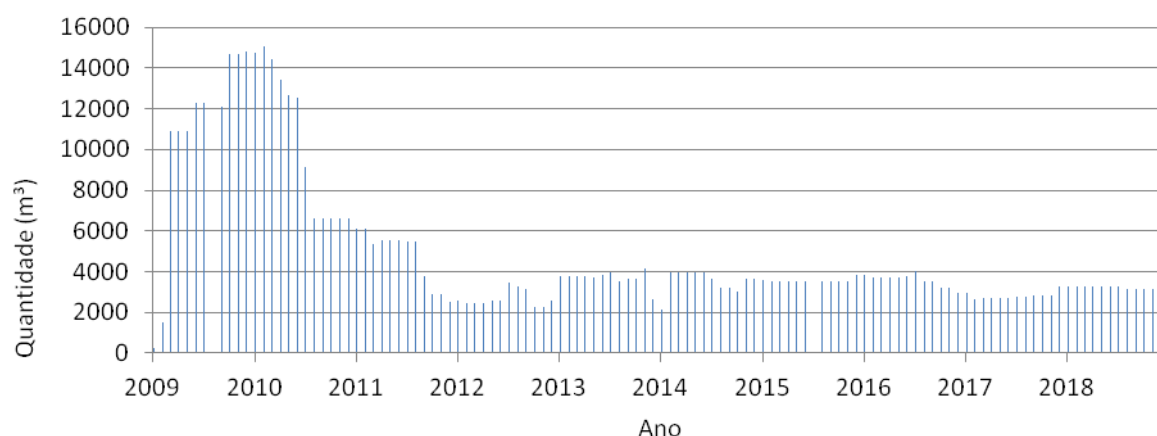
Gráfico 11 – Quantidade total, em m<sup>3</sup> por ano, da camada de base (C3) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018



Fonte: autoria própria, 2021

No caso da camada de base (C3), pode-se ver, pela Tabela 29 e pelos valores apresentados no Gráfico 11, que houve, similarmente às análises das outras camadas, diminuição de 54,1% entre 2010 e 2011 e de 43,8% entre 2011 e 2012. Além disso, apesar de 2013 ter apresentado aumento na execução da camada de base (C3), 37,1% em relação ao ano anterior, assim como as outras camadas, nota-se também que o total não variou tanto entre 2013 e 2016, conforme mostrado no Gráfico 12.

Gráfico 12 - Quantidades mensais, em m<sup>3</sup>, da camada de base (C3) executadas em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018



Fonte: autoria própria, 2021

Da mesma forma e de acordo com o Gráfico 12, observa-se que em 2018 houve, novamente, um pequeno aumento de execução de 14,3% em relação a 2017, cuja série histórica do total

executado mês a mês da camada de base (C3) está apresentada no APÊNDICE J – TOTAL MENSAL

Com os resultados obtidos para cada uma das camadas de pavimento, foi possível a consolidação, em uma única tabela dos totais de execução das três camadas, entre 2009 e 2018, conforme mostrado na tabela 30 a seguir.

Tabela 30 – Quantidades totais, em metros cúbicos e quilômetros-padrão, das camadas subleito (C1), sub-base (C2) e base (C3) executadas em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018

Ano	C1		C2		C3		TOTAL
	Qtde (m <sup>3</sup> )	(km/ano)	Qtde (m <sup>3</sup> )	(km/ano)	Qtde (m <sup>3</sup> )	(km/ano)	(m <sup>3</sup> )
<b>2009</b>	200.397,02	286,28	162.370,26	231,96	127.898,36	182,71	490.665,64
<b>2010</b>	200.912,31	287,02	147.316,68	210,45	124.984,54	178,55	473.213,53
<b>2011</b>	104.980,41	149,97	62.730,84	89,62	57.353,63	81,93	225.064,88
<b>2012</b>	56.761,54	81,09	35.224,74	50,32	32.246,43	46,07	124.232,71
<b>2013</b>	75.119,62	107,31	48.767,89	69,67	44.212,12	63,16	168.099,63
<b>2014</b>	37.000,98	52,86	26.867,24	38,38	42.520,84	60,74	106.389,06
<b>2015</b>	25.558,64	36,51	24.584,93	35,12	42.863,95	61,23	93.007,52
<b>2016</b>	25.156,79	35,94	23.587,61	33,70	43.031,67	61,47	91.776,07
<b>2017</b>	18.005,73	25,72	13.537,03	19,34	33.577,28	47,97	65.120,04
<b>2018</b>	26.655,13	38,08	18.636,37	26,62	38.390,12	54,84	83.681,62
<b>TOTAL</b>	<b>770.548,16</b>	<b>1.100,78</b>	<b>563.623,58</b>	<b>805,18</b>	<b>587.078,94</b>	<b>838,68</b>	<b>1.921.250,70</b>

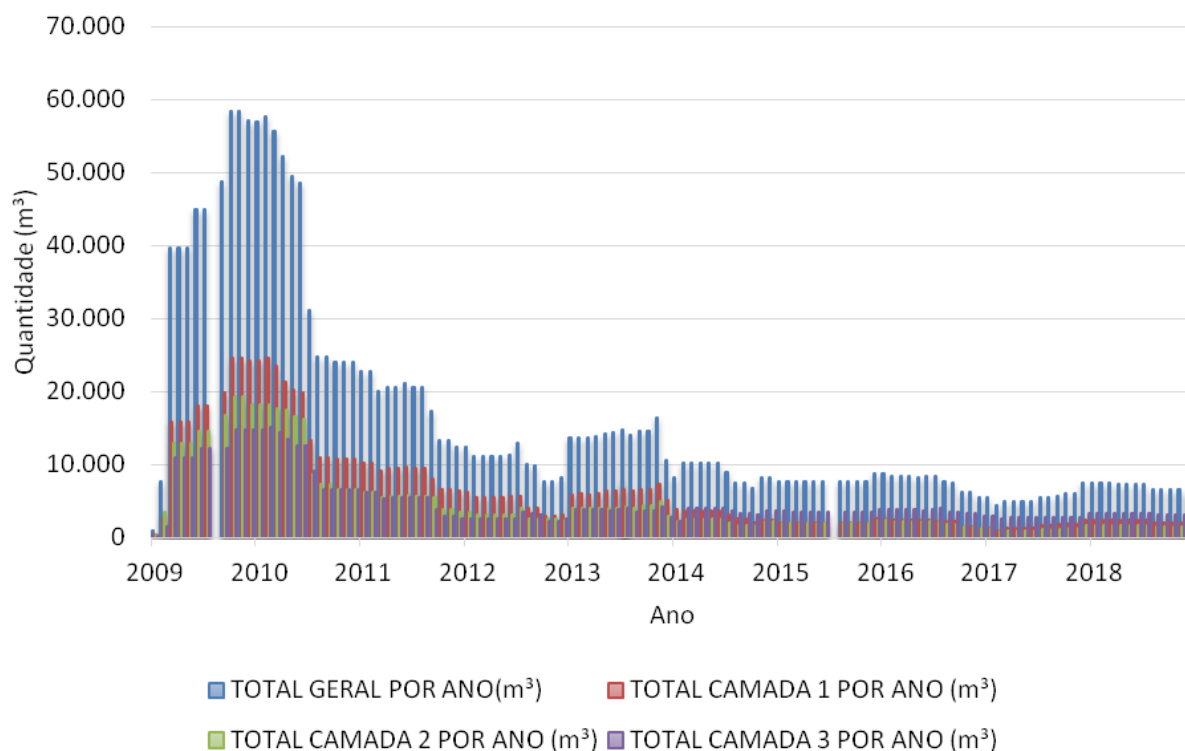
Fonte: autoria própria, 2021

Observa-se que a quantidade total de camadas de pavimento executadas entre 2009 e 2018 na Novacap e no DER/DF corresponde a 1.921.250,70 m<sup>3</sup>, algo em torno de 3,3 milhões de toneladas de insumos utilizados em serviços de execução de camadas em 10 anos. Além disso, totaliza, aproximadamente, 1.100 km de pavimentação executada neste mesmo período.

A consolidação da execução das três camadas de pavimentos no período de 2009 a 2018, mês a mês está mostrada no Gráfico 13, a seguir, obtida a partir do APÊNDICE L.



Gráfico 13 – Quantidades mensais, em m<sup>3</sup>, de execução de camadas de subleito (C1), sub-base (C2) e base (C3) em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018



Fonte: autoria própria, 2021

Observa-se que as quantidades de camadas de pavimento executadas entre os anos de 2009 a 2018 foram maiores nos primeiros anos de pesquisa, isto é, em 2009 e 2010, e reduziram, consideravelmente, nos anos sequenciais, a uma proporção de 10% no último ano, de 2018. Porém, enfatiza-se que houve uma elevação em 2013, algo em torno de 40% dos valores de 2009 e 2010.

#### 4.3.4 *Projeção da quantidade de camadas de pavimento para 12 meses*

Com os dados obtidos no item 4.3.3 referentes a execução de camadas de subleito, sub-base e base de pavimento em 120 meses, entre 2009 e 2018, foi possível estimar a projeção futura da quantidade de cada camada de pavimento a serem executados na Novacap e no DER, conforme análise e tratamento da série temporal na metodologia de Box e Jenkins, apresentada no item 3.2.3.2. Desta forma, foi considerado os doze meses de 2019 para projeção futura de obras de pavimentação.

Para cada camada, foram previstos quatro cenários, quais sejam:

- Cenário 1 - projeção obtida pela média aritmética, a partir do cálculo da média aritmética para cada mês, considerando os 10 anos de pesquisa;
- Cenário 2 – projeção obtida pela previsão pontual, a partir da análise da série temporal com aplicação da metodologia de Box e Jenkins (item 3.2.3.2);
- Cenário 3 – projeção obtida pela faixa de intervalo com limite inferior de 5%, a partir da análise da série temporal pela metodologia de Box e Jenkins (item 3.2.3.2);
- Cenário 4 – projeção obtida pela faixa de intervalo com limite superior de 95%, a partir da análise da série temporal pela metodologia de Box e Jenkins (item 3.2.3.2).

As projeções referentes aos cenários 2, 3 e 4 foram calculadas para o ano sequencial aos anos da pesquisa, isto é, como as obras cadastradas são do período de 2009 a 2018, o ano de projeção é 2019.

#### 4.3.4.1 Para camada de subleito (C1)

##### 4.3.4.1.1 Cenário 1: projeção pela média aritmética

Para obtenção da projeção do Cenário 1, foi calculada a média aritmética das quantidades executadas da camada de subleito dos pavimentos, considerando os valores unitários de cada mês, em m<sup>3</sup>, compreendidos entre os anos de 2009 e 2018, conforme APÊNDICE O, cujos resultados estão mostrados no Gráfico 14 a seguir.

Gráfico 14 – Quantidades mensais executadas e projeções pela média, em m<sup>3</sup>, da camada de subleito (C1), para o ano tipo (continua)

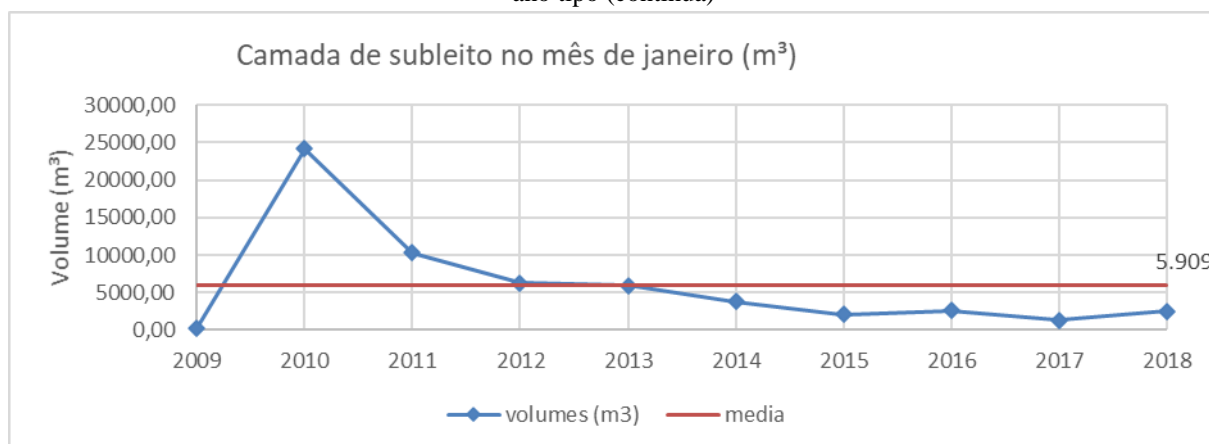


Gráfico 14 – Quantidades mensais executadas e projeções pela média, em m<sup>3</sup>, da camada de subleito (C1), para o ano tipo (continua)

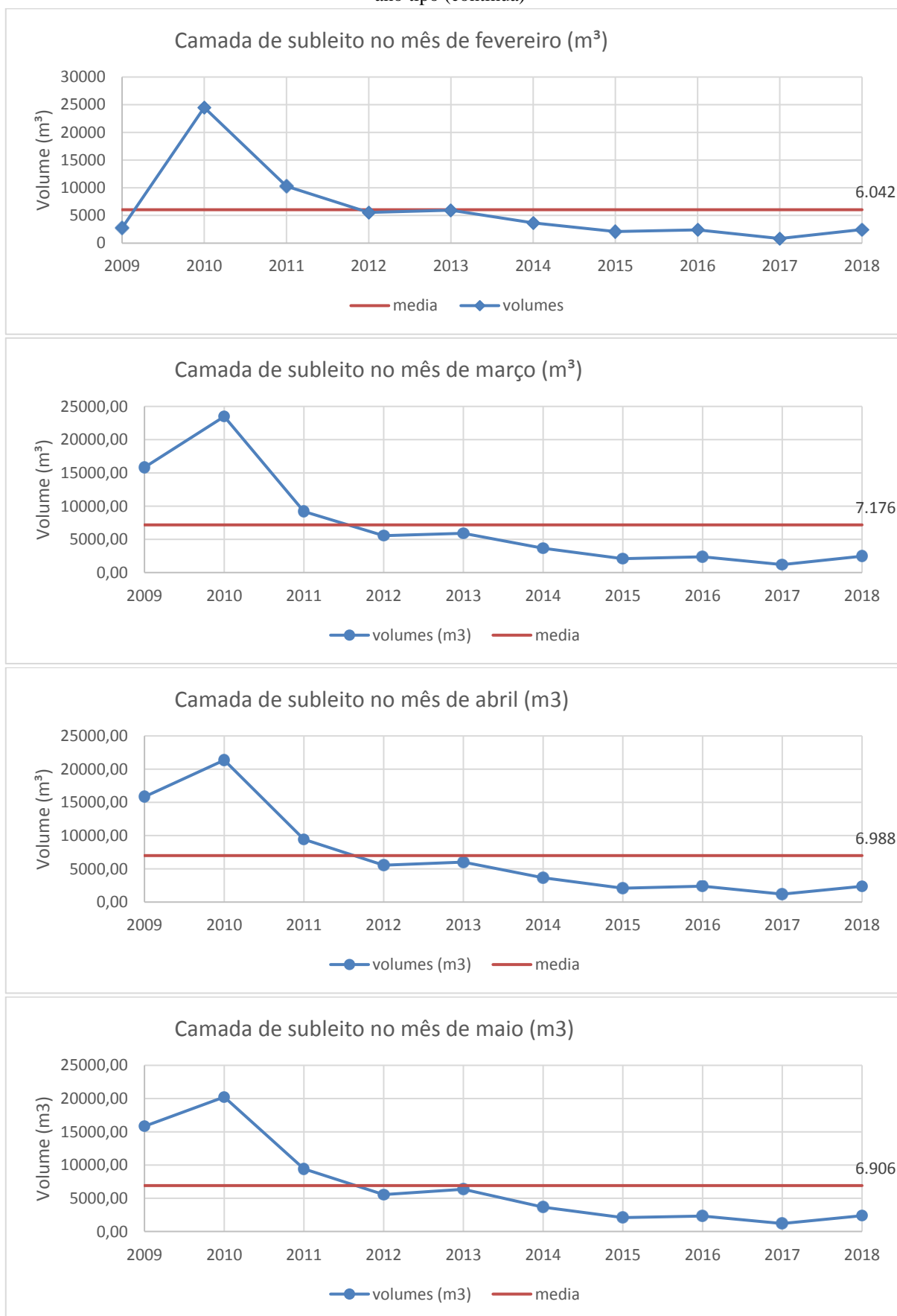


Gráfico 14 – Quantidades mensais executadas e projeções pela média, em m<sup>3</sup>, da camada de subleito (C1), para o ano tipo (continua)

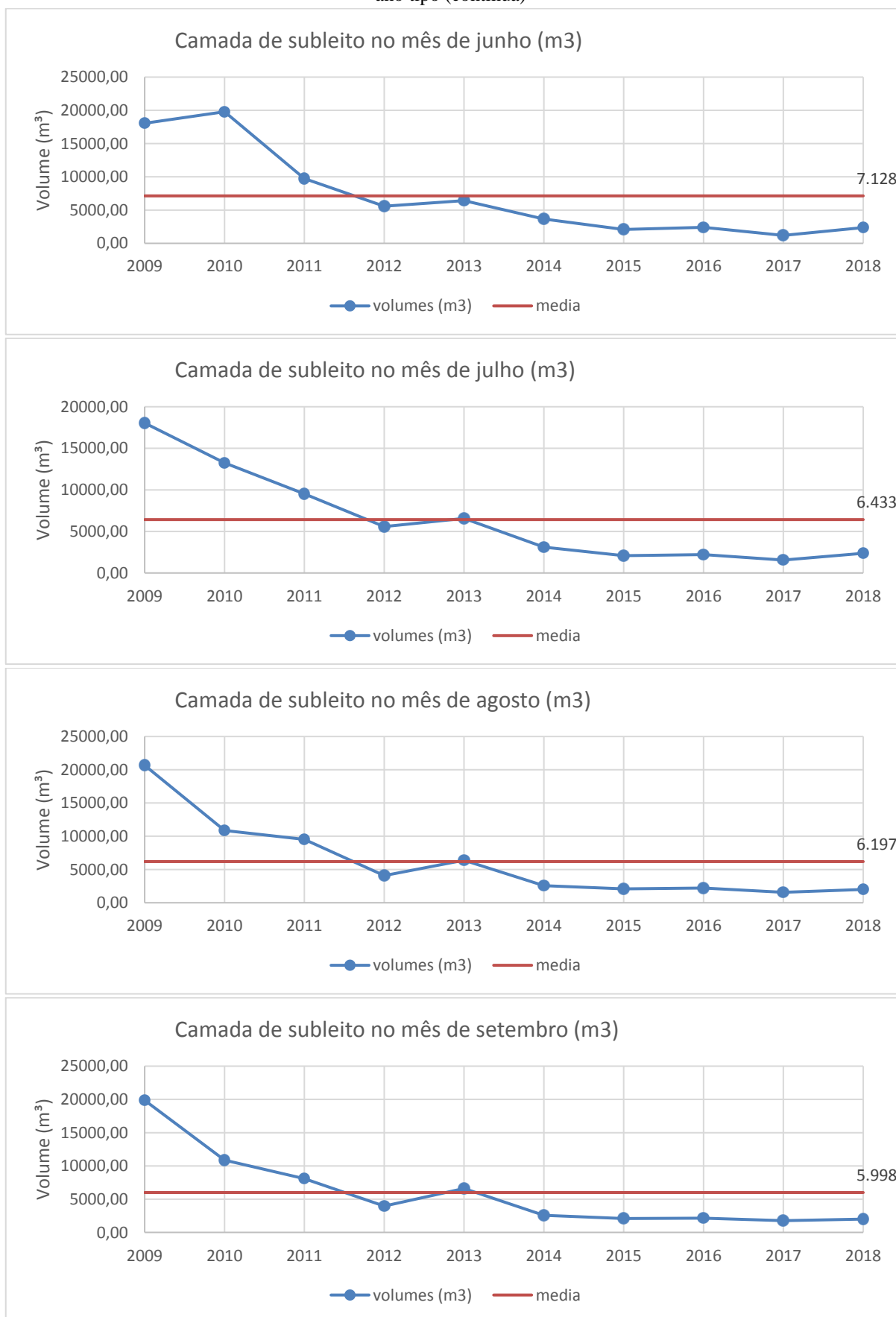
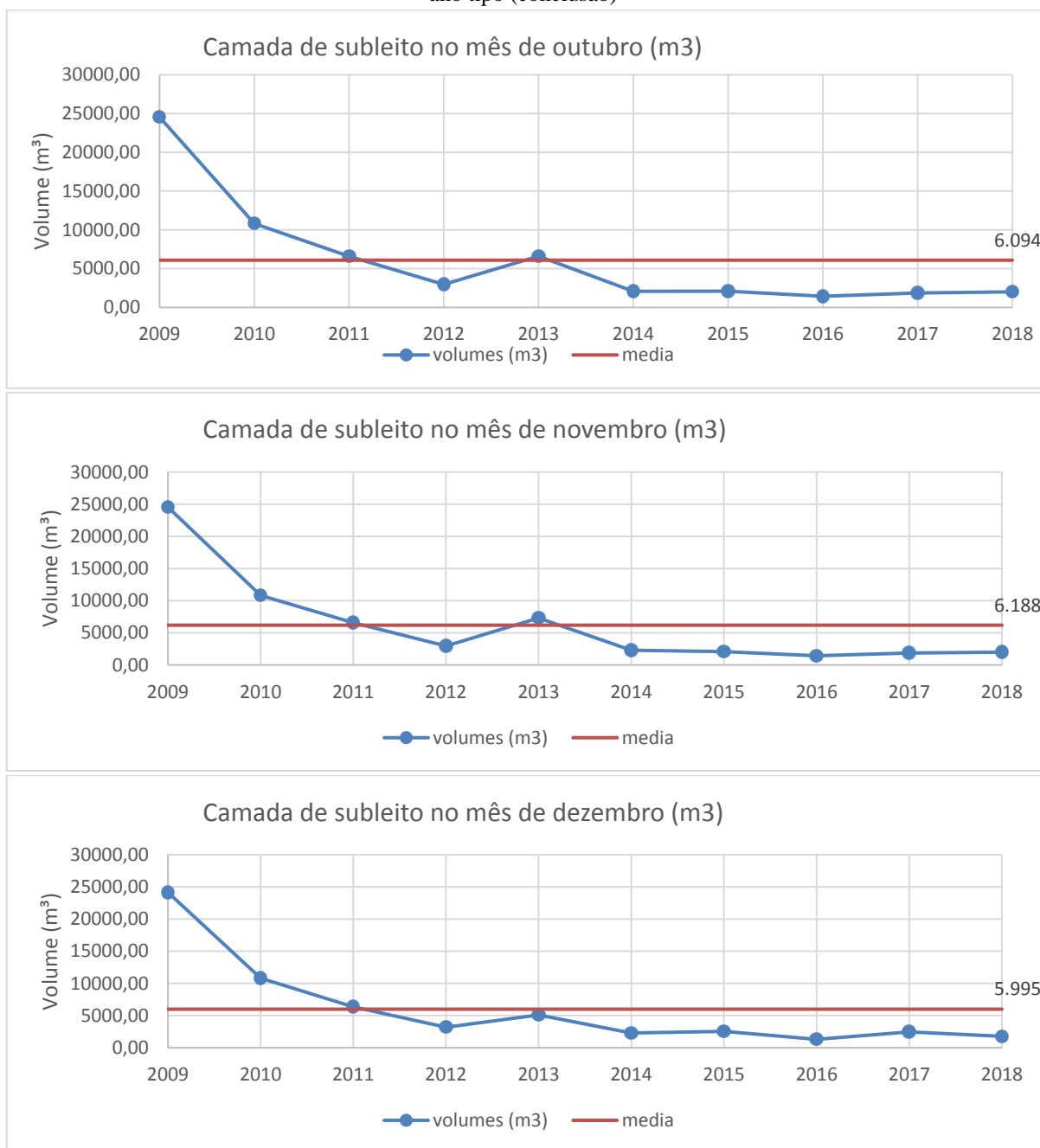


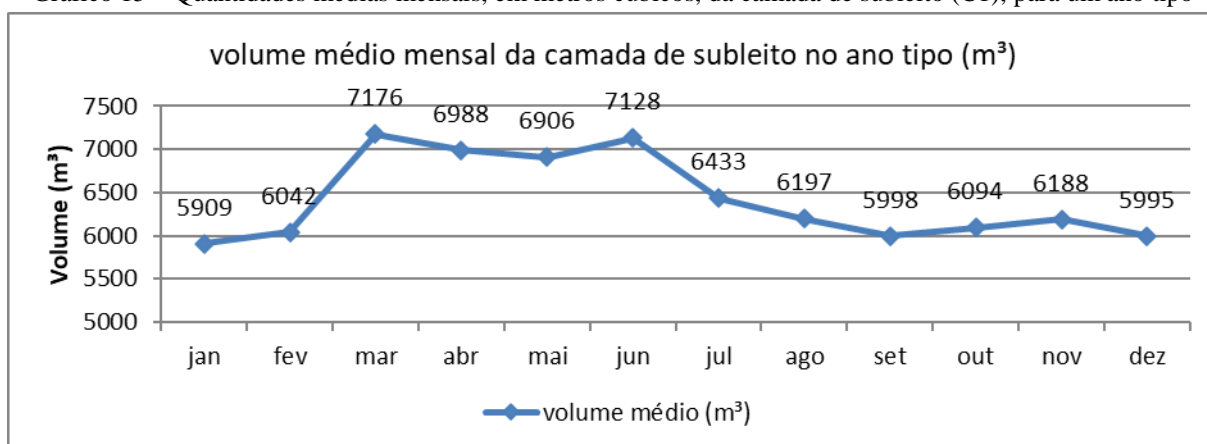
Gráfico 14 – Quantidades mensais executadas e projeções pela média, em m<sup>3</sup>, da camada de subleito (C1), para o ano tipo (conclusão)



Fonte: Autoria própria, 2021

Observa-se no Gráfico 14 que, ao longo de um ano tipo, o volume médio da camada de subleito (C1) variou de 5.909 m<sup>3</sup> a 7.176 m<sup>3</sup>, sendo os meses de março e junho os de maiores valores, conforme destacado no Gráfico 15, a seguir.

Gráfico 15 – Quantidades médias mensais, em metros cúbicos, da camada de subleito (C1), para um ano tipo



Fonte: Autoria própria, 2021

Observa-se no Gráfico 15 mostrado que as quantidades estimadas para a camada de subleito em 12 meses tem uma variação de 1.267 m<sup>3</sup>, entre o menor valor, 5909 m<sup>3</sup> em janeiro, e o maior valor, 7.176 m<sup>3</sup> em março, correspondente a 21%.

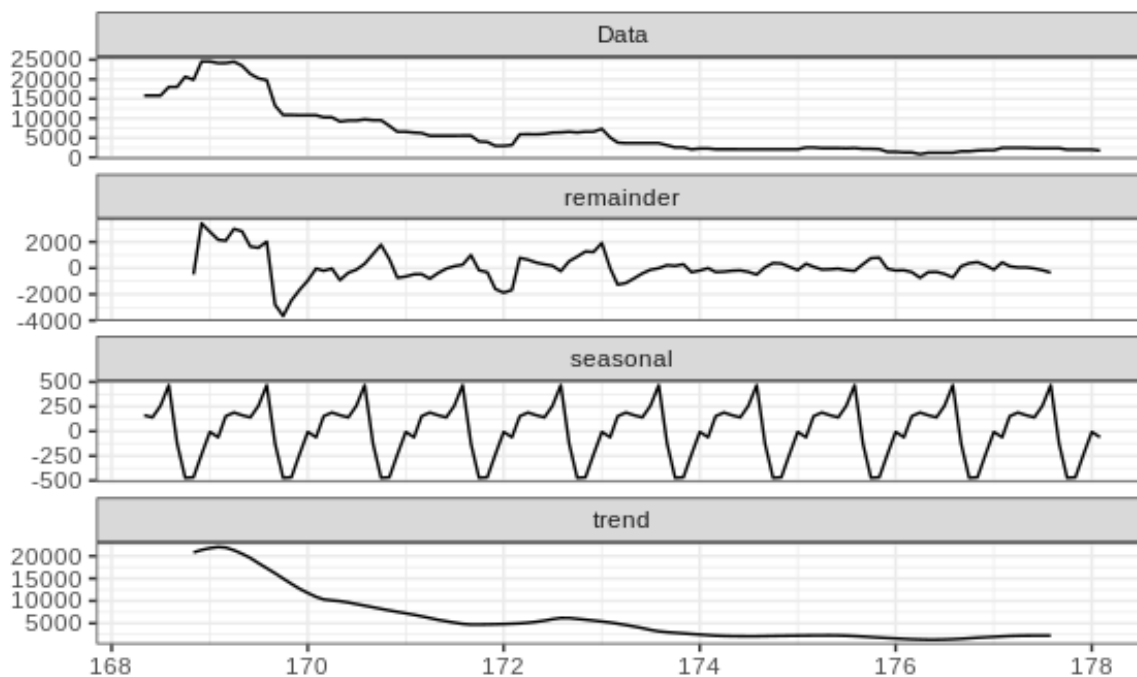
#### 4.3.4.1.2 Cenários 2, 3 e 4: pela análise estatística

Para obtenção da projeção nos cenários 2, 3 e 4, foi realizada análise estatística da série temporal das quantidades mensais executadas nos 120 meses da pesquisa, conforme descrito no item 3.2.3.2.3, objetivando interpretar os dados ao longo do tempo e suas dependências e tendências. (Anexo VII – RELATÓRIO DE PREVISÕES).

Foi possível analisar o comportamento dos dados obtidos ao longo dos 10 anos em estudo, 2009 a 2018, e estimar uma projeção futura a partir de obras executadas na Novacap e no DER/DE, para a camada de subleito (C1), para o ano sequencial, 2019.

De acordo com o Gráfico 16, mostrado no item 4.3.1.4, a série tem tendência geral ao decréscimo, estabilizando-se nos últimos pontos. Além disso, não é perceptível nenhum padrão cíclico ou sazonal na série, conforme mostrado no Gráfico 16, a seguir.

Gráfico 16 - Gráficos da decomposição da série temporal da camada 1, (C1) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018.



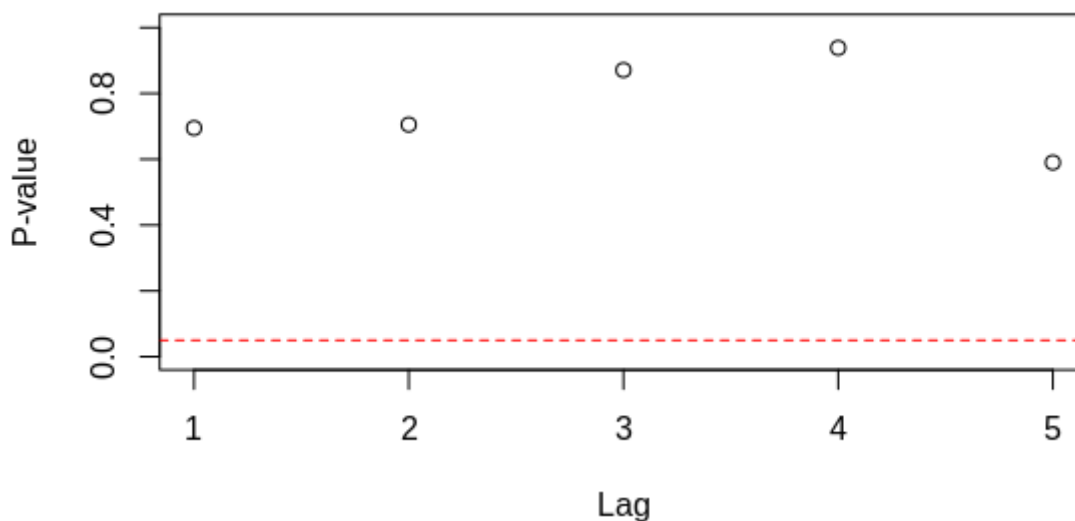
Fonte: Relatório ESTAT Consultoria Estatística, 2021

Pela decomposição apresentada no Gráfico 16, percebe-se, claramente, a tendência decrescente, de forma que os dados não são estacionários, pois os resíduos variam muito no início da série e são mais estáveis ao final dela, dando indícios de heteroscedasticidade, o que foi contornado com a transformação logarítmica dos dados.

Para tornar a série estacionária, tomou-se uma diferença da série logarítmica e aplicou-se o teste KPSS, onde foi obtido p-valor igual a 0,1, concluindo-se pela não rejeição a hipótese nula de estacionariedade.

O Gráfico 17, a seguir, mostra que os resíduos parecem ser estacionários e que apenas uma *lag* apresentou autocorrelação fora das bandas de confiança.

Gráfico 17 – P-valor do teste de McLeod-Li para camada 1, (C1) executada em obras de pavimentação na Novacap e no DER/DF, entre 2009 e 2018



Fonte : Relatório ESTAT Consultoria Estatística, 2021

Nos testes apresentados nos Gráficos 16 e 17, verificou-se que as hipóteses de estacionariedade dos resíduos e de independência não foram violadas, bem como não foram encontradas evidências de heteroscedasticidade.

Desta forma, as previsões pontuais e intervalares de execução de camadas de subleito (C1) para os 12 meses sequenciais ao período de estudo, ou seja, para o ano de 2019, estão mostradas na Tabela 31 e no Gráfico 18, a seguir.

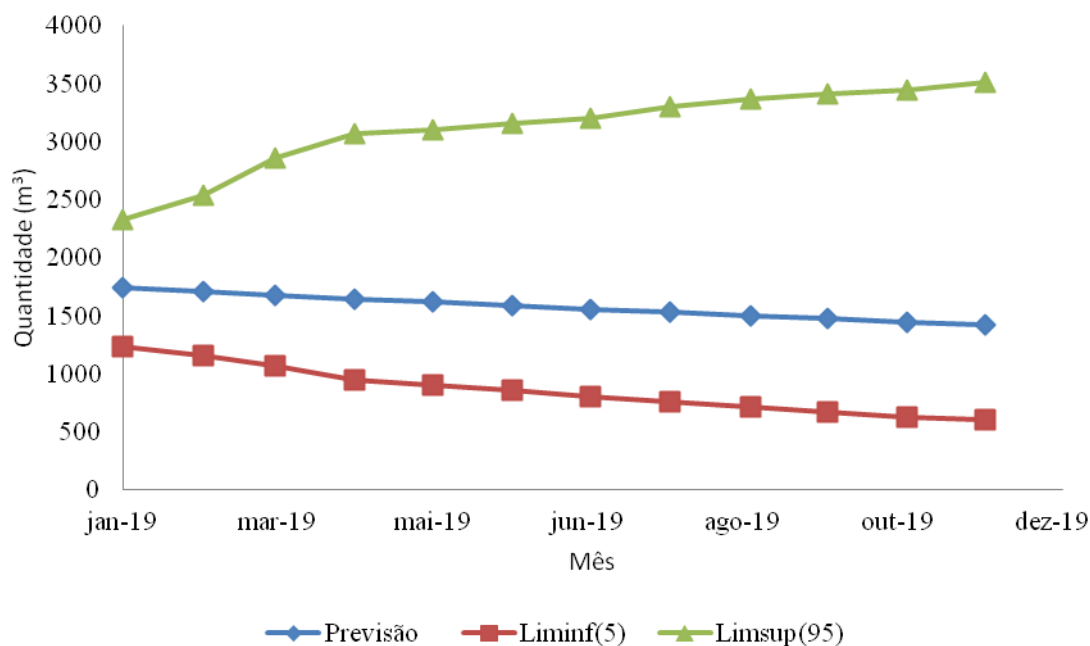
Tabela 31 – Previsões pontuais e intervalares para a camada de subleito (C1), em metros cúbicos, para 2019

Mês/Ano	Previsão pontual (cenário 2) (m <sup>3</sup> )	Previsões intervalares (m <sup>3</sup> )	
		Limite inferior (5%) (cenário 3)	Limite superior (95%) (cenário 4)
Jan/2019	1.744,59	1.240,03	2.325,56
Fev/2019	1.712,28	1.152,99	2.538,58
Mar/2019	1.680,57	1.064,19	2.857,80
Abr/2019	1.649,45	950,61	3.072,31
Mai/2019	1.618,90	904,68	3.107,72
Jun/2019	1.588,92	853,84	3.159,12
Jul/2019	1.559,49	799,40	3.206,86
Ago/2019	1.530,61	755,95	3.306,42
Set/2019	1.502,27	712,25	3.374,02
Out/2019	1.474,45	667,43	3.409,59
Nov/2019	1.447,14	630,65	3.445,71
Dez/2019	1.420,34	608,23	3.515,91
<b>Total</b>	<b>18.929,01</b>	<b>10.340,25</b>	<b>37.319,60</b>

Fonte: autoria própria, 2021



Gráfico 18 – Previsões pontuais e intervalares para a camada de subleito (C1), em m<sup>3</sup>, para 12 meses, de janeiro a dezembro de 2019

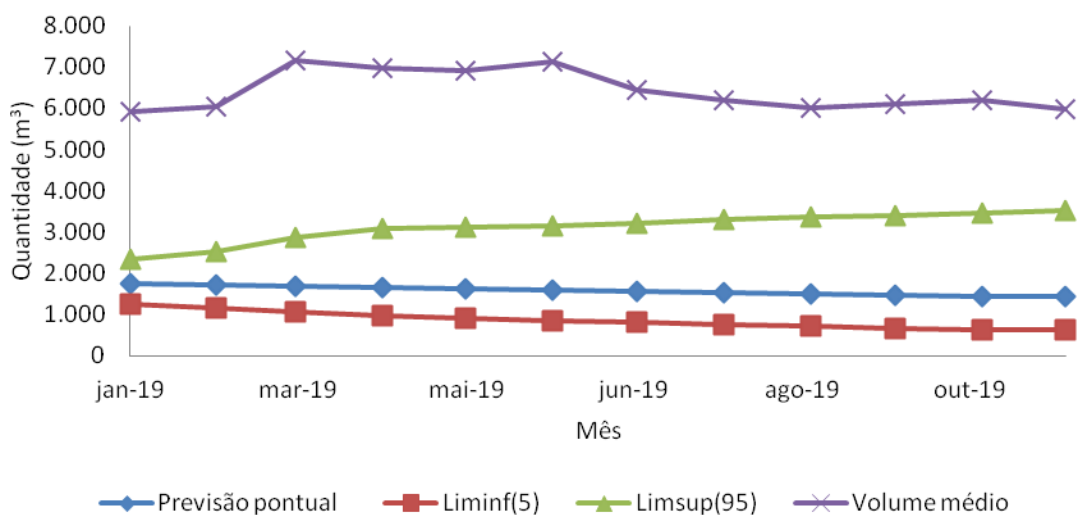


Fonte: autoria própria, 2021

Observa-se a partir da Tabela 31 e do Gráfico 18 que a previsão de execução da camada de subleito (C1) varia num intervalo de 10.340,25 m<sup>3</sup>, limite inferior de 5%, a 37.319,60 m<sup>3</sup>, limite superior de 95%, em um ano, com previsão pontual de 18.929,01 m<sup>3</sup> e com tendência de redução mês a mês de 2%.

Consolidando os resultados dos quatro cenários propostos, ou seja, pela média e pelas previsões da análise estatística para a camada de subleito (C1) para o ano de 2019, obtem-se o Gráfico 19 a seguir.

Gráfico 19 – Comparativo entre projeções e médias da camada de subleito (C1), em metros cúbicos, para 2019



Fonte: autoria própria, 2021

Constata-se que os valores médios são superiores as previsões obtidas na análise da série temporal, conforme mostrado no APÊNDICE M – PREVISÕES. Observa-se também que os valores elevados das quantidades médias foram influenciados pelos valores iniciais executados nos anos de 2009 e 2010. Ao contrário disso, como os valores executados diminuíram ao longo dos anos, exceto em 2013 e 2018, as previsões futuras para o ano de 2019 são mais baixas com tendência ao decrescimento.

#### 4.3.4.2 Para camada de sub-base (C2)

##### 4.3.4.2.1 Cenário 1: projeção pela média aritmética

Para obtenção da projeção do Cenário 1, foi calculada a média aritmética das quantidades executadas da camada de sub-base dos pavimentos, considerando os valores unitários de cada mês, em m<sup>3</sup>, compreendidos entre os anos de 2009 e 2018, conforme APÊNDICE O, cujos resultados estão mostrados no Gráfico 20 a seguir, para cada mês.

Gráfico 20 – Quantidades mensais e médias, em m<sup>3</sup>, da camada de sub-base (C2) para cada mês do ano tipo (continua)

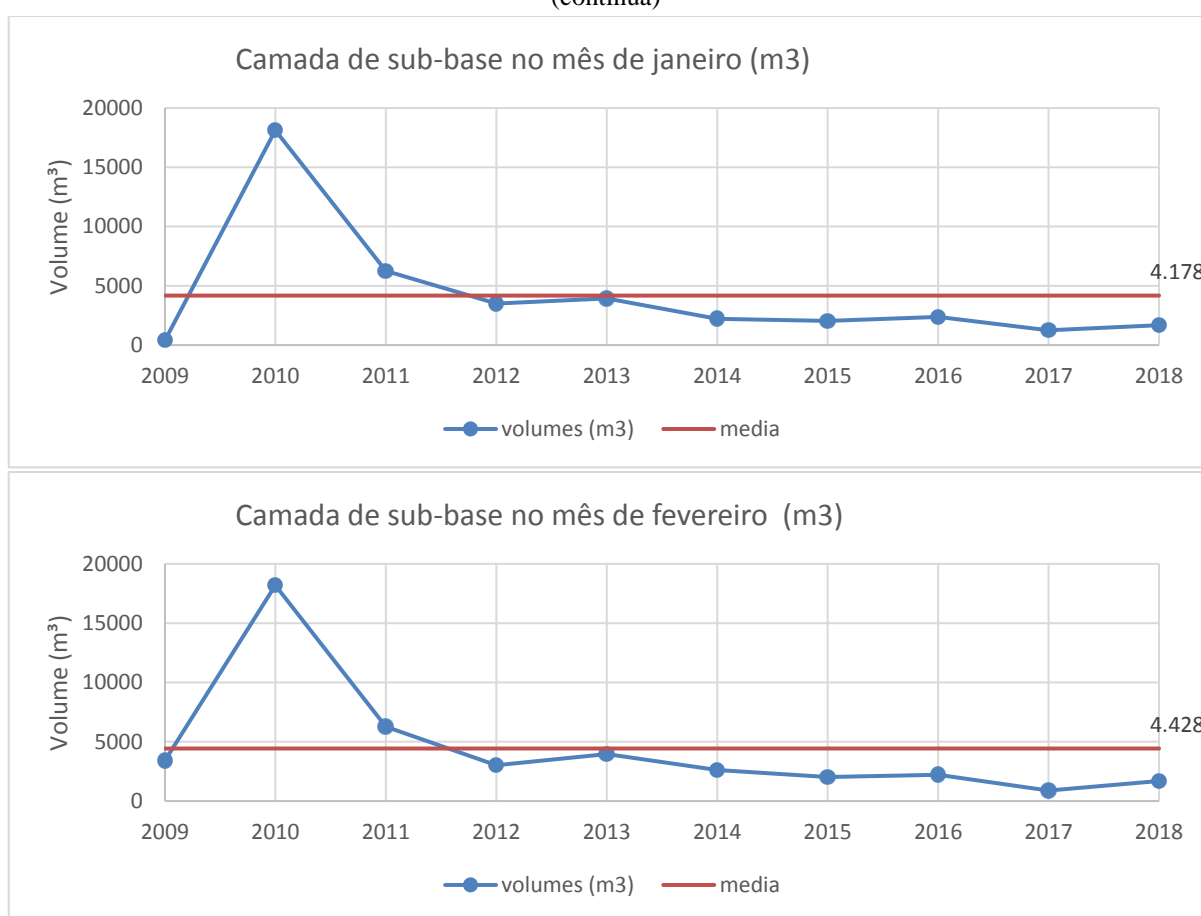


Gráfico 20 – Quantidades mensais e médias, em m<sup>3</sup>, da camada de sub-base (C2) para cada mês do ano tipo (continua)

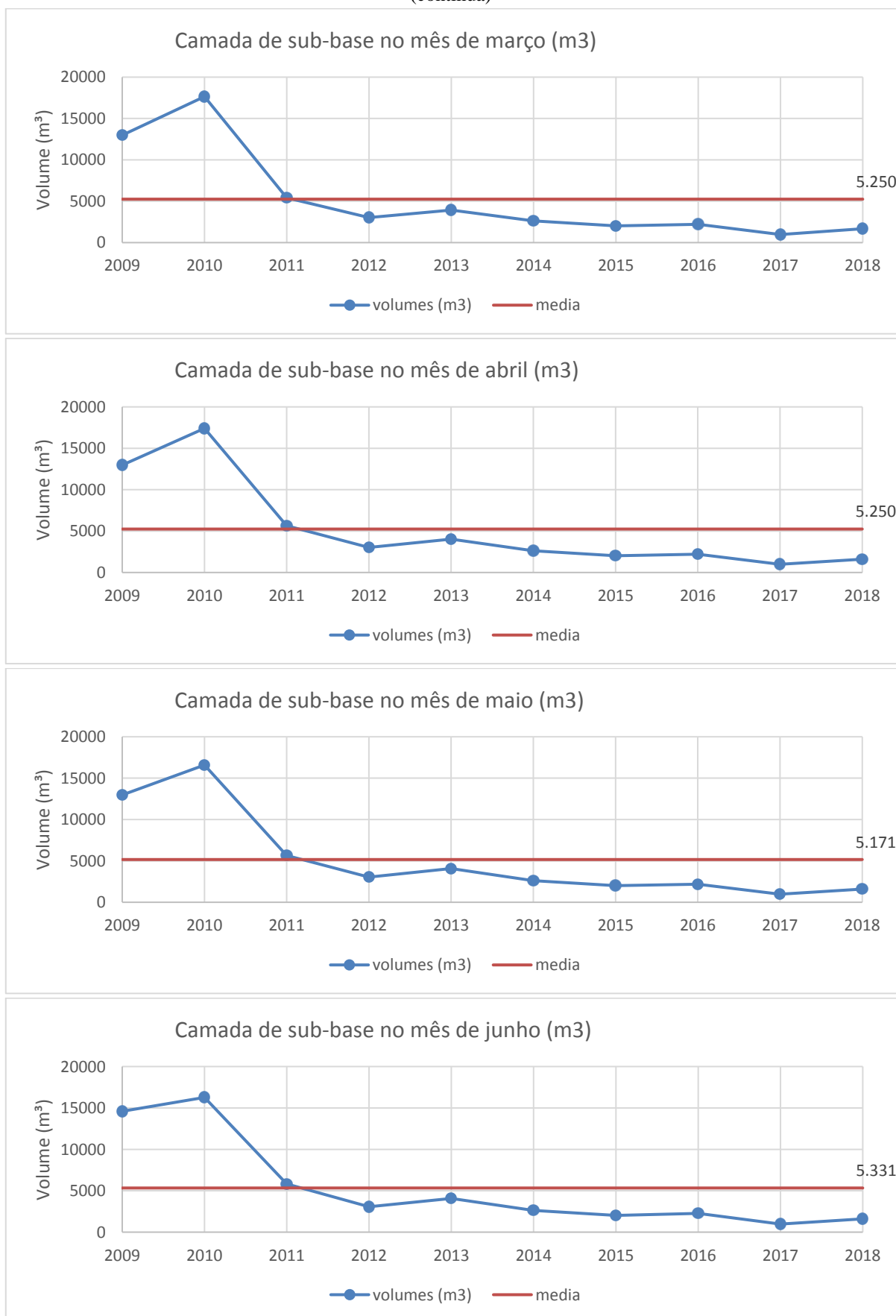


Gráfico 20 – Quantidades mensais e médias, em m<sup>3</sup>, da camada de sub-base (C2) para cada mês do ano tipo (continua)

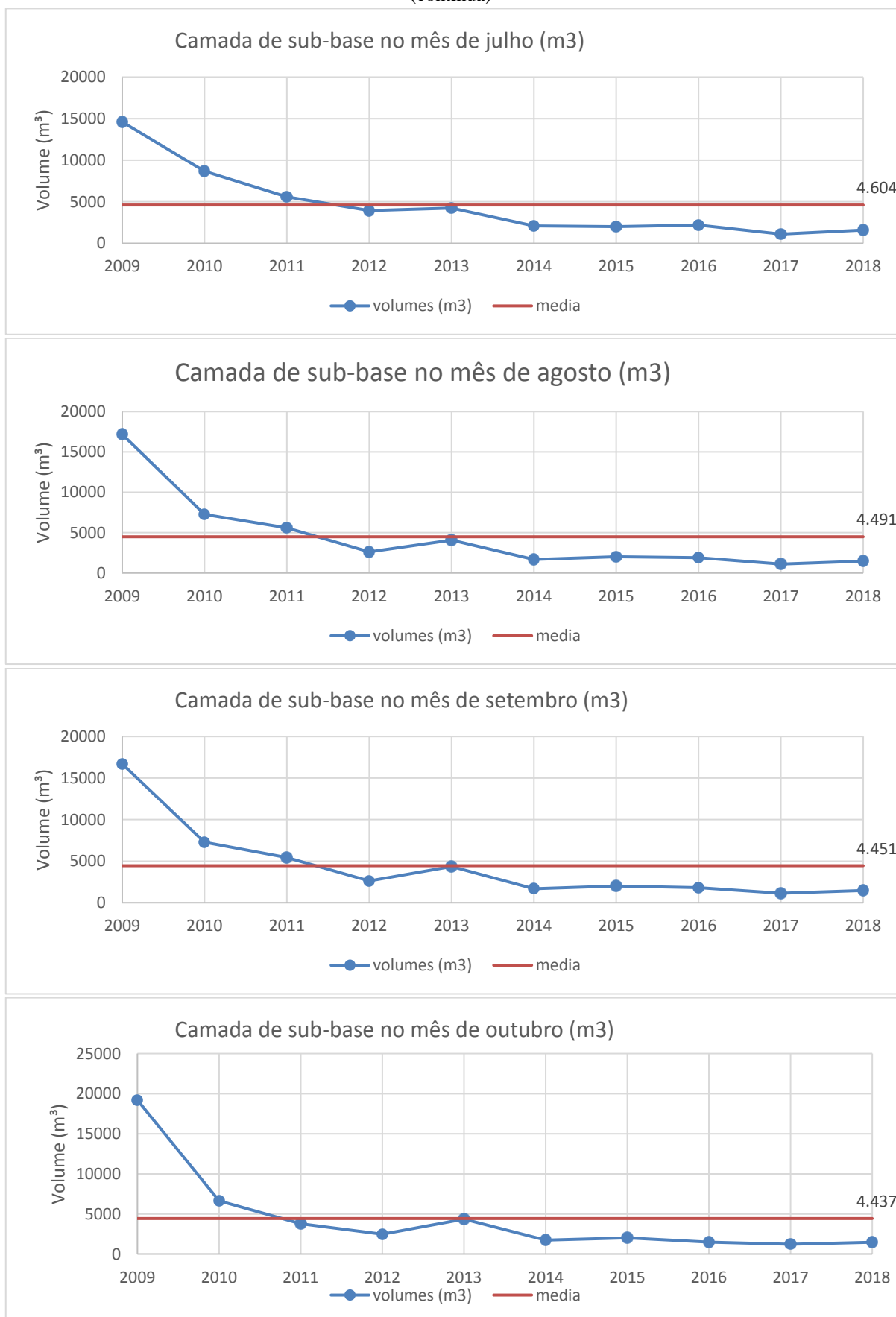
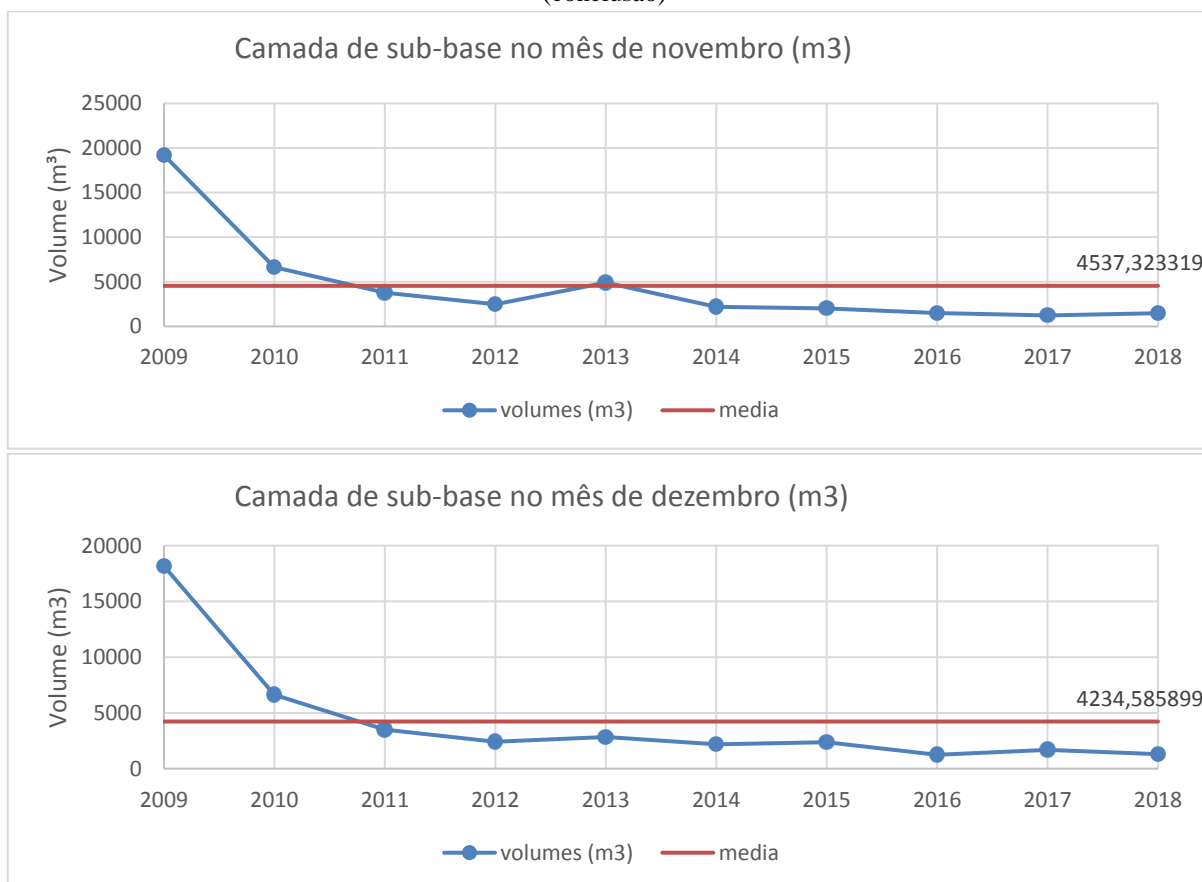


Gráfico 20 – Quantidades mensais e médias, em m<sup>3</sup>, da camada de sub-base (C2) para cada mês do ano tipo (conclusão)

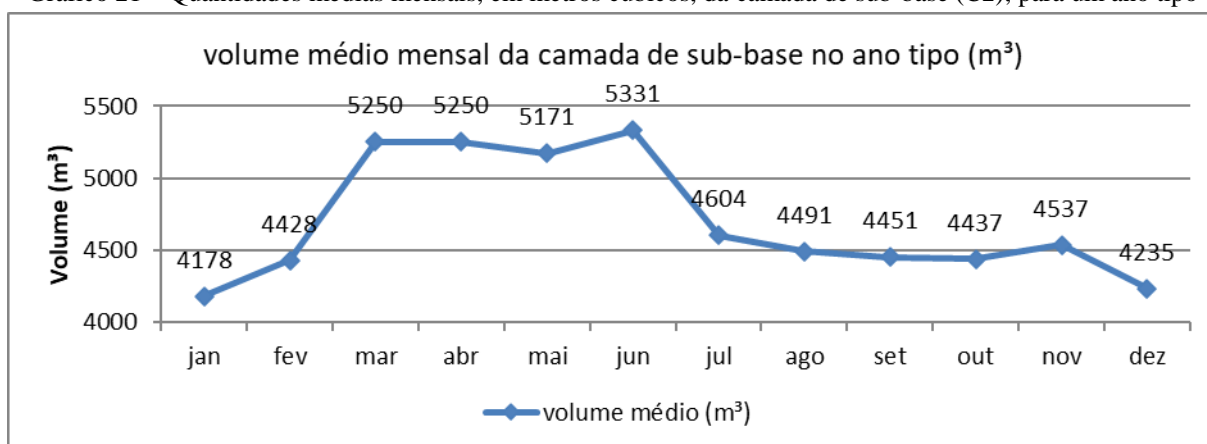


Fonte: autoria própria, 2021

O comportamento dos dados da camada de sub-base (C2) e seus resultados também levam as mesmas conclusões da camada de subleito, conforme exposto no APÊNDICE M – PREVISÕES.

Com os dados constantes no Gráfico 20, obtem-se o registro da quantidade média mensal executada da camada de sub-base para um ano tipo, conforme consolidação apresentada no Gráfico 21, a seguir.

Gráfico 21 – Quantidades médias mensais, em metros cúbicos, da camada de sub-base (C2), para um ano tipo



Fonte: autoria própria, 2021

Verifica-se no Gráfico 21 que, ao longo do ano base, o volume médio da camada de sub-base (C2) variou 1.153 m<sup>3</sup>, entre o menor valor, 4.178 m<sup>3</sup> em janeiro, e o maior valor, 5.331 m<sup>3</sup> em junho, correspondente a uma variação de 28%.

#### 4.3.4.2.2 Cenários 2, 3 e 4: pela análise estatística

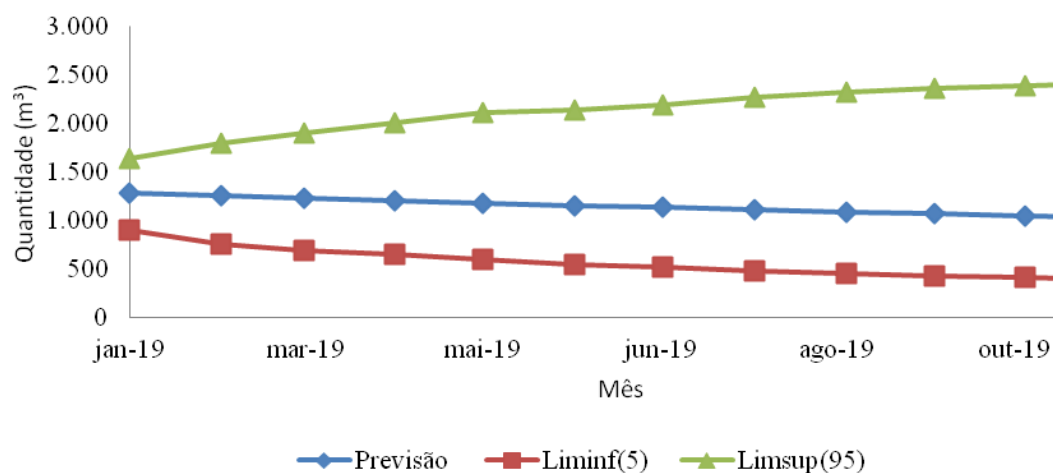
Igualmente à camada C1, foi realizada modelagem dos dados e empreendida análise da série temporal da camada de sub-base (C2), para obtenção da projeção nos cenários 2, 3 e 4, cujas previsões pontuais e intervalares de execução para os 12 meses sequenciais estão mostradas na Tabela 32 e no Gráfico 22, a seguir, Anexo VII – RELATÓRIO DE PREVISÕES.

Tabela 32 – Previsões pontuais e intervalares para a camada de subleito (C2), em metros cúbicos, para 2019

Mês	Previsão pontual (m³)	Previsões intervalares (m³)	
		Limite Inferior (5%)	Limite Superior (95%)
Jan/2019	1.280,59	906,46	1.648,35
Fev/2019	1.255,70	756,28	1.797,36
Mar/2019	1.231,30	699,15	1.910,12
Abr/2019	1.207,37	660,31	2.016,06
Mai/2019	1.183,91	605,99	2.110,68
Jun/2019	1.160,90	555,77	2.147,14
Jul/2019	1.138,34	520,43	2.195,17
Ago/2019	1.116,22	487,72	2.269,06
Set/2019	1.094,53	453,77	2.326,43
Out/2019	1.073,26	436,79	2.368,00
Nov/2019	1.052,41	416,22	2.392,01
Dez/2019	1.031,95	393,86	2.425,94
<b>Total</b>	<b>13.826,48</b>	<b>6.892,75</b>	<b>25.606,32</b>

Fonte: autoria própria, 2021

Gráfico 22 – Previsões pontuais e intervalares para a camada de sub-base (C2), em metros cúbicos, de janeiro a dezembro de 2019

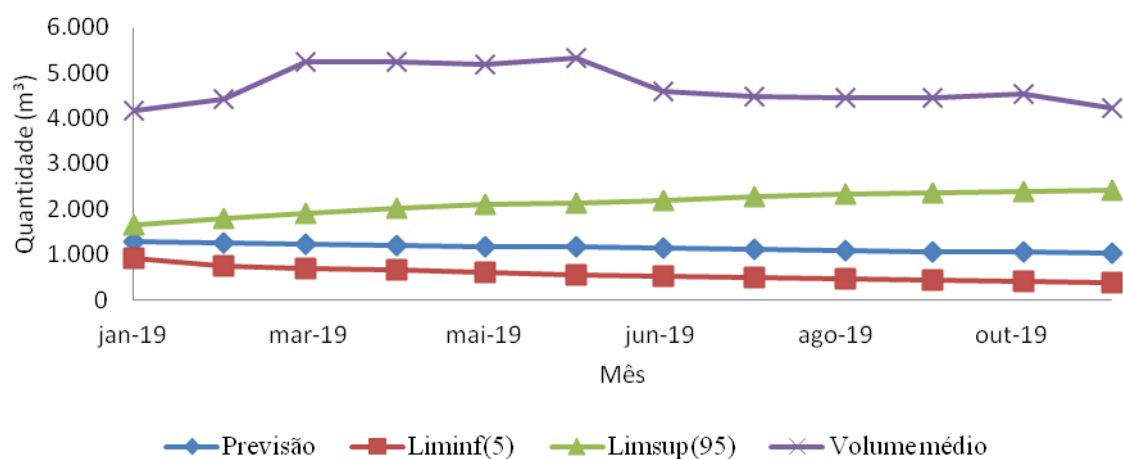


Fonte: autoria própria, 2021

Observa-se a partir da Tabela 32 e do Gráfico 22 que, a previsão de execução da camada de sub-base (C2) varia de 6.892,75 m<sup>3</sup>, limite inferior de 5%, a 25.606,32 m<sup>3</sup>, limite superior de 95%, em um ano, com previsão pontual de 13.826,48 m<sup>3</sup> e com tendência de redução mês a mês de 2%.

Consolidando os resultados dos quatro cenários propostos, ou seja, pela média e pelas previsões da análise estatística para a camada de sub-base (C2) de um ano tipo, obtém-se o Gráfico 23 a seguir.

Gráfico 23 – Comparativo entre previsões para a camada de sub-base (C2) e quantidades médias para um ano tipo, em metros cúbicos



Fonte: autoria própria, 2021

Observa-se a partir do Gráfico 23 que, o volume médio mensal da camada de sub-base (C2) de um ano tipo é superior aos valores obtidas na análise da série temporal, tanto para previsão

pontual, cenário 2, como para as previsões intervalares de limite inferior (5%) e limite superior (95%), cenários 3 e 4, respectivamente, o que foi influenciado pelos valores iniciais executados nos anos de 2009 e 2010. Contudo, como os valores executados diminuíram ao longo dos anos, exceto em 2013 e 2018, as previsões futuras para o ano de 2019 são mais baixas com tendência ao decréscimo.

#### 4.3.4.3 Para camada de base (C3)

##### 4.3.4.3.1 Cenário 1: projeção pela média aritmética

Para obtenção da projeção do Cenário 1, foi calculada a média aritmética das quantidades executadas da camada de base dos pavimentos, considerando os valores unitários de cada mês, em m<sup>3</sup>, compreendidos entre os anos de 2009 e 2018, conforme APÊNDICE O, cujos resultados estão mostrados no Gráfico 24 a seguir.

O comportamento dos dados da camada de base (C3) e seus resultados também levam as mesmas conclusões, conforme exposto no APÊNDICE M – PREVISÕES e na Gráfico 24, a seguir.

Gráfico 24 – Quantidades mensais e médias, em m<sup>3</sup>, da camada de base (C3) para cada mês do ano tipo (continua)

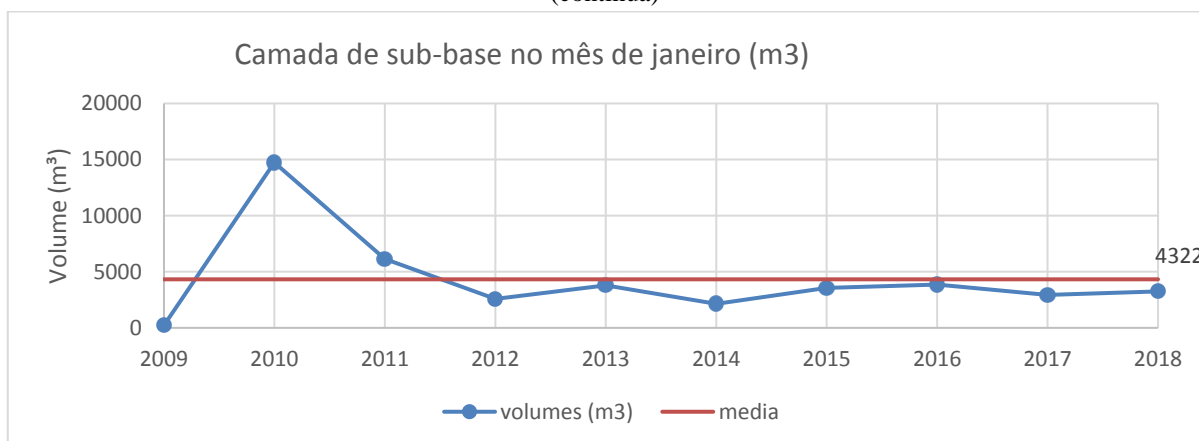




Gráfico 24 – Quantidades mensais e médias, em m<sup>3</sup>, da camada de base (C3) para cada mês do ano tipo (continua)

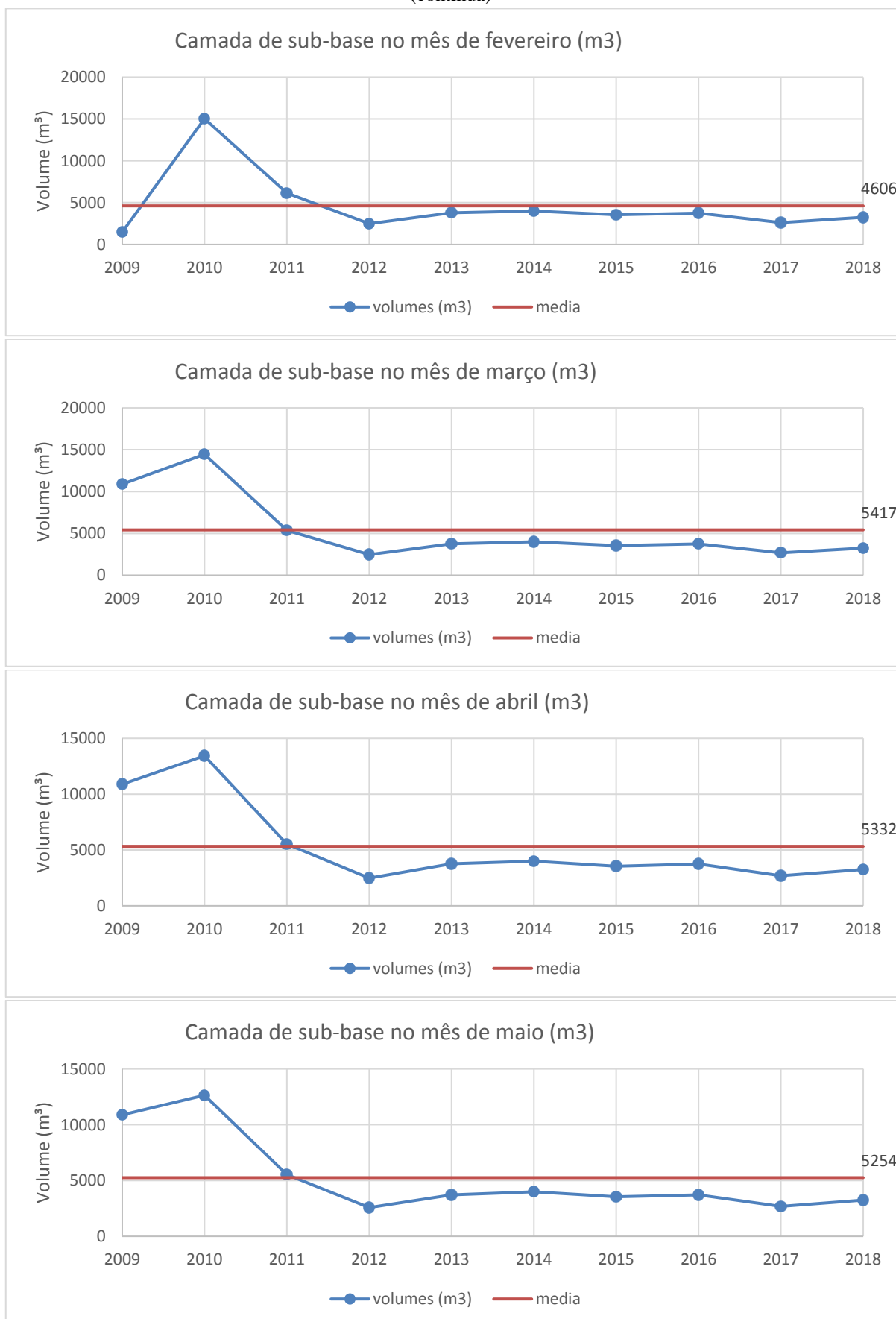


Gráfico 24 – Quantidades mensais e médias, em m<sup>3</sup>, da camada de base (C3) para cada mês do ano tipo (continua)

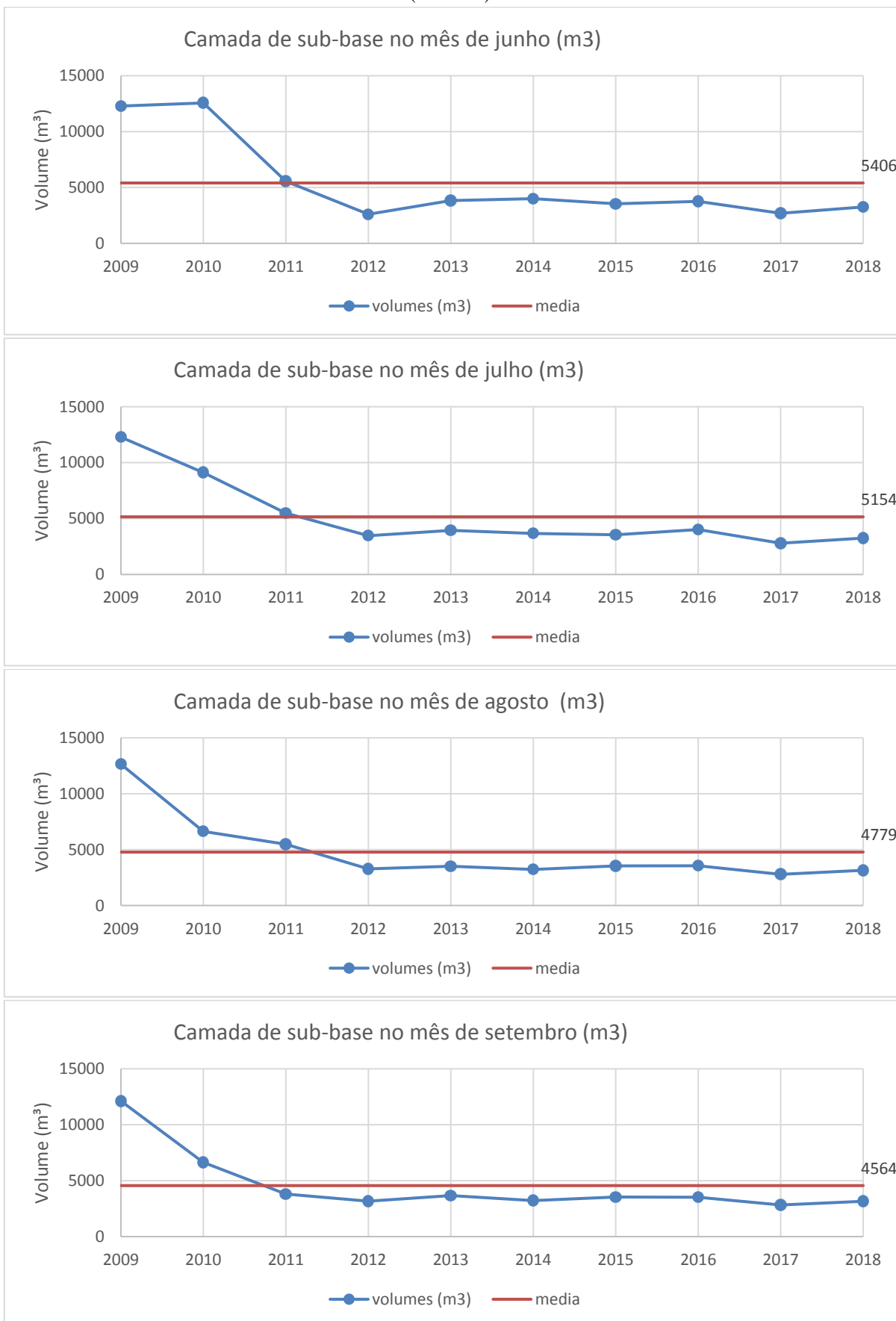
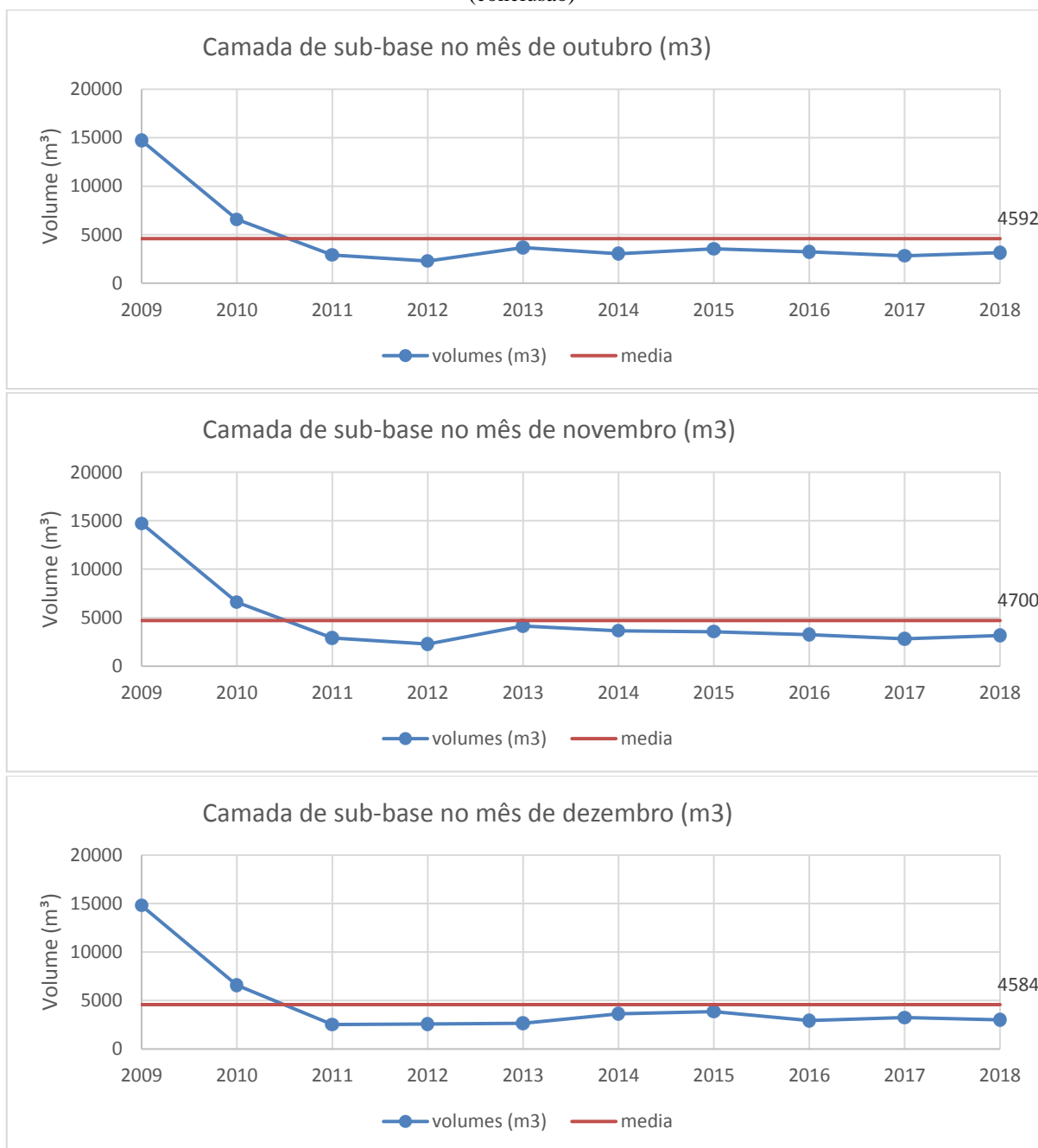


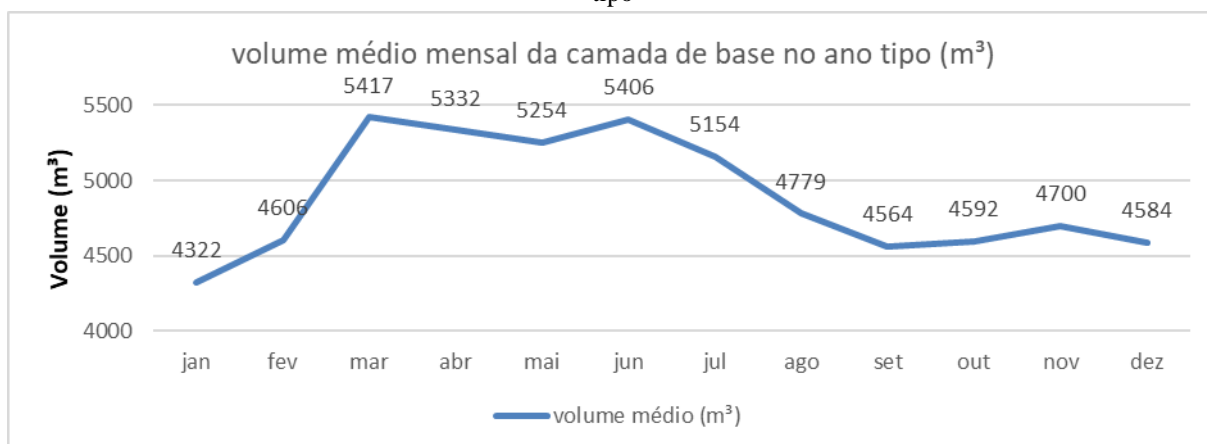
Gráfico 24 – Quantidades mensais e médias, em m<sup>3</sup>, da camada de base (C3) para cada mês do ano tipo (conclusão)



Fonte: autoria própria, 2021

Com os dados constantes no Gráfico 24, obtém-se o registro da quantidade média mensal executada da camada de base para um ano tipo, conforme consolidação apresentada no Gráfico 25, a seguir.

Gráfico 25 – Quantidades médias mensais, em metros cúbicos, da camada de base (C3) para cada mês do ano tipo



Fonte: autoria própria, 2021

De acordo com o mostrado no Gráfico 25, observa-se que, ao longo do ano tipo, o volume médio da camada de base (C3) variou de 4.322 m³ a 5.417 m³, sendo os meses de março e junho os de maiores valores, em torno de 25%.

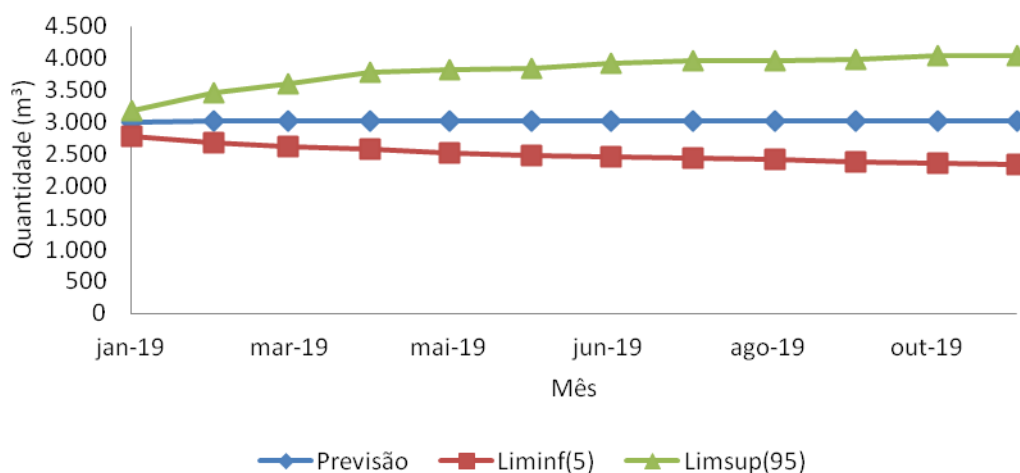
#### 4.3.4.3.2 Cenários 2, 3 e 4: pela análise estatística

Igualmente às camadas C1 e C2, foi realizada modelagem dos dados e empreendida análise da série temporal da camada de base (C3), para obtenção da projeção nos cenários 2, 3 e 4, cujas previsões pontuais e intervalares de execução para os 12 meses sequenciais estão mostradas na Tabela 33 e no Gráfico 26 a seguir, Anexo VII – RELATÓRIO DE PREVISÕES.

Tabela 33 – Previsões pontuais e intervalares para a camada de base (C3), em metros cúbicos, para 2019

Mês/Ano	Previsão pontual (m³)	Previsões intervalares (m³)	
		Limite inferior (5%)	Limite superior (95%)
Jan/2019	3.006,25	2.769,23	3.169,59
Fev/2019	3.006,56	2.676,44	3.448,63
Mar/2019	3.006,86	2.623,51	3.602,35
Abr/2019	3.007,16	2.573,29	3.777,20
Mai/2019	3.007,45	2.510,14	3.821,52
Jun/2019	3.007,75	2.479,00	3.848,14
Jul/2019	3.008,04	2.447,18	3.916,17
Ago/2019	3.008,32	2.426,59	3.953,92
Set/2019	3.008,61	2.404,15	3.960,19
Out/2019	3.008,89	2.369,95	3.982,83
Nov/2019	3.009,17	2.345,82	4.034,08
Dez/2019	3.009,45	2.332,13	4.045,12
<b>Total</b>	<b>36.094,51</b>	<b>29.957,43</b>	<b>45.559,74</b>

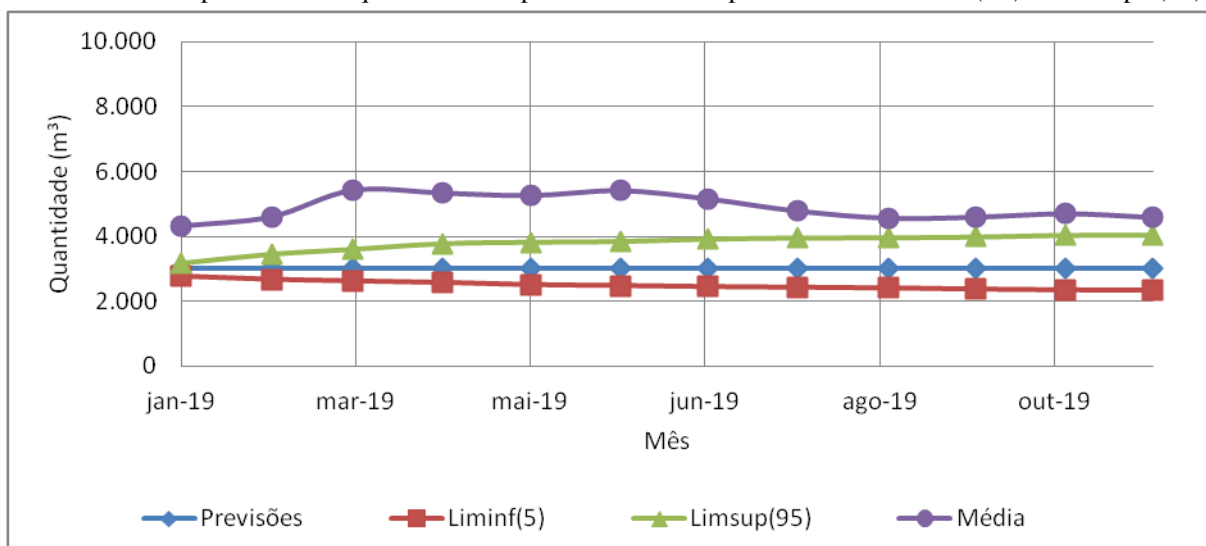
Fonte: autoria própria, 2021

Gráfico 26 – Previsões pontuais e intervalares para a camada de base (C3) em m<sup>3</sup> para 2019

Fonte: autoria própria, 2021

Percebe-se a partir da Tabela 33 e do Gráfico 26 que a previsão de execução da camada de base (C3) varia de 29.957,43 m<sup>3</sup>, limite inferior de 5%, a 45.559,74 m<sup>3</sup>, limite superior de 95%, em um ano, com previsão pontual de 36.094,51 m<sup>3</sup> e com tendência de estabilidade mês a mês.

Consolidando os resultados dos quatro cenários, obtem-se o Gráfico 27 a seguir.

Gráfico 27 – Comparativo entre quantidades de previsões e médias para a camada de base (C3) no ano tipo (m<sup>3</sup>)

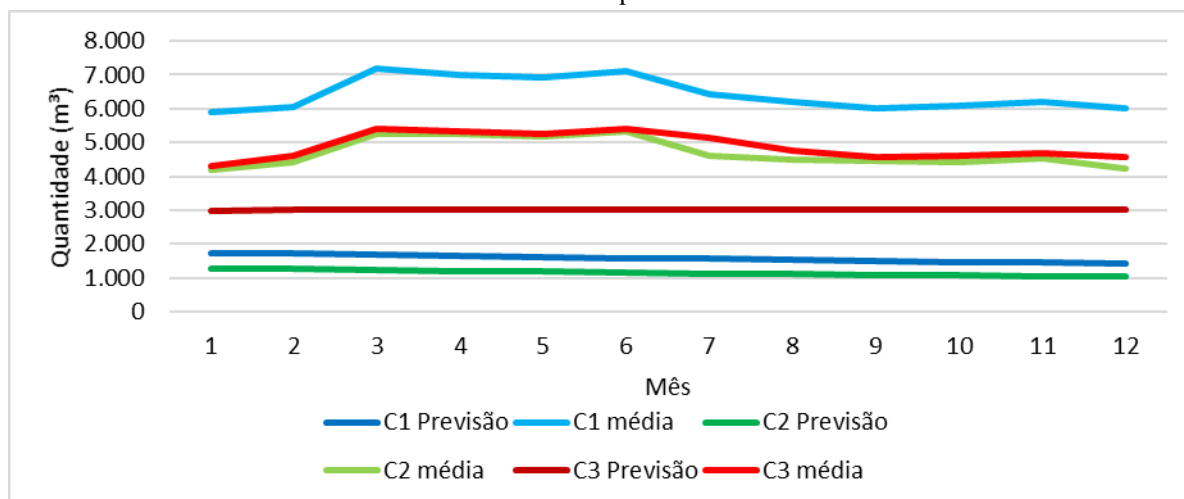
Fonte: Autoria própria, 2021

Conforme mostrado no Gráfico 27, é possível observar que os valores médios são superiores as previsões obtidas na análise da série temporal, onde pode-se constatar a falta de correlação entre quantidades médias e projeções futuras de execução, pois a execução de obras de

pavimentação ao longo dos últimos 10 anos reduziu de forma significativa, a ponto de resultar em tendências de cerca de  $\frac{1}{4}$  das médias encontradas.

Comparando-se os valores médios e pontuais para as três camadas de pavimento, obtém-se o Gráfico 28 mostrado a seguir.

Gráfico 28 – Comparativo entre previsões pontuais e médias das três camadas de pavimentação, em m<sup>3</sup>, para um ano tipo



Fonte: autoria própria, 2021

Verifica-se-se a partir do Gráfico 28 que, as previsões pontuais das camada subleito, sub-base e base são inferiores as médias aritméticas. Desta forma, o cenário 1 mostra os maiores valores e o pior cenário para fins de consideração no comparativo com a realidade executada em 2019, conforme item 4.3.6.

A Tabela 34 a seguir consolida os resultados das três camadas nos quatro cenários propostos.

Tabela 34 – Consolidação dos resultados das camadas de subleito, sub-base e base, em metros cúbicos, para 2019

Mês	Camada subleito (m <sup>3</sup> )				Camada sub-base (m <sup>3</sup> )				Camada base (m <sup>3</sup> )			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
<b>Jan</b>	5.909	1.745	1.240	2.326	4.178	1.281	906	1.648	4.322	3.006	2.769	3.170
<b>Fev</b>	6.042	1.712	1.153	2.539	4.428	1.256	756	1.797	4.606	3.007	2.676	3.449
<b>Mar</b>	7.176	1.681	1.064	2.858	5.250	1.231	699	1.910	5.417	3.007	2.624	3.602
<b>Abr</b>	6.988	1.649	951	3.072	5.250	1.207	660	2.016	5.332	3.007	2.573	3.777
<b>Mai</b>	6.906	1.619	905	3.108	5.171	1.184	606	2.111	5.254	3.007	2.510	3.822
<b>Jun</b>	7.128	1.589	854	3.159	5.331	1.161	556	2.147	5.406	3.008	2.479	3.848
<b>Jul</b>	6.433	1.559	799	3.207	4.604	1.138	520	2.195	5.154	3.008	2.447	3.916
<b>Ago</b>	6.197	1.531	756	3.306	4.491	1.116	488	2.269	4.779	3.008	2.427	3.954
<b>Set</b>	5.998	1.502	712	3.374	4.451	1.095	454	2.326	4.564	3.009	2.404	3.960
<b>Out</b>	6.094	1.474	667	3.410	4.437	1.073	437	2.368	4.592	3.009	2.370	3.983
<b>Nov</b>	6.188	1.447	631	3.446	4.537	1.052	416	2.392	4.700	3.009	2.346	4.034
<b>Dez</b>	5.995	1.420	608	3.516	4.235	1.032	394	2.426	4.584	3.009	2.332	4.045
<b>Total</b>	77.054	18.929	10.340	37.320	56.363	13.826	6.893	25.606	58.710	36.095	29.957	45.560

Fonte: Autoria própria, 2021

Com a consolidação dos resultados das três camadas para os quatro cenários de projeção, observa-se que os maiores valores de projeção de execução de camadas de pavimento para o ano de 2019 são os correspondentes ao cálculo pela média aritmética, logo, a obtenção do modelo para análise quantitativa de produção de agregado reciclado para fins de utilização em camadas de pavimento deve levar em conta esses valores para as três camadas, pois são os mais críticos.

#### 4.3.5 Obtenção de índice per capita de agregado reciclado para uso nas projeções futuras de obras de pavimentação

Diante dos resultados obtidos nas camadas de pavimento para os quatro cenários de projeção de obras futuras indicados no item 4.3.4 calculou-se o índice per capita de agregados reciclados necessários para uso em camadas de pavimento, nas proporções de misturas das amostras ensaiadas em 4.2.3. Além disso, o cálculo abrangiu apenas as camadas de subleito e sub-base, já que, no âmbito desta pesquisa, os resultados dos ensaios não foram favoráveis ao uso do agregado reciclado nas camadas de base, conforme mostrado na Tabela 35 a seguir.

Tabela 35 – Índice per capita de agregados reciclados necessários aos cenários 1, 2, 3 e 4 e misturas 20% agregado RCC80%argila, 30% agregado RCC 70%argila, 40% agregado RCC60%argila, a partir das previsões de execução de camadas de subleito (C1) e de sub-base (C2) de obras de pavimentação da Novacap e DER/DF

Cenário	Proporção agregado reciclado na mistura	Camada de subleito (C1)			Camada de sub-base (C2)		
		m <sup>3</sup>	t	Índice per capita *	m <sup>3</sup>	t	Índice per capita *
1	100%	77.054,00			56.362,36		
Média	20%	15.410,80	26.198,36	0,0086959	11.272,47	19.163,20	0,0063608
	30%	23.116,20	39.297,54	0,0130439	16.908,71	28.744,80	0,0095412
	<b>40%</b>	<b>30.821,60</b>	<b>52.396,72</b>	<b>0,0173920</b>	<b>22.544,94</b>	<b>38.326,40</b>	<b>0,0127220</b>
2	100%	18.929,00			13.826,48		
Pontual	20%	3.785,80	6.435,86	0,0021362	2.765,30	4.701,00	0,0015604
	30%	5.678,70	9.653,79	0,0032043	4.147,94	7.051,50	0,0023406
	40%	7.571,60	12.871,72	0,0042725	5.530,59	9.402,01	0,0031208
3	100%	10.340,25			6.892,75		
Limite inferior 5%	20%	2.068,05	3.515,69	0,0011669	1.378,55	2.343,54	0,0007779
	30%	3.102,08	5.273,53	0,0017504	2.067,83	3.515,30	0,0011668
	40%	4.136,10	7.031,37	0,0023339	2.757,10	4.687,07	0,0015558
4	100%	37.319,60			25.606,32		
Limite superior 95%	20%	7.463,92	12.688,66	0,0042117	5.121,26	8.706,15	0,0028898
	30%	11.195,88	19.033,00	0,0063176	7.681,90	13.059,22	0,0043347
	40%	14.927,84	25.377,33	0,0084234	10.242,53	17.412,30	0,0057796

Nota: (\*) índice per capita de agregado reciclado necessário para uso em pavimentação, em t/hab.ano, calculado com a população de 2019 pois é o ano de projeção das obras realizadas entre 2009 e 2018 (3.012.718 habitantes)

Fonte: autoria própria, 2021

Constata-se que a maior quantidade de agregado reciclado necessário a utilização em camada de subleito é 52.396,72 toneladas, obtido a partir do cenário 1, pela média aritmética dos dez

anos (2009 a 2018), numa mistura com proporção 40% de agregado de RCC e 60% de argila arenosa. Se somarmos esses valores a maior quantidade de agregado reciclado a ser utilizado em camada de sub-base, ou seja, 38.326,84 toneladas, numa mistura com proporção de 40% de agregado de RCC e 60% de argila arenosa, obtém-se o total de 90.723,56 toneladas.

Observa-se ainda que, para o ano de referência 2019, o maior índice per capita de agregado reciclado necessário a execução de camadas de subleito e sub-base é 0,0301 toneladas/habitante.ano, considerando mistura com 40% de agregado reciclado e 60% de argila.

#### **4.3.6 Comparação entre projeção e execução real de obras de pavimentação para o ano de referência de 2019**

Para validação do modelo estatístico realizado em 4.3.4, que utilizou a série temporal com dados de 120 meses para projeção de 12 meses de provável execução de camadas de pavimento, realizou-se comparativo dessas quantidades com os volumes reais executados em 2019, pois já se encontram disponíveis nos dois órgãos: Novacap e DER/DF.

##### **4.3.6.1 Para camada de subleito**

A Tabela 36 a seguir apresenta as previsões obtidas em 4.3.4 e as quantidades reais executadas em 2019 para a camada de subleito.

Tabela 36 – Quantidades previstas e executadas, em m<sup>3</sup>, da camada de subleito da Novacap e DER/DF, em 2019

Mês	Previsão				Execução (m <sup>3</sup> )
	Média aritmética (Cenário 1) (m <sup>3</sup> )	Pontual (Cenário 2) (m <sup>3</sup> )	Limite inferior (5%) (Cenário 3) (m <sup>3</sup> )	Limite superior (95%) (Cenário 4) (m <sup>3</sup> )	
jan	5.909,33	1.744,59	1.240,03	2.325,56	1.527,36
fev	6042,43	1.712,28	1.152,99	2.538,58	1.527,36
mar	7.176,16	1.680,57	1.064,19	2.857,80	1.600,72
abr	6.988,20	1.649,45	950,61	3.072,31	685,04
mai	6.905,71	1.618,90	904,68	3.107,72	685,04
jun	7.128,08	1.588,92	853,84	3.159,12	685,04
jul	6.433,16	1.559,49	799,4	3.206,86	685,04
ago	6.196,88	1.530,61	755,95	3.306,42	685,04
set	5.997,90	1.502,27	712,25	3.374,02	496,08
out	6.094,28	1.474,45	667,43	3.409,59	3.604,91
nov	6.187,52	1.447,14	630,65	3.445,71	9.444,26
dez	5.995,18	1.420,34	608,23	3.515,91	9.444,26
<b>Total</b>	<b>77.054,82</b>	<b>18.929,01</b>	<b>10.340,25</b>	<b>37.319,60</b>	<b>31.070,17</b>

Fonte: autoria própria, 2021



Observa-se a partir da Tabela 36 que, a quantidade total de execução da camada de subleito em 2019 é bem superior a previsão pontual obtida pelo modelo estatístico, algo em torno de 64% a mais. Contudo, as quantidades executadas, 31.070,17 m<sup>3</sup>, estão dentro dos limites intervalares do modelo estatístico, ou seja, entre 10.340,25 m<sup>3</sup> e 37.319,60 m<sup>3</sup>.

#### 4.3.6.2 Para camada de sub-base

A Tabela 37 a seguir apresenta as previsões obtidas em 4.3.4 e as quantidades executadas em 2019 para a camada de sub-base.

Tabela 37 – Quantidades previstas e executadas, em m<sup>3</sup>, da camada de sub-base da Novacap e DER/DF, em 2019

Mês	Previsão				Execução (m <sup>3</sup> )
	Média aritmética (Cenário 1) (m <sup>3</sup> )	Pontual (Cenário 2) (m <sup>3</sup> )	Limite inferior (5%) (Cenário 3) (m <sup>3</sup> )	Limite superior (95%) (Cenário 4) (m <sup>3</sup> )	
jan	4.178,37	1.280,59	906,46	1.648,35	1.439,91
fev	4.427,63	1.255,70	756,28	1.797,36	1.439,91
mar	5.250,02	1.231,30	699,15	1.910,12	1.470,62
abr	5.250,20	1.207,37	660,31	2.016,06	841,21
Mai	5.170,95	1.183,91	605,99	2.110,68	841,21
Jun	5.330,84	1.160,90	555,77	2.147,14	841,21
Jul	4.603,94	1.138,34	520,43	2.195,17	841,21
Ago	4.491,22	1.116,22	487,72	2.269,06	841,21
Set	4.450,58	1.094,53	453,77	2.326,43	841,21
Out	4.436,71	1.073,26	436,79	2.368,00	1.466,37
Nov	4.537,32	1.052,41	416,22	2.392,01	2.904,57
dez	4.234,59	1.031,95	393,86	2.425,94	2.904,57
<b>Total</b>	<b>56.362,36</b>	<b>13.826,48</b>	<b>6.892,75</b>	<b>25.606,32</b>	<b>16.673,21</b>

Fonte: autoria própria, 2021

Percebe-se a partir da Tabela 37 que, a quantidade total de execução da camada de sub-base em 2019 é superior a previsão pontual obtida pelo modelo estatístico, algo em torno de 20% a mais. Contudo, as quantidades executadas, 16.673,21 m<sup>3</sup>, estão dentro dos limites intervalares do modelo estatístico, ou seja, entre 6.892,75 m<sup>3</sup> e 25.606,32 m<sup>3</sup>.

#### 4.3.6.3 Para a camada de base

A Tabela 38 a seguir apresenta as previsões obtidas em 4.3.4 e as quantidades executadas em 2019 para a camada de base.

Tabela 38 – Quantidades previstas e executadas, em m<sup>3</sup>, da camada de base da Novacap e DER/DF, em 2019

Mês	PREVISÕES				Execução (m <sup>3</sup> )
	Média aritmética (Cenário 1) (m <sup>3</sup> )	Pontual (Cenário 2) (m <sup>3</sup> )	Limite inferior (5%) (Cenário 3) (m <sup>3</sup> )	Limite superior (95%) (Cenário 4) (m <sup>3</sup> )	
<b>Jan</b>	4.321,77	3.006,25	2.769,23	3.169,59	3.095,65
<b>Fev</b>	4.427,63	3.006,56	2.676,44	3.448,63	3.095,65
<b>Mar</b>	5.250,02	3.006,86	2.623,51	3.602,35	3.126,37
<b>Abr</b>	5.331,64	3.007,16	2.573,29	3.777,20	2.220,33
<b>Mai</b>	5.170,95	3.007,45	2.510,14	3.821,52	2.220,33
<b>Jun</b>	5.330,84	3.007,75	2.479,00	3.848,14	2.220,33
<b>Jul</b>	4.603,94	3.008,04	2.447,18	3.916,17	2.220,33
<b>Ago</b>	4.491,22	3.008,32	2.426,59	3.953,92	2.220,33
<b>Set</b>	4.450,58	3.008,61	2.404,15	3.960,19	2.220,33
<b>Out</b>	4.436,71	3.008,89	2.369,95	3.982,83	2.862,34
<b>Nov</b>	4.537,32	3.009,17	2.345,82	4.034,08	3.567,01
<b>dez</b>	4.234,59	3.009,45	2.332,13	4.045,12	3.567,01
<b>Total</b>	<b>56.587,20</b>	<b>36.094,51</b>	<b>29.957,43</b>	<b>45.559,74</b>	<b>32.635,99</b>

Fonte: autoria própria, 2021

Constata-se a partir da Tabela 38 que, a quantidade total de execução da camada de base em 2019 é inferior a previsão pontual obtida pelo modelo estatístico, algo em torno de 10% a menos. Contudo, as quantidades executadas, 32.635,99 m<sup>3</sup>, estão dentro dos limites intervalares do modelo estatístico, ou seja, entre 29.957,43 m<sup>3</sup> e 45.559,74 m<sup>3</sup>.

Com a análise comparativa dos valores de previsão e de execução para as três camadas, observa-se que as quantidades executadas estão dentro dos limites de confiança da análise estatística, o que corrobora para aceitação deste modelo para projeção de consumo de agregados em camadas de pavimentação em obras futuras.

#### ***4.3.7 Proposição de um Modelo de ANÁLISE QUANTITATIVA de Agregados Reciclados Produzidos no Distrito Federal para Uso em Pavimentação***

Tendo em vista que os dados das obras de pavimento foram coletados para o período de 2009 a 2018 e que a projeção de execuções futuras foi realizada para o ano sequencial, adotou-se o ano de 2019 para a proposição do modelo de análise quantitativa, considerando os três ambientes do estudo: na geração de RCC, na produção de agregados reciclados e nos potenciais consumidores.

##### ***4.3.7.1 Avaliação quantitativa dos agregados reciclados produzidos nas ATTRs privadas para uso em pavimentação***

Diante das quantidades produzidas de agregados reciclados nas ATTRs privadas no DF e dos resultados favoráveis dos insumos ensaiados para uso em camadas de subleito e sub-base de

pavimentação, mostrada no item 4.2.3.1, foi possível comparar esses valores com as previsões de execução de camadas de pavimento em obras futuras no DF, no âmbito da Novacap e do DER/DF, para 2019.

No caso hipotético de adoção de 100% da produção de agregado de RCC das ATTRs privadas em camadas de pavimento, indicada na tabela 19, do item 4.2.2 e, considerando-se misturas com proporções 20%; 30% e 40% de agregado reciclado e 80%; 70% e 60% de argila, adotadas nos ensaios realizados no item 4.2.3, obteve-se as prováveis quantidades máximas de execução de camadas de pavimento, como disposto na Tabela 39, a seguir.

Tabela 39 – Simulação de quantidade máxima provável de agregado reciclado a ser utilizado em camada de pavimento, em m<sup>3</sup>, a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas, para o ano de 2019

AGREGADO RECICLADO		CAPACIDADE DE EXECUÇÃO DE CAMADAS DE PAVIMENTO		
Produção (t)	Produção (m <sup>3</sup> )	Volume Max provável para P1(m <sup>3</sup> )	Ou Volume Max provável para P2 (m <sup>3</sup> )	Ou Volume Max provável para P3 (m <sup>3</sup> )
74.429	43.781	218.905	145.936	109.452

Legenda:

P1 – proporção da mistura, sendo 20% agregado reciclado e 80% argila;

P2 – proporção da mistura, sendo 30% de agregado reciclado e 70% de argila;

P3 – proporção da mistura, sendo 40% agregado reciclado e 60% argila.

Fonte: Autoria própria, 2021.

Nota-se a partir da Tabela 39 que, a produção de 2019 de agregado reciclado nas ATTRs do DF é de 74.429 toneladas e 43.781 m<sup>3</sup>. Caso essa produção seja destinada ao uso exclusivo em camadas de pavimento, poderão ser executados, no máximo, 218.905 m<sup>3</sup>, caso seja adotada a mistura com menor proporção de agregado reciclado, isto é, 20% de agregado reciclado e 80% de argila. Além disso, caso seja adotado misturas com proporções maiores de agregado reciclado: 30% de agregado de RCC e 70% de argila, ou 40% de agregado de RCC e 60% de argila, a quantidade total de execução de camadas de pavimento reduz para 145.936 m<sup>3</sup> e 109.452 m<sup>3</sup> respectivamente. Logo, a quantidade de camadas de pavimento que poderão ser executadas com 100% da produção das ATTRs privadas varia de 109.452 m<sup>3</sup> até 218.905 m<sup>3</sup>, dependendo da proporção da mistura.

Como o material ensaiado e apresentado no item 4.2.3 atingiu resultados favoráveis para uso em camadas de subleito e sub-base, pode-se comparar produção de agregados reciclados com projeções futuras de obras de pavimentação nos quatro cenários exposto pela metodologia do item 3.2.3.2. para essas duas camadas. A Tabela 40 a seguir mostra o resumo de produção de agregado reciclado das ATTRs privadas e sua potencialidade para uso em obras de

pavimentação nas camadas de subleito e sub-base, segundo as projeções de obras futuras constante no item 4.3.4.

Tabela 40 – Comparativo entre a quantidade máxima de camada de pavimento passível de execução com agregado reciclado a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas e a projeção de obras futuras nos cenários 1, 2, 3 e 3, em m<sup>3</sup>, em 2019

Produção (m <sup>3</sup> )	AGREGADO RECICLADO			OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO			
	CAPACIDADE DE EXECUÇÃO DE CAMADAS DE PAVIMENTO			PROJEÇÃO DE EXECUÇÃO DE CAMADAS DE SUBLEITO E SUB-BASE			
	Volume Max provável para P1(m <sup>3</sup> )	Ou Volume Max provável para P2 (m <sup>3</sup> )	Ou Volume Max provável para P3 (m <sup>3</sup> )	Cenário 1 (média) (m <sup>3</sup> )	Cenário 2 (pontual) (m <sup>3</sup> )	Cenário 3 (limite inferior 5%) (m <sup>3</sup> )	Cenário 4 (limite superior 95%) (m <sup>3</sup> )
43.781	218.905	145.936	109.452	<b>133.417</b>	32.755	17.233	62.925

Legenda:

P1 – proporção da mistura, sendo 20% agregado reciclado e 80% argila;

P2 – proporção da mistura, sendo 30% de agregado reciclado e 70% de argila;

P3 – proporção da mistura, sendo 40% agregado reciclado e 60% argila.

Fonte: Autoria própria, 2021.

Observa-se a partir da Tabela 40 que a produção de 2019 de agregado reciclado no DF tem potencialidade quantitativa para uso na execução de 218.905 m<sup>3</sup>, 145.936 m<sup>3</sup> ou 109.452 m<sup>3</sup> por ano, de camada de subleito e sub-base, dependendo da proporção utilizada na mistura, seja ela 20%, 30% ou 40% de agregado reciclado para 80%, 70% ou 60% de argila, respectivamente. Adicionalmente, observa-se que, para o pior cenário, calculado pela média aritmética, a projeção de execução de camadas de pavimento é, aproximadamente, 133.417 m<sup>3</sup>, o que, se comparado a produção de agregados reciclados corresponde as misturas com 20%/80% e 30%/70%, sinalizando a possibilidade de uso destes agregados na confecção de camadas de subleito e sub-base.

Outro comparativo relevante é saber, para cada cenário de projeção de obras futuras e para o cenário real, qual a proporção de agregado reciclado necessária às obras de pavimentação em relação a produção total de 2019 das ATTRs privadas do DF, como mostrado nas Tabelas 41 a 45 a seguir.

Tabela 41 – Proporção entre agregado reciclado e projeção de execução de camadas de pavimento, em m<sup>3</sup>, para o Cenário 1, pelo cálculo da média aritmética, a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas no DF

OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO			AGREGADO RECICLADO	
Projeção de execução de camadas de pavimento (m <sup>3</sup> )			Produção anual nas ATTRs privadas (m <sup>3</sup> )	Proporção (3) = (1) / (2)
Qtde (m <sup>3</sup> )	Proporção de agregado reciclado na mistura	Qtde necessária de agregado reciclado (m <sup>3</sup> )		
133.417	20%	26.683	43.781	61%
	30%	40.025		91%
	40%	53.366		Não atende

Fonte: Autoria própria, 2021

Observa-se pela Tabela 41, para o cenário 1 de projeção (média aritmética), que a produção anual das ATTRs privadas poderá ser utilizada para confecção das camadas de subleito e sub-base na proporção de 61% se for considerada a mistura com 20% de agregado reciclado e 80% de argila ou na proporção de 91% se considerar 30% de agregado reciclado e 70% de argila.

Tabela 42 – Proporção entre agregado reciclado e projeção de execução de camadas de pavimento, em m<sup>3</sup>, para o Cenário 2 (previsão pontual), a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas no DF

OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO			AGREGADO RECICLADO	
Projeção de execução de camadas de pavimento (m <sup>3</sup> )			Produção anual nas ATTRs privadas (m <sup>3</sup> )	Proporção (3) = (1) / (2)
Qtde (m <sup>3</sup> )	Proporção de agregado reciclado na mistura	Qtde necessária de agregado reciclado (m <sup>3</sup> )		
32.755	20%	6.551	43.781	15%
	30%	9.826		22%
	40%	13.102		30%

Fonte: Autoria própria, 2021.

Verifica-se pela Tabela 42, para o cenário 2 de projeção (previsão pontual), que a produção anual das ATTRs privadas poderá ser utilizada para confecção das camadas de subleito e sub-base em proporções que atenderiam as três misturas de agregado reciclado e argila, quais sejam 15% da produção caso se adote 20% de agregado reciclado e 80% de argila; 22% da produção caso se adote 30% de agregado reciclado e 70% de argila; ou comprometimento de 30% da produção de agregado reciclado caso se adote 40% de agregado reciclado e 60% de argila.

Tabela 43 – Proporção entre agregado reciclado e projeção de execução de camadas de pavimento, em m<sup>3</sup>, para o Cenário 3 (limite inferior de 5%), a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas no DF

OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO			AGREGADO RECICLADO	
Projeção de execução de camadas de pavimento (m <sup>3</sup> )			Produção anual nas ATTRs privadas (m <sup>3</sup> )	Proporção (3) = (1) / (2)
Qtde (m <sup>3</sup> )	Proporção de agregado reciclado na mistura	Qtde necessária de agregado reciclado (m <sup>3</sup> )		
17.233	20%	3.446	43.781	8%
	30%	5.170		12%
	40%	6.893		16%

Fonte: Autoria própria, 2021.

Para o cenário 3 mostrado (previsão pelo limite inferior de 5%) mostrado na tabela 43 acima, constata-se que a produção anual das ATTRs privadas poderá ser utilizada para confecção das camadas de subleito e sub-base em qualquer uma das três misturas de agregado reciclado e argila, quais sejam 8% da produção caso se adote 20% de agregado reciclado e 80% de argila; 12% da produção caso se adote 30% de agregado reciclado e 70% de argila; ou comprometimento de 16% da produção de agregado reciclado caso se adote 40% de agregado reciclado e 60% de argila.

Tabela 44 – Proporção entre agregado reciclado e projeção de execução de camadas de pavimento, em m<sup>3</sup>, para o Cenário 4 (limite superior 95%), a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas no DF

OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO			AGREGADO RECICLADO	
Projeção de execução de camadas de pavimento (m <sup>3</sup> )			Produção anual nas ATTRs privadas (m <sup>3</sup> )	Proporção (3) = (1) / (2)
Qtde (m <sup>3</sup> )	Proporção de agregado reciclado na mistura	Qtde necessária de agregado reciclado (m <sup>3</sup> )		
62.925	20%	12.585	43.781	29%
	30%	18.877		43%
	40%	25.170		57%

Fonte: Autoria própria, 2021.

Já para o cenário 4 (previsão no limite superior de 95%) mostrado na Tabela 44 acima, nota-se que a produção anual das ATTRs privadas poderá também ser utilizada para confecção das camadas de subleito e sub-base em qualquer uma das três misturas de agregado reciclado e argila, quais sejam 29% da produção, caso se adote 20% de agregado reciclado e 80% de argila; 43% da produção caso se adote 30% de agregado reciclado e 70% de argila; ou comprometimento de 57% da produção de agregado reciclado caso se adote 40% de agregado reciclado e 60% de argila.

Tabela 45 – Proporção entre agregado reciclado e execução real de camadas de pavimento, em m<sup>3</sup>, a partir da adoção de 100% da produção das ATTRs privadas no DF

OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO			AGREGADO RECICLADO	
Execução de camadas de pavimento (m <sup>3</sup> )			Produção anual nas ATTRs privadas (m <sup>3</sup> )	Proporção (3) = (1) / (2)
Qtde (m <sup>3</sup> )	Proporção de agregado reciclado na mistura	Qtde necessária de agregado reciclado (m <sup>3</sup> )		
47.743	20%	9.548	43.781	22%
	30%	14.322		33%
	40%	19.097		44%

Fonte: Autoria própria, 2021.

No cenário real mostrado na Tabela 45 acima, obtido no ano de 2019, percebe-se que a produção anual das ATTRs privadas poderá também ser utilizada para confecção das camadas de subleito e sub-base em qualquer uma das três misturas de agregado reciclado e argila, quais sejam 22% da produção, caso se adote 20% de agregado reciclado e 80% de argila; 33% da produção caso se adote 30% de agregado reciclado e 70% de argila; ou comprometimento

de 44% da produção de agregado reciclado caso se adote 40% de agregado reciclado e 60% de argila.

Pelas tabelas 41 a 45 mostradas anteriormente, observa-se que, dependendo do cenário e da proporção de uso do agregado reciclado na mistura, a porcentagem de comprometimento da produção das ATTRs privadas para uso nas obras de pavimentação varia consideravelmente, de 8% a 91%. Contudo, considerar o pior cenário, qual seja: cálculo pela média aritmética e a menor proporção de agregado reciclado na mistura, 20%/80% é a proposta mais conservadora. Ou seja, se 61% da produção das ATTRs for destinada ao uso em camadas de subleito e sub-base dos pavimentos, numa proporção 20% agregado reciclado e 80% argila, é possível, num primeiro momento, implantar o uso desses agregados em obras de pavimentação, desde que atendam, concomitantemente, aos requisitos da norma técnica citados em 4.3.8.

Logo, com as análises empreendidas no ano de referência de 2019, principalmente, considerando a situação real de execução de obras de pavimentação, não há necessidade de disponibilizar 100% da produção de agregado reciclado das ATTRs privadas atuais à execução de camadas de pavimento, pois, em um primeiro momento, o comprometimento de 61% da produção poderia ser adotado para uso em camadas de subleito e sub-base com misturas que utilizem apenas 20% desses agregados.

Desta forma, a hipótese de disponibilização de 61% da produção anual de agregados reciclados provenientes das ATTRs privadas para uso nas obras de pavimentação do DF parece ser a mais viável para um primeiro momento, até porque há tendência de aumento de produção desses agregados, como mostrado na tabela 19, do item 4.2.2.3.

Obviamente que outras empresas produtoras de agregados de RCC poderão fornecer materiais para fazer frente às obras públicas de pavimentação, caso atendam as características básicas impostas pela ABNT NBR 15.116:2004. Contudo, preliminarmente, os resultados quantitativos aqui identificados, em duas empresas recicladoras, sinalizam, positivamente, para uso de agregados reciclados já produzidos no DF em obras de pavimentação.

#### 4.3.7.2 Avaliação quantitativa de RCC depositados na URE da Estrutural com capacidade para produção de agregados reciclados para uso em pavimentação

Em complemento, além dos agregados reciclados, produzidos por ATTRs privadas no DF, é necessário avaliar a quantidade de RCC depositados na URE da Estrutural, pois, após beneficiamento, poderão apresentar potencialidade para uso em camadas de pavimento.

De acordo com os dados do SLU constantes na Tabela 12, do item 4.2.1, e diante das metas estabelecidas no contrato de gestão da URE-Estrutural, qual seja, produção de 60.000 toneladas por mês de agregado reciclado, que totaliza 720.000 toneladas por ano, é possível afirmar que a meta de produção de agregado reciclado é 50% da quantidade total de resíduos depositados na URE-Estrutural em 2019.

Desta forma, a projeção de produção anual de 423.529 m<sup>3</sup> de agregado reciclado na URE-Estrutural pode ser comparada a cada um dos cenários de obras futuras, conforme mostrado na Tabela 46, a seguir.

Tabela 46 – Proporção da execução de camadas de pavimento nos cenários 1, 2, 3 e 3, e a produção de agregado reciclado, em m<sup>3</sup>, a partir da adoção de 100% da futura produção da URE-Estrutural, ano base 2019

Cenário	Qtd. (m <sup>3</sup> )	Projeção de execução de camadas de pavimento em obras futuras (m <sup>3</sup> )		Proporção entre a execução de camadas de pavimento e a produção anual de agregado reciclado (423.529 m <sup>3</sup> )
		Proporção de agregado reciclado na mistura	Qtd. necessária de agregado reciclado (m <sup>3</sup> )	
1 Média	133.417	20%	26.683	6,3%
		30%	40.025	9,5%
		<b>40%</b>	<b>53.366</b>	<b>12,6%</b>
2 Pontual	32.755	20%	6.551	1,5%
		30%	9.826	2,3%
		40%	13.102	3,0%
3 Limite inferior 5%	17.233	20%	3.446	0,8%
		30%	5.170	1,2%
		40%	6.893	1,6%
4 Limite superior 95%	62.925	20%	12.585	3,0%
		30%	18.877	4,5%
		40%	25.170	6,0%

Fonte: Autoria própria, 2021.

Observa-se pela Tabela 46 acima, que não há necessidade de disponibilizar 100% da futura produção de agregado reciclado da URE-Estrutural à execução de camadas de pavimento, como observado também quanto as ATTRs privadas citadas em 4.3.7.1, pois, para os diversos cenários e misturas propostas, há indicação de uso de menos de 13% da provável produção,



no caso do cenário 1 (média aritmética), com a proporção de 40% de agregado reciclado e 60% de argila na mistura.

Além disso, a Tabela 47 a seguir mostra o comparativo da projeção de produção anual da URE-Estrutural com a real execução de camadas em obras de pavimentação no ano de 2019.

Tabela 47 – Proporção entre a real execução de camadas de pavimento em 2019 e a produção de agregado reciclado, em m<sup>3</sup>, a partir da adoção de 100% da futura produção da URE-Estrutural

Qtd. (m <sup>3</sup> )	Execução de camadas de pavimento (m <sup>3</sup> )		Proporção entre a execução de camadas de pavimento e a projeção da produção anual de agregado reciclado (423.529 m <sup>3</sup> )
	Proporção de agregado reciclado na mistura	Qtde necessária de agregado reciclado (m <sup>3</sup> )	
47.743	20%	9.548	2%
	30%	14.322	3%
	40%	19.097	5%

Fonte: Autoria própria, 2021.

Observa-se pela Tabela 47 que, considerando a execução real de 2019, não há necessidade de disponibilizar 100% da futura produção de agregado reciclado da URE-Estrutural à execução de camadas de pavimento, como observado também quanto as ATTRs privadas citadas em 4.3.7.1, pois há indicação de uso de apenas 5% da provável produção média anual da URE-Estrutural, caso se adote misturas com 40% de agregado reciclado e 60% de argila na mistura.

Com as proporções encontradas nas Tabelas 46 e 47, a hipótese de consideração de disponibilidade de 12,6% da futura produção média anual de agregados reciclados da URE-Estrutural parece ser a mais conservadora para um primeiro momento de adoção em obras públicas, até porque há tendência de aumento de deposição, como mostrado na tabela 12, do item 4.2.1.

Além disso, considerando a produção total de agregados reciclados em 2019, nas ATTRs privadas, de 74.429 toneladas, mais a previsão de produção de agregados reciclados na URE-Estrutural, ou seja, 720.000 toneladas por ano, obtém-se uma previsão de produção anual de 794.429 toneladas, algo em torno de 50% da geração anual de RCC no DF de 1.423.028 toneladas em 2019, o que também sinaliza, em termos quantitativos, uma possibilidade de evolução favorável à produção de agregados reciclados com potencial uso em pavimentação.

#### 4.3.7.3 Índice per capita para aplicação como indicador em pavimentação no DF

Para obtenção de índices per capita que atuem como indicadores para tomada de decisão no uso sistemático de agregados reciclados na confecção de camadas de pavimento de obras

públicas, é importante considerar os resultados de: geração de RCC com capacidade de produção de agregado classe A; produção atual de agregados reciclados; e projeção de consumo em obras de pavimentação futuras. Desta forma, considerando o ano de 2019 como referência e o pior cenário (projeção pela média aritmética), a Tabela 48 a seguir mostra o índice per capita calculado.

Tabela 48 – Projeção do índice per capita para o cenário 1, em t/hab.ano, para 2019

GERAÇÃO DE RCC		PRODUÇÃO DE AGREGADO RECICLADO		CONSUMO EM OBRAS FUTURAS	
Deposição na URE-Estrutural (t/ano)	Índice per capita (t/hab.ano)	Produção de agregado reciclado (t/ano)	Índice per capita (t/hab.ano)	Projeção no Cenário 1 com 40% de agregado reciclado e 60% de argila	Índice per capita (t/hab.ano)
1.423.028	0,4723	74.429	0,0247	90.723,12	0,0301

Nota: Projeção da população do DF para 2019 = 3.012.718 habitantes

Fonte: IBGE e SLU, 2021

Observa-se que para o pior cenário: cálculo pela média aritmética e mistura com maior proporção de agregado reciclado, o consumo provável de agregado reciclado seria 90.723,56 toneladas por ano, que resultaria num índice per capita de 0,0301 t/hab.ano, isto é, superior ao índice de produção atual, que é 0,0247 t/hab.ano. Logo, para esse cenário, há necessidade de incrementar o beneficiamento de resíduos na URE-Estrutural para que essa produção possa contribuir no uso em camadas de pavimentação.

Se a URE-Estrutural atingir a meta de produção de 720.000 toneladas por ano de agregados reciclados, significa que, praticamente, 50% de toda deposição poderá ter destinação certa e ambientalmente adequada. E se somente a URE-Estrutural fornecer os agregados para as obras de pavimentação, camadas de subleito e sub-base, cerca de somente 13% da sua produção poderia ser destinada a essas obras.

Se tanto a URE-Estrutural quanto as ATTRs privadas produzirem agregados reciclados para consumo nas camadas de subleito e sub-base das obras públicas de pavimentação, cerca de 11% de toda a produção de agregado no DF seria destinada a essas obras.

Em resumo, os índices per capita para o ano de 2019 são:

- Deposição de RCC na URE da Estrutural = 0,4723 t/hab.ano;
- Produção atual de agregado reciclado nas ATTRs privadas = 0,0247 t/hab.ano;
- Previsão de produção de agregado reciclado na URE da Estrutural = 0,2390 t/hab.ano;

- Previsão de uso de agregado reciclado em camadas de subleito e sub-base em futuras obras de pavimentação = 0,0301 t/hab.ano.

Para obter indicadores a partir da população do DF e diante dos índices per capita encontrados, deve-se utilizar as equações apresentadas no item 3.4.1.

Logo, o modelo com os indicadores para análise da quantidade de produção de agregados reciclados para aplicação em obras públicas deverá confrontar a quantidade prevista de obras com a produção de agregado de RCC (*Iprod arcc*), o que pode ser escrito da seguinte forma

$$Iprod\ arcc = \left( \frac{Ce(t) \times Parm(\%)}{PopDF} \right) > 13\% IdepURE \quad (20)$$

**Onde:**

Ce é a quantidade prevista da camada de pavimento das obras de pavimentação para o ano, em toneladas, obtida nos quatro cenários da Tabela 45;

Parm é a proporção, de 20%, 30% ou 40% do agregado reciclado a ser utilizada na mistura;

PopDF, é projeção da população do DF, em habitantes;

IdepURE é o Índice per capita de deposição de RCC na URE da Estrutural, que, pela Tabela 46, estima-se de 0,4723 t/hab.ano

Dessa forma, o *Iprod arcc* para as camadas de subleito e sub-base para o pior cenário da tabela 32 é 0,0301 t/hab.ano, considerando o cálculo pela média aritmética, sendo 0,017392 t/hab.ano para subleito e 0,012722 t/hab.ano para sub-base. Como o índice per capita de deposição de RCC na URE-Estrutural é 0,4723 t/hab.ano, conclui-se que a quantidade de RCC depositado naquela localidade é bem superior a quantidade necessária para produção de agregado para uso em pavimentação no DF.

Outra vantagem relevante na aplicação de agregado de RCC em pavimentação, além das ambientais, é a econômica, pois, somente para exemplificar, caso sejam utilizados 40% de agregado de RCC no total de 90.723,56 toneladas de subleito e sub-base previstos por ano, haverá economia aos cofres públicos na ordem de R\$ 2 milhões por ano, pois os agregados de RCC são mais baratos do que os agregados naturais, conforme preços constantes no site da SODF, na aba CORC e processo de aprovação de preços SEI 00110-00002574/2018-76.

Diante dos resultados quantitativos, é possível constatar que, além das camadas de subleito e sub-base, há quantidade suficiente de RCC para produção da camada de base, contudo, os requisitos de norma deverão ser atendidos, o que requer maiores avaliações e a realização de novos ensaios para caracterização de agregados reciclados disponíveis no DF.

#### ***4.3.8 Proposição de um modelo de análise da qualidade dos agregados reciclados produzidos no Distrito Federal para uso em pavimentação***

Nesta etapa, é apresentado um modelo para análise da qualidade dos agregados reciclados produzidos no DF para uso em pavimentação. Para tanto, determinou-se requisitos mínimos que deverão ser atendidos e considerados para a realização de ensaios de caracterização e conformidade dos agregados reciclados produzidos para uso em pavimentação, a partir dos parâmetros das normas da ABNT NBR 15115:2004 e ABNT NBR 15116:2004 e de critérios estipulados em outras localidades do país.

Na cidade de São Paulo-SP, houve a publicação de ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO PMSP/SP ETS – 001/2003, que corresponde aos requisitos constantes nas normas técnicas da ABNT NBR 15115:2004 e ABNT NBR 15116:2004, publicadas posteriormente, a qual padronizou critérios para avaliação da qualidade e da conformidade dos agregados de RCC para uso em camadas de pavimento naquela cidade, a ser seguido por qualquer um dos executores, sejam eles privados ou públicos.

A exemplo do ocorrido em São Paulo e diante da clara sistematização de requisitos constante nas normas brasileiras, sugere-se a padronização de um *checklist* para certificação de agregados e RCC/RCD para aplicação em pavimentação, que deverá ser apresentado pelas empresas produtoras de agregados reciclados na ocasião da venda dos insumos com a finalidade específica para aplicação em pavimentação.

Desta forma, o checklist apresentado no Quadro 13 a seguir traz as considerações técnicas necessárias ao atendimento das normas brasileiras para fins de qualificação dos agregados reciclados com a finalidade exclusiva em camadas de pavimentação.

Quadro 13 – Proposição de modelo checklist para certificação de agregados reciclados para aplicação em pavimentação no DF (continua)

<b>CHECKLIST PARA CERTIFICAÇÃO EM LABORATÓRIO DE AGREGADO DE RCC/RCD PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO</b>				
Identificação da amostra:				
Data:				
Requisito	Descrição	Conformidade	Checagem	
			Atende	N A *
Produção	Em área de reciclagem	NBR 15114:2004		
	Em ATTR	Licença ambiental nº .....		
Classificação	Classe A: resíduos provenientes de construção, demolição, reformas, reparos de pavimentação e de edificações, obras de infraestrutura e de terraplenagem, componentes cerâmicos, argamassa e concreto, peças pré-moldadas	Resolução nº 307 CONAMA 2002		
Composição	Resíduo de concreto ARC com fração graúda mínima de 90% em massa de fragmentos à base de cimento e rochas	NBR 15116:2004		
	Resíduo misto ARM com fração graúda máxima de 90% em massa de fragmentos à base de cimento e rochas;			
Granulometria	Bem graduado, não uniforme, coeficiente de uniformidade $C_u \geq 10$	NBR 7181:1984		
	Porcentagem passante na peneira 0,42 mm (nº 40) entre 10 e 40%	NBR 7181:1984		
	Dimensão máxima de 63 mm (tolerância de 5% retida na peneira 63,5 mm) limitada a 2/3 da espessura da camada compactada	NBR NM 248:2003		
Índice de Forma	Porcentagem máxima admissível, em massa, de 30% para grãos de forma lamelar	NBR's 7809:1983; 15115:2004		
Contaminantes	Porcentagem máxima de 2% em massa de materiais não minerais <sup>1</sup> de características distintas	NBR 15116:2004		
	Porcentagem máxima de 3% em massa de materiais não minerais <sup>1</sup> de mesmas características	NBR 15116:2004		
	Porcentagem máxima de 2% em massa de sulfatos	NBR 9917:1987		
	Não permitido materiais nocivos ao meio ambiente ou à saúde do trabalhador			

Quadro 13 – Proposição de modelo checklist para certificação de agregados reciclados para aplicação em pavimentação no DF (conclusão)

Tipo de emprego <sup>2</sup>	Reforço de subleito – CBR $\geq$ 12%; expansão $\leq$ 1,0% (energia de compactação intermediária)	NBR's 6457:1986; 7182:1986; 9895:2016		
	Sub-base – CBR $\geq$ 20%; expansão $\leq$ 1,0%; energia de compactação intermediária			
	Base – CBR $\geq$ 60%; expansão $\leq$ 0,5%; energia de compactação intermediária (somente em vias com tráfego de $N \leq 10$ 6 repetições de eixo-padrão de 80kN no período de projeto)			
Recomendação técnica:	O agregado de RCC/RCD analisado atende para uso em camada de pavimentação: ( ) sim ( ) não	O agregado de RCC/RDC poderá ser utilizado na camada: ( ) subleito; ( ) sub-base; ( ) base; ( ) não poderá ser utilizado:		
Responsável técnico:				
<p>Nota:</p> <p>1 – Materiais não minerais: madeira, plástico, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos;</p> <p>2 - Caso os materiais não atendam ao requisito “tipo de emprego” poderá ser estabilizado, granulometricamente, conforme NBR 15115:2004</p> <p>(*) – NA = não atende</p>				

Fonte: autoria própria, 2021

## 5 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o potencial uso de agregados reciclados provenientes da construção civil, no sistema de pavimentação no Distrito Federal, considerando três ambientes de estudo: na produção e geração de resíduos da construção civil (RCC), na produção de agregados reciclados e em obras de pavimentação, com intuito de minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte inapropriado de RCC, já que a geração de RCC cresce a cada ano conforme relatórios do Serviço de Limpeza Urbana do DF (SLU).

Com relação ao ambiente de geração de resíduos de RCC no DF, obteve-se a quantidade depositada na Unidade de Recebimento de Entulho, localizada na Cidade Estrutural (URE-Estrutural), o que resultou no índice per capita, para o ano de 2019, de 0,4723 t/hab.ano. Porém, a deposição de RCC naquela unidade não corresponde a totalidade de geração de RCC no DF, pois outros resíduos são depositados em unidades particulares e não são registrados no Serviço de Limpeza Urbana do DF, como também alguns resíduos são depositados em áreas irregulares de difícil identificação para coleta do SLU. Desta forma, a criação de um modelo para controle e padronização das medições se faz necessário, bem como a unificação das informações em órgão público que defina estratégia às empresas recicladoras para que o beneficiamento seja, comprovadamente, viável no DF.

Com relação ao ambiente de produção de agregado reciclado no DF, no momento da pesquisa, identificou-se três empresas privadas locais, áreas de transbordo, triagem e reciclagem de resíduos (ATTRs), que beneficiam e comercializam esses insumos. Assim, a análise quantitativa da produção atual de agregados reciclados no DF identificou que há um crescente avanço na capacidade de produção das empresas privadas, pois, entre 2017 e 2019, a produção oscilou entre 64.572 toneladas e 80.609 toneladas, porém, em 2020, passou para 145.044 toneladas por ano, com incremento de 80%, considerando apenas a produção de duas das três ATTRs em funcionamento no DF. Desta forma, o índice per capita de produção de agregados reciclados no DF, para o ano de 2019, é 0,0247 t/hab.ano.

Além dos resultados quantitativos de produção de agregados reciclados, foi procedida análise qualitativa de insumos de uma empresa recicladora a partir de realização de ensaios para atendimento aos requisitos específicos para uso em camadas de pavimentação, quais sejam: ISC, energia de compactação e expansibilidade (Tabela 2 da norma ABNT NBR 15116:2004), em dez amostras com mistura nas proporções 20%, 30% e 40% de

agregado reciclado e 80%, 70% e 60% de argila, respectivamente, o que possibilitou afirmar que há material reciclado no DF em condições de uso em camadas de pavimento, principalmente, em subleito e sub-base.

Ainda no ambiente de produção de agregados reciclados no DF, foi constatado que a URE-Estrutural iniciou, recentemente, em janeiro de 2021, o beneficiamento dos resíduos ali depositados, o que poderá resultar na produção de 720.000 toneladas de agregados reciclados por ano, como previsto no contrato de gestão daquela área. Porém, ainda não foram criados pela Administração Pública procedimentos para avaliação qualitativa desses materiais seja qual for a funcionalidade pretendida, inclusive para uso em camadas de pavimentação. Desta forma, diante da potencialidade destes resíduos, é imprescindível a criação de estratégias de beneficiamento, comercialização e destinação dos agregados reciclados produzidos na URE-Estrutural para minimizar o impacto ambiental quanto ao descarte inadequado desses resíduos e quanto ao descarte regular mas sem destinação adequada para uso pelos próprios geradores dentro da logística reversa.

Com relação ao ambiente das obras de pavimentação, o modelo de consumo proposto utilizou dados cadastrais de obras executadas pela Novacap e pelo DER/DF, no período de 2009 a 2018, o que permitiu realizar projeções futuras para o ano de 2019 de execução de camadas de pavimento em quatro cenários: média aritmética e previsões (pontual, limite inferior de 5% e limite superior de 95%), cujos intervalos são: de 10.340,25 m<sup>3</sup> a 77.054,82 m<sup>3</sup> para camada de subleito; de 6.892,75 m<sup>3</sup> a 56.362,36 m<sup>3</sup> para camada de sub-base e de 29.957,43 m<sup>3</sup> a 56.587,20 m<sup>3</sup> para camada de base. Além disso, os dados reais de obras realizadas em 2019 comparados com as projeções confirmaram que as execuções estão dentro dos limites de confiança dos cenários utilizados, pois foram executados 31.070,17 m<sup>3</sup> de camada de subleito; 16.673,21 m<sup>3</sup> de camada de sub-base e 32.635,99 m<sup>3</sup> de camada de base.

Desta forma, considerando a possibilidade de consumo de agregados reciclados apenas nas camadas de subleito e sub-base, tendo em vista que os resultados não foram favoráveis ao uso em camadas de base, o índice per capita de consumo de agregados reciclados em obras de pavimentação é de 0,0301 t/hab.ano para o ano de 2019, para o maior consumo dentre os cenários estudados, qual seja, cenário 1: cálculo pela média aritmética para maior consumo de agregado na mistura, 40% de agregado reciclado e 60% de argila. Como, para esse cenário e essa proporção, o índice per capita é superior a produção de agregado reciclado, poderá ser adotada uma proporção com menor quantidade, tal como, 20% de agregado reciclado e 80%



de argila, o que corresponde ao índice per capita de consumo de 0,0151t/hab.ano, conforme Tabela 35, do item 4.3.5.

Comparando-se os índices per capita de produção de agregado reciclado e de consumo potencial em pavimentação, quais sejam, 0,0247t/hab.ano e 0,0151t/hab.ano, respectivamente, conclui-se que há possibilidade, num primeiro momento, de aplicação de parte da produção de agregado reciclado para uso em obras de pavimentação, pois poderia ser utilizado 61% da atual produção, na proporção de 20%, na execução de subleito e sub-base nas obras públicas de pavimentação, até que outras empresas privadas e a URE-Estrutural passem a produzir e comercializar agregados reciclados. Logo, num futuro próximo, outros percentuais de agregado reciclado poderão ser aplicados, 30% ou 40%, diante do incremento na produção no DF, como também, outros ensaios poderão resultar valores que incluam a aplicação em camadas de base..

Dessa forma, com base nos índices per capita encontrados nos três ambientes da pesquisa para o ano de 2019, de 0,4723 t/hab.ano de geração de RCC; de 0,0247 t/hab.ano de produção de agregado reciclado e de 0,0151 t/hab.ano de projeção de consumo, foi possível propor uma metodologia que poderá ser adotada como modelo para outros anos a fim de avaliar a quantidade potencial necessária de agregado reciclado para atender a demanda de obras de pavimentação no DF. Porém, além dos parâmetros quantitativos, a caracterização dos insumos reciclados em atendimento as normas técnicas é determinante à aplicação em obras de pavimentação, pois a qualidade deverá ser exigida tal qual àquelas que aplicam insumos provenientes de recursos naturais.

Diante dos resultados da pesquisa, conclui-se que é factível o uso de agregados reciclados atualmente já produzidos no DF em obras públicas de pavimentação e que o tratamento dos resíduos depositados na URE-Estrutural poderá potencializar a aplicação desses insumos em camadas de subleito e sub-base, e até em base. Desta forma, a regulamentação, a publicação e o monitoramento de normas e especificações técnicas por parte do governo poderá contribuir para a priorização do uso desses agregados em obras públicas. Porém, propõe-se melhoria na entrada dos dados do modelo de consumo, com quantidades executadas e medidas mês a mês, para refinamento da cronologia de execução de obras.

Recomenda-se que, para viabilizar a tomada de decisão quanto a aplicação obrigatória de agregados reciclados em camadas de pavimentação em obras públicas do DF, trabalhos futuros sejam implementados, tais como:

- Aplicabilidade do check-list pelas produtoras de agregados reciclados do DF;
- Realização de ensaios normativos em novas amostras das produtores de agregados reciclados no DF;
- Padronização dos registros das ATTRs, licenciadas no DF;
- Sistematização do cadastro de obras públicas de pavimentação e avaliação do comportamento em previsões futuras;
- Execução e análise de pavimentação experimental com agregado reciclado;
- Sistematização dos cálculos dos índices per capita de geração de RCC, de produção de agregados reciclados e de consumo em obras de pavimentação.

Diante das conclusões aqui expostas e da realidade dos ambientes pesquisados, observa-se que o objetivo geral desta pesquisa foi alcançado pois, foram realizadas avaliações qualitativa e quantitativa da geração de RCC e de produção de agregados reciclados, provenientes da construção civil, para aplicação no sistema de pavimentação no Distrito Federal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7809:1983 (em revisão). **Agregado Graúdo – Determinação do Índice de Forma pelo Método do Paquímetro**. Rio de Janeiro, 1983.

\_\_\_\_\_ NBR 10.004: 2004. **Resíduos Sólidos – Classificação**. ABNT, 2004a.

\_\_\_\_\_ NBR 15112:2004. **Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_ NBR 15113:2004. **Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_ NBR 15114:2004. **Resíduos sólidos da construção civil – Área de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_ NBR 15115:2004. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimento - Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_ NBR 15116:2004. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_ NBR 9935:2005. **Agregados: Terminologia**. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_ NBR 6457:2016. **Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_ NBR 7181:2016. **Solo – Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_ NBR 7182:2016. **Solo – Ensaio de Compactação**. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_ NBR 9895:2016. **Solo – Índice de Suporte Califórnia (ISC) – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2016.

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos de 2017**. Edição Especial, setembro de 2018, p.73.

ARAÚJO, C. C., SALES, N. S., **Análise da mistura do agregado de resíduos da construção e demolição (RDC) associado ao solo laterítico para aplicação em sub-base de pavimentos**. 1º. Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Gramado-RS, 2018.

BAGANTINI, F. **Resíduos de Construção Civil: aproveitamento como base e sub-base na pavimentação de vias urbanas**. Trabalho de Diplomação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, dezembro de 2011.

BALBO, J. T. **Pavimentos de Concreto**. Oficina de Textos. São Paulo. 2009. ISBN 978-85-86238-90-1.

BEJA, I. A., **Agregado reciclado de construção e demolição com adição de aglomerantes hidráulicos como sub-base de pavimentos**. Dissertação de mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2014 ... orientando LIEDI

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria; GORETTI, Ceratti; PEREIRA, Jorge Augusto; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro. PETROBRAS: ABEDA, 2006.

BENUCCI, L. L. B., ABDU, M. R. **Pavimento ecológico: uma opção para pavimentação de vias das grandes cidades**. researchgate.net, São Paulo, 2007.

BRASIL, **MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**, do Ministério da Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, de 2001 BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Brasília, DF, 2010d. Diário Oficial da União, 23 de dezembro de 2010. Edição extra.

BRASIL, Lei Federal nº 12.305. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. de 02 de agosto de 2010, publicada no DOU, seção 1, p. 3-7.

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

BRASIL, SENADO FEDERAL. **Em discussão: Como alguns países tratam seus resíduos**. [www.12.senado.leg.br](http://www.12.senado.leg.br). Acesso dezembro de 2020

BRASIL, CONAMA, **RESOLUÇÃO Nº 307**. “*Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil*”, de 5 de julho de 2002, Publicada no DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96.

BRASIL, **PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**, do Ministério do Meio Ambiente, 05.06.2020.

BRASILEIRO, L. L., Matos, J. M., **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Cerâmica 61 (2015) 178-189.

CANADIAN CEMENT ASSOCIATION. **The benefits of concrete roads**. Ottawa, Canadá, 2000.

CARMO, D. de S.; MAIA, N. da S.; CÉSAR, C. G.; **Avaliação da tipologia dos resíduos de construção civil entregues nas usinas de beneficiamento em Belo Horizonte**. Artigo na Revista Engenharia Sanitária Ambiental, v. 17, n. 2, abr/jun/2012, 187-192

CARNEIRO, A. P., BURGOS, P. C., ALBERTE, E. P. V. **Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos. Projeto Entulho Bom**. Salvador: EDUFBA / Caixa Econômica Federal, 2001. p.190-227.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil. Pesquisa Anual da Indústria da Construção Civil. **Estudos Específicos da Construção Civil**. 27.05.2020, www.CBICdados.com.br

CEMPRE & IPT, **Lixo Municipal: Manual de Gestão Integrada de Resíduos**, 4ª. edição, 2018.

CORREIA, R. S., **Estudo De Viabilidade Econômica Para O Uso De Resíduos De Construção E Demolição Em Camadas De Base E Sub-Base De Pavimentos**. Projeto de graduação em Engenharia Civil, UFRJ, RIO DE JANEIRO, março 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE – CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2019** – Brasília, CNT, SEST SENAT, 235 p., 2019.

DIAS, I. Y. P.; ARAÚJO, B. N. de A.; SOUSA, D. G.; ARAÚJO, C. F. de; LINS, J. R. B. E.; ARAÚJO, J. K. T. de. **Gestão de Resíduos Sólidos na Construção Civil com Uso de Séries Temporais**, IntercScientia, vol. 5, nº 1, ano 2017.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto Distrital nº 32.922**, de 10 de maio de 2011. “*Institui o Comitê Intersetorial para elaborar e acompanhar a implantação das ações destinadas a execução dos planos de resíduos sólidos no âmbito do Distrito Federal e entorno, e dá outras providências*”. Distrito Federal, 2011.

\_\_\_\_\_ **Lei Distrital nº 4.704** de 20 de dezembro de 2011. “*Dispõe sobre a gestão integrada de resíduos da construção civil e de resíduos volumosos e dá outras providências*”. Distrito Federal, 2011.

\_\_\_\_\_ **Lei Distrital nº 5.418** de 24 de novembro de 2014. “*Dispõe sobre a Política Distrital de Resíduos Sólidos e dá outras providências*”. Distrito Federal, 2014.

\_\_\_\_\_ **Lei Distrital nº 5.605** de 7 de janeiro de 2016. “*Dispõe sobre a utilização de agregados provenientes de resíduos reciclados nas obras de pavimentação ou com sistemas construtivos em concreto ou argamassa executadas ou contratadas pelo Poder Público no Distrito Federal*”. Distrito Federal, 2016.

\_\_\_\_\_ **Decreto Distrital nº 37.568** de 24 de agosto de 2016. “*Regulamenta a Lei nº 5.610, de 16 de fevereiro de 2016, que dispõe sobre a responsabilidade dos grandes geradores de resíduos sólidos, altera o Decreto nº 35.816, de 16 de setembro de 2014, e dá outras providências*”. Distrito Federal, 2016.

\_\_\_\_\_ **Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PDGIRS**, de março de 2018.

\_\_\_\_\_ **Lei Distrital nº 6.138**, institui “*Código de Obras do Distrito Federal*”, de 26 de abril de 2018.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual De Estudos De Tráfego**. Publicação IPR – 723, Rio de Janeiro: 2006.

EUROSTAT. Waste statistics. Oct. 2016. Disponível em: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics) Acesso em: 03 dez. 2020.

EC (EUROPEAN COMMISSION). **Management of construction and demolition waste.** Working document 1. DG ENV E.3. 2000.  
[http://europa.eu.int/comm/environment/index\\_home/waste\\_management/constr\\_dem\\_waste\\_000404.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/index_home/waste_management/constr_dem_waste_000404.pdf) . Acessado em dezembro/2020.

\_\_\_\_\_ **Construction & Demolition Waste Management Protocol**, September 2016  
<http://europa.eu.int/EUconstructionanddemolitionwastemanagementprotocol>

EIGENHEER, E. M. **Lixo, A Limpeza Urbana Através Dos Tempos.** Editora Campus, Elsevier

FARREL, P. J.; STEWART, K. R. **Comprehensive Study of Tests for Normality and Symmetry: Extending the Spiegelhalter Test.** Journal of Statistical Computation and Simulation. Volume 76, n. 9, pp. 803-816, 2006.

FERNANDES, C.G. **Caracterização mecânica de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição dos Municípios do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte para uso em pavimentação.** 2004. 109 f. Dissertação (Mestrado) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

FONTES, A. C. de S.; NEPONUCENO, D. V.; BATISTA, J. da S. P. **Resíduos sólidos da construção civil: utilização de agregados reciclados em base e sub-base de pavimentação asfáltica.** Multivix Artigo, publicado em 2018.

GARCIA, G. Di M.; BARRETO, M. R.; CRISPIM, F. A.; **Substituição de agregados minerais por resíduos de concreto na fabricação de pavimento asfáltico.** Artigo Congresso Sustentabilidade em debate – Brasília, v. 9, n. 3, p. 185-197, dez/2018.f

GRUBBA, D. C. R. P., **Estudo do Comportamento Mecânico de um Agregado Reciclado de Concreto para Utilização na Construção Rodoviária.** Dissertação de mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. 2009

JRC-IES - JOINT RESEARCH CENTRE, INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY. *Supporting Environmentally Sound Decisions for Construction and Demolition (C&D) Waste Management - A practical guide to Life Cycle Thinking (LCT) and Life Cycle Assessment (LCA).* European Commission. Luxembourg: Publications Office of the European Union. European Union. 2011.

KAPPEL, V. P. **Práticas da logística reversa dos tijolos, blocos de CCA e madeira em uma obra de grande porte em Florianópolis.** 2015. 125 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil, habilitação Produção Civil) – Curso de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

LEE, C. M.; KO, C. N. **Short-term load forecasting using lifting scheme and ARIMA models.** Expert Systems with Applications, vol. 38, p. 5902-5911, 2011.

LIMA, J. E. de C.; CASTRO, L. F. de; CARTAXO, G. A. A. **Aplicação do Modelo SARIMA na Previsão de Demanda no Setor Calçadista**. Revista Multidisciplinar e de Psicologia Id on Line, vol. 13, nº 46, p. 892-913, 2019 – ISSN 1981-1179, edição eletrônica em <http://idonline.emnuvens.com.br/id>

LUTKEPOHL, H.; KRATZIG, A. **Applied time series Econometrics**. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo: Cambridge University Press, 2004.

MASCARENHAS NETO, J.D. **Methodo para construir as estradas em Portugal**. Edição fac-similada, impressa em 1985 a partir do original do Arquivo-Biblioteca do ex-Ministério das Obras Públicas, 1790.

MELLO, L. C. B. B.; de AMORIM, S. R. L. **O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos**. Produção, v. 19, n. 2, p. 388-399, 2009

MORETIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais**. 2ª Edição, São Paulo, Edgard Blucher, 2006. ISBN 978-85-212-0389-6.

MOTTA, R.S. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego**. 2005. 134 f. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

NETO, G. L. G. **Estudo comparativo entre a pavimentação flexível e rígida**. Universidade da Amazônia. Belém, 2011.

ORIOLI, M. A., **Estudo do uso de agregado reciclado de resíduos de construção e demolição em misturas solo-agregado**. Dissertação de Mestrado, USP São Carlos, 2018, 10.11606/D.18.2018.tde-27092018-090352.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999. 189p.

REIS, B. V. S.; Scalabrin, A. P. C.; Oliveira, L. C.; Lima, J. B. **Utilização De Resíduos De Construção E Demolição Na Pavimentação Rodoviária**. 23º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Novembro de 2018, Foz do Iguaçu, PR, Brasil

RIBEIRO, F. **Estudo da aplicação do agregado reciclado na base de um pavimento flexível** – Dissertação (Mestrado), Goiânia, 2006.

RIBEIRO DE REZENDE, Lilian; OLIVEIRA MARQUES, Michelle de ; OLIVEIRA, João Carlos de ; CARVALHO, José Camapum de ; GUIMARÃES, Renato Cabral; MOTA SANTOS RESPLANDES, Helaine Da; SILVA COSTA, Ludmila Cabrine, **Field Investigation of Mechanic Properties of Recycled CDW for Asphalt Pavement Layers**. *Journal of Materials in Civil Engineering*, março de 2016, Vol.28.

SILVEIRA, L. R. da, Borges, R. A., **Uso de Materiais Alternativos para Melhoria de Solo na Pavimentação de Vias**. E&S - *Engineering and Science* 2015, Volume 1, 5ª. Edição.

SLU. Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal. **Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal**. Brasília, DF, 2015b.

\_\_\_\_\_**Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal**. Brasília, DF, 2016.

\_\_\_\_\_**Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal**. Brasília, DF, 2017.

\_\_\_\_\_**Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal, de janeiro a setembro de 2018**. Brasília, DF, 2018.

\_\_\_\_\_**Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal, de janeiro a setembro de 2018**. Brasília, DF, 2019.

\_\_\_\_\_**Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal, de janeiro a setembro de 2018**. Brasília, DF, 2020.

SILVEIRA, L. R., Borges, R. A., **Uso de Materiais Alternativos para Melhoria de Solo na Pavimentação de Vias**. E&S - *Engineering and Science*, ISSN: 2358-5390, 2016, Volume 1, Edição 5.

SOUSA, W. F. de, **Estudo sobre a aplicação de agregado reciclado de concreto em Construção de Pavimentos**. Dissertação de mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. 2011

TAVARES, P. L. M.; MARQUES, C. S. A.; SANTOS, G. S. S.; NASCIMENTO, J. G. M.; ALMEIDA, M. J. M. **Utilização de agregados de resíduos de construção e demolição (RCD) em bases e sub-bases de pavimentos rodoviários**. Artigo 1} Congresso Sul Americano de resíduos sólidos e sustentabilidade, Gramado-RS, 12 a 14 de junho de 2018.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática**. 3ª edição, São Paulo, Editora Atlas, 2017.

WANG, W.; VAN GELDER, P. H. A. J. M.; VRIJLING, J. K.; MA, J. **Testing and modeling autoregressive conditional heteroskedasticity of streamflow processes**, *Nonlinear Processes in Geophysics*, European Geosciences Union, vol. 12, p. 55-66, 2005.

ZHIQING Zhang; BOZHAO, Shen; HUI, Ren; JIN, Wang; SHIYUN, Li; HAO, Liu. **The Variability and Evaluation Method of Recycled Concrete Aggregate Properties**. *Advances in Materials Science & Engineering*, p1-9. 9p, October 2017.

ZORDAN, S. E. **A Utilização do Entulho como Agregado na Confecção do Concreto**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 156 p., 1997.



## ANEXO I – RELATÓRIO DE CONTRATOS FORNECIDO PELA NOVACAP REFERENTE AO PERÍODO DE 2009 A 2018



### RELATÓRIO DE CONTRATOS

SITUAÇÃO: CONTRATOS ATIVOS E INATIVOS									
CONTR. N°	MODALIDADE	PROCESSO N°	NOME DA EMPRESA	LICIT. N°	DIR.	OBJETO	VALOR	DT ASS.	VIGÊNCIA
500/2009	CONCORRÊNCIA	410.000.816/2008	C. POLLO	034/2008	DU	EXECUÇÃO DE RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTO ASFALTICO E CONCLUSÃO DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL NA AV. DAS CASTANHEIRAS, EM ÁGUAS CLARA - DF	3.425.154,48	-	28/08/2016
501/2009	TOMADA DE PREÇOS	110.000.259/2008		149/2008		EXECUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO ASFALTICA E MEIOS FIOS NA AV. FLAMBOYANT E NA RUA 37 NORTE E DRENAGEM PLUVIAL NA AV. FLAMBOYANT, EM ÁGUAS CLARAS-DF	923.044,24	-	-
502/2009	TOMADA DE PREÇOS	300.000.454/2007	RGM ENGENHARIA LTDA	008/2009		EXECUÇÃO DE CALÇADAS E DEFENSA METALICA NA AVENIDA BOULEVARD NORTE E SUL, EM ÁGUAS CLARAS - RA XX - DF.	1.310.610,97	-	-
503/2009	CHAMADA PÚBLICA	112.000.376/2009	VETORIAL ENGENHARIA LTDA	012/2009		CONSTRUÇÃO DO CENTRO CULTURAL DO TAGUAPARQUE, EM TAGUATINGA/DF	3.789.729,87	-	-
504/2009	TOMADA DE PREÇOS	110.000.205/2008	QUACIL LTDA	090/2008		EXECUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO ASFALTICA E MEIOS FIOS NA AV. ARAUCÁRIA (LIGANDO A R. 25 SUL À R. ARARIBÁ) E TRECHO DA AV. JACARANDÁ, EM ÁGUAS CLARAS/DF.	1.309.082,09	-	-
505/2009	CHAMADA PÚBLICA	112.000.122/2009	DANLUZ INDUSTRIA, COMERCIO E SERVIÇOS LTDA	010/2009		EXECUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO ASFALTICA NA RUA BURITI, RUA 31 NORTE, AV. PARQUE ÁGUAS CLARAS, ALAMEDA DOS EUCALIPTOS, AV. BOULVARD SUL, RUA 30 SUL, RUA 31, 33, 34 E 35 SUL, ETC, EM ÁGUAS CLARAS/DF.	6.753.189,58	-	-
506/2009	TOMADA DE PREÇOS	110.000.589/2008	INFINITA ENGENHARIA LTDA	036/2009		EXECUÇÃO DE CAMPO DE FUTEBOL GRAMA SINTÉTICA NO PARQUE CACHOEIRINHA - PARANÓÁ	842.605,72	-	-
507/2009	TOMADA DE PREÇOS	110.000.097/2009	EBO ENGENHARIA E INCORPORAÇÃO LTDA	047/2009		EXECUÇÃO DE CAMPO DE FUTEBOL SINTÉTICO EM TAGUAPARQUE, TAGUATINGA/DF	836.197,32	-	-
508/2009	TOMADA DE PREÇOS	112.003.798/2008	COMPACTA ENGENHARIA LTDA	017/2009		EXECUÇÃO DE ESTACIONAMENTO NA QUADRA 02 DO SAF SUL, NO PLANO PILOTO - RA I - DF	514.605,24	-	-
509/2009	TOMADA DE PREÇOS	112.004.741/2003	INFRA ENGETH - INFRA ESTRUTURA CONSTRUÇÃO E COMÉRCIO LTDA	144/2008		CONSTRUÇÃO DE PASSARELA DE PEDESTRES NA QD. 03 DO SCS, PLANO PILOTO - RA I/DF	364.521,30	-	-
510/2009	CHAMADA PÚBLICA	390.007.117/2008	JM TERRAPLANAGEM E CONSTRUÇÕES LTDA	056/2008		EXECUÇÃO DE DIVERSOS SERVIÇOS NO SCS, NO PLANO PILOTO - RA I-DF, COMPREENDENDO: QUALIFICAÇÃO DE VIAS DE PEDESTRES, VIA FÁCIL E VIA CENTRAL-EXECUÇÃO DE PASSEIOS, FAIXAS TÁTEIS EM BLOCOS DE CONCRETO INTERTRAVADOS, CORDÃO DE CONCRETO, MEIOS FIOS, SINALIZAÇÃO	2.462.626,75	-	-
511/2009	TOMADA DE PREÇOS	371.000.270/2008	CONSTRUTORA J. COUTO INCORPORADORA E TERRAPLENAGEM LTDA	153/2008		REVITALIZAÇÃO DA ÁREA EXTERNA DO CENTRO DE CONVENÇÕES ULYSSES GUIMARÃES, NO PLANO PILOTO - RA I/DF	1.287.707,71	-	-

.....



## RELATÓRIO DE CONTRATOS

099/2019	PREGÃO ELETRÔNICO PARA REGISTRO DE PREÇOS		PEREIRA ECO GAS EIRELI - ME,	058/2019	DA	AQUISIÇÃO DE 124 (CENTO E VINTE E QUATRO) BOTIJÕES DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO - GLP, EM BOTIJÃO COM 13 KG.	11.342,28	-	27/09/2020
070/2301	PREGÃO PRESENCIAL		CONSTRUTORA LDN LTDA.	04/2018	DE	RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL E REVITALIZAÇÃO DOS VIADUTOS LOCALIZADOS NOS EIXOS RODOVIÁRIOS W E L E NO EIXO RODOVIÁRIO - DF 002, SOBRE AS VIAS DE LIGAÇÃO ENTRE AS QUADRAS COMERCIAIS LOCAIS DAS QUADRAS 100 E 200, NO PLANO PILOTO, DF, LOTE 02	3.955.000,00	-	15/11/2020

**ANEXO I – RELATÓRIO DE CONTRATOS FORNECIDO PELO  
DER/DF REFERENTE AO PERÍODO DE 2009 A 2018**

**CONTRATOS REALIZADOS EM 2009 – 2018**

<b>CONTRATO</b>	<b>PROCESSO</b>	<b>EMPRESA</b>
026/2009	113.006250/2008	EWEC – Construções Ltda
018/2009	113.005298/2008	B.M.Silva Construções Ltda
033/2009	113.004215/2005	COMPACTA Construções e Projetos Ltda
013/2009	113.002043/2008	CONSPAV Construções, Saneamento e Pavimentação Ltda
010/2009	113.006466/2008	COTASA Construções, Terraplenagem e Saneamento Ltda
011/2009	113.001639/2009	COTASA Construções, Terraplenagem e Saneamento Ltda
030/2009	113.006662/2008	EPC Projetos e construções Ltda
019/2009	113.001642/2019	ETEC Empreendimento Técnico de Engenharia e Comércio Ltda
021/2009	113.005299/2008	EWEC – Construções Ltda
022/2009	113.001618/2009	EWEC – Construções Ltda
026/2009	113.006250/2008	EWEC – Construções Ltda
017/2009	113.001658/2009	Freitas Terraplenagem e Pavimentação Ltda
001/2009	113.004454/2008	HYTEC Construção, Terraplenagem e Incorporação Ltda
024/2009	113.001617/2009	HYTEC Construção, Terraplenagem e Incorporação Ltda
025/2009	113.001605/2009	HYTEC Construção, Terraplenagem e Incorporação Ltda
023/2009	113.001607/2009	J. Couto Incorporadora e Terraplanagem Ltda
009/2009	113.001641/2009	JM Terraplenagem e Construção Ltda
043/2009	113.000915/2009	JM Terraplenagem e Construção Ltda
014/2009	113.005472/2008	QUACIL Construção e Terraplanagem Ltda
016/2009	113.005777/2008	QUACIL Construção e Terraplanagem Ltda
041/2009	113.006533/2008	QUACIL Construção e Terraplanagem Ltda
012/2009	113.005186/2008	Trier Engenharia Ltda
007/2010	113.008757/2009	ARS Consult e Engenharia Ltda
016/2010	113.007077/2009	COMPACTA Construções e Projetos Ltda
030/2010	113.002230/2010	QUACIL Construção e Terraplanagem Ltda
009/2011	113.007448/2010	GW Construções e Incorporações Ltda

023/2011	113.009205/2009	Trier Engenharia Ltda
053/2012	113.005389/2011 - Lote 1 113.001123/2013 - Lote 2 113.001124/2013 - Lote 3 113.001125/2013 - Lote 4	JM Terraplenagem e Construção Ltda
058/2012 059/2012 060/2012	113.009792/2011 - Lote 1 113.009792/2011 - Lote 2 113.009792/2011 - Lote 3	JM Terraplenagem e Construção Ltda
003/2012	113.008571/2011	Consórcio RV
031/2012	113.012043/2011	Trier Engenharia Ltda
035/2013	113.008569/2012	JM Terraplenagem e Construção Ltda
023/2013	113.009410/2009	SETA Serviços de Eng <sup>a</sup> Terraplanagem e Administração Ltda
006/2013	113.010929/2011	Trier Engenharia Ltda
007/2013	113.00929/2011	Trier Engenharia Ltda
039/2013	113.005439/2012	NG Engenharia e construções Ltda
021/2014	113.004262/2014	JM Terraplenagem e Construção Ltda
068/2014	113.007456/2013	NG Engenharia e construções Ltda
018/2014	113.007877/2012	Trier Engenharia Ltda
025/2014	113.007878/2012	Via Engenharia
035/2016	113.10102/2016	SIGMA Locação de Máquinas e Serv. de Terrapenl. Eireli ME
038/2017	113.004511/2015	CF Santos Terraplanagem Eireli ME
031/2017	113.001238/2013	JM Terraplenagem e Construção Ltda
009/2017	113.012858/2015	SIGMA Locação de Máquinas e Serv. de Terrapenl. Eireli ME
010/2017	113.003051/2014	SIGMA Locação de Máquinas e Serv. de Terrapenl. Eireli ME
037/2018	113.007143/2018	Via Engenharia

## APÊNDICE A – MODELO DA FICHA A1 N

NOVACAP/ A1					
A1/n/20nn					
CONTRATO N°	PROCESSO N°	OBJETIVO RESUMIDO			
DESCRIÇÃO DA OBRA					
CONTRATO					
DATA DE INICIO DOS SERVIÇOS					
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL					
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL					
PRAZO DE EXECUÇÃO					
VALOR TOTAL INICIAL					
CONTRATO + ADITIVO					
PRIMEIRO TERMO A					
1º) PRORROGA-SE O PRAZO DE VIGÊNCIA.					
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL					
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL					
PRAZO DE EXECUÇÃO					
SEGUNDO TERMO B					
1º) PRORROGA-SE O PRAZO DE VIGÊNCIA.					
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL					
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL					
PRAZO DE EXECUÇÃO					
TERCEIRO TERMO ....					
1º) FICA ACRESCIDO O VALOR, CORRESPONDE A ....% DO VALOR ORIGINAL					
2º) PASSANDO O VALOR DO CONTRATO					
3º) DATA DE EMISSÃO					
LOTE					
SUBLEITO					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO	M²		R\$ 2,22	R\$ 0,00	0,00
SUB-BASE					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
SUB-BASE OU BASE DE SOLO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE	M³		R\$ 11,23	R\$ 0,00	0,00
BASE					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
SUB-BASE OU BASE DE BRITA GRADUADA	M³		R\$ 136,94	R\$ 0,00	0,00

## APÊNDICE B – MODELO DA FICHA A2 N

<b>DER / A2</b>					
<b>A2/n/20nn</b>					
<b>CONTRATO N°</b>		<b>PROCESSO N°</b>		<b>OBJETIVO RESUMIDO</b>	
<b>DESCRIÇÃO DA OBRA</b>					
<b>CONTRATO</b>					
DATA DE INICIO DOS SERVIÇOS					
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL					
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL					
PRAZO DE EXECUÇÃO					
VALOR TOTAL INICIAL					
<b>CONTRATO + ADITIVO</b>					
<b>PRIMEIRO TERMO A</b>					
1º) PRORROGA-SE O PRAZO DE VIGÊNCIA.					
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL					
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL					
PRAZO DE EXECUÇÃO					
<b>SEGUNDO TERMO B</b>					
1º) PRORROGA-SE O PRAZO DE VIGÊNCIA.					
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL					
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL					
PRAZO DE EXECUÇÃO					
<b>TERCEIRO TERMO ....</b>					
1º) FICA ACRESCIDO O VALOR, CORRESPONDE A ....% DO VALOR ORIGINAL					
2º) PASSANDO O VALOR DO CONTRATO					
3º) DATA DE EMISSÃO					
<b>LOTE</b>					
<b>SUBLEITO</b>					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO	M²		R\$ 2,22	R\$ 0,00	0,00
<b>SUB-BASE</b>					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
SUB-BASE OU BASE DE SOLO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE	M³		R\$ 11,23	R\$ 0,00	0,00
<b>BASE</b>					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
SUB-BASE OU BASE DE BRITA GRADUADA	M³		R\$ 136,94	R\$ 0,00	0,00

## APÊNDICE C – MODELO DA FICHA C1

### FICHA C1 - QUANTIDADE (M3) DE CAMADAS DE PAVIMENTAÇÃO EXECUTADAS NOS CONTRATOS NOVAC

CONTRATOS	20nn			PRAZO TOTAL			jan/09	fev/09
	CAMADA 1: SUBLEITO	CAMADA 2: SUBBASE	CAMADA 3: BASE	INÍCIO	TÉRMINO	Nº MESES		

A1-0n-20nn								
Nº .....								

A1-0n-20nn								
Nº .....								
.....								

<b>TOTAL 20nn POR CAMADA (m3)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
-----------------------------------	-------------	-------------	-------------

<b>TOTAL POR MÊS (m3)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
---------------------------	-------------	-------------

<b>TOTAL GERAL 20nn (m3)</b>	<b>0,00</b>
------------------------------	-------------

<b>TOTAL ACUMULADO CONTRATOS 20nn (m3)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
--------------------------------------------	-------------	-------------

<b>TOTAL POR MÊS CAMADA 1 (m3)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
------------------------------------	-------------	-------------

<b>TOTAL ACUMULADO CAMADA 1 (m3)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
--------------------------------------	-------------	-------------

<b>TOTAL POR MÊS CAMADA 2 (m3)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
------------------------------------	-------------	-------------

<b>TOTAL ACUMULADO CAMADA 2 (m3)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
--------------------------------------	-------------	-------------

<b>TOTAL POR MÊS CAMADA 3 (m3)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
------------------------------------	-------------	-------------

<b>TOTAL ACUMULADO CAMADA 3 (m3)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
--------------------------------------	-------------	-------------

## APÊNDICE D – MODELO DA FICHA C2

### FICHA C2 - QUANTIDADE (M3) DE CAMADAS DE PAVIMENTAÇÃO EXECUTADAS NOS CONTRATOS DER/DI

CONTRATOS	20nn			PRAZO TOTAL			jan/09	fev/09
	CAMADA 1: SUBLEITO	CAMADA 2: SUBBASE	CAMADA 3: BASE	INÍCIO	TÉRMINO	Nº MESES		
A1-0n-20nn Nº .....								
A1-0n-20nn Nº .....								
.....								

TOTAL 20nn POR CAMADA (m3)	0,00	0,00	0,00
-------------------------------------	------	------	------

TOTAL POR MÊS (m3)	0,00	0,00
--------------------	------	------

TOTAL GERAL 20nn (m3)	0,00
--------------------------	------

TOTAL ACUMULADO CONTRATOS 20nn (m3)	0,00	0,00
-------------------------------------------	------	------

TOTAL POR MÊS CAMADA 1 (m3)	0,00	0,00
--------------------------------	------	------

TOTAL ACUMULADO CAMADA 1 (m3)	0,00	0,00
----------------------------------	------	------

TOTAL POR MÊS CAMADA 2 (m3)	0,00	0,00
--------------------------------	------	------

TOTAL ACUMULADO CAMADA 2 (m3)	0,00	0,00
----------------------------------	------	------

TOTAL POR MÊS CAMADA 3 (m3)	0,00	0,00
--------------------------------	------	------

TOTAL ACUMULADO CAMADA 3 (m3)	0,00	0,00
----------------------------------	------	------



**APÊNDICE E – EXTRATO DOS CONTRATOS DE PAVIMENTAÇÃO  
DA NOVACAP, REFERENTE AO PERÍODO DE 2009 A 2018**

Contrato nº	Processo nº	Objeto resumido	Código
519/2009	112.002.624/2008	Pavimentação, meios fios, sinalização e drenagem nos setores leste e oeste de Planaltina - DF.	A1/1-2009
580/2009	305.000.164/2007	Execução de pavimento asfáltico no SMPW, para complementação do trevo da quadra 27 (próximo à igreja), no Park Way – RA-XXIV – DF.	A1/2-2009
547/2009	110.000.498/2008	Execução de calçadas, meios-fios, rampas de acessibilidade e pavimentação asfáltica nas vias M1, M2, M3, N1, N2, N3 (incluindo locais próximos) e QNN 12, em Ceilândia – RA-IX – DF.	A1/3-2009
504/2009	110.000.205/2008	Pavimentação asfáltica e meios fios na av. Araucária (ligando rua 25 a rua Araribá) e trecho da av. Jacarandá, em Águas Claras – DF.	A1/4-2009
520/2009	112.001.791/2009	Pavimentação asfáltica na quadra 208, rua Macaúba, lote 06/08, Águas Claras, RA XX – DF.	A1/5-2009
508/2009	112.003.796/2008	Execução de estacionamento na quadra 02 do SAF Sul, no Plano Piloto – RA-I – DF.	A1/6-2009
501/2009	110.000.259/2008	Pavimentação asfáltica e meios fios na av. Flamboyant e na rua 37 norte e drenagem pluvial na av. Flamboyant, em Águas Claras – DF.	A1/7-2009
523/2009	112.001.934/2008	Pavimentação asfáltica na av. Parque de Águas Claras (trecho entre a av. Jequitibá e av. Araucária, em Águas Claras, na RA-XX – DF.	A1/08-2009
534/2009	110.000.434/2008	Construção de estacionamento público, em frente aos blocos e, f, g e h, da EQNP 13/17, em Ceilândia, na RA-IX – DF.	A1/9-2009
522/2009	112.000.121/2009	Pavimentação asfáltica, meios-fios e passeios em diversos locais de Águas Claras, na RA-XX – DF.	A1/10-2009
553/2009	141.001.420/2006	Execução de pavimento asfáltico no setor de múltiplas atividades sul - SMAS, trecho 04, acesso aos lotes 6/1 e 6/4 (TJDFT), com ligação na via do SPS, no Plano Piloto, na RA-I – DF.	A1/11-2009
521/2009	110.000.020/2009	Pavimentação asfáltica, meios-fios e drenagem pluvial em diversos locais na QS 05 do Areal, em Águas Claras, na RA-XX – DF.	A1/12-2009

537/2009	110.000.425/2008	Execução de pavimentação asfáltica, meios-fios e passeios na via de ligação entre Sobradinho II e a Vila Rabelo, em Sobradinho II, na RA-XXVI – DF.	A1/13-2009
582/2009	110.000.430/2008	Execução de estacionamento na QNN 31, módulo H, em Ceilândia, na RA-IX – DF.	A1/14-2009
540/2009	110.000.433/2008	Construção de estacionamento público, na EQNP 15/19, em frente aos blocos E, F, G e H, em Ceilândia, na RA-IX – DF.	A1/15-2009
545/2009	112.001.989/2009	Execução de pavimentação asfáltica nas quadras 34 e 57 da vila São José, em Brazlândia, na RA-IV – DF.	A1/16-2009
552/2009	112.000.883/2009	Execução de pavimentação de blocos de concreto e meios-fios no SMAS, trecho 04, lotes 6/3, 6/4 e 6/9 (opção 02), em Brasília, na RA-I – DF.	A1/17-2009
529/2009	112.003.284/2008	Execução de pavimentação asfáltica, pavimentação com intertravado e meios-fios e drenagem pluvial das áreas 01 e 02 do S. H. Noroeste, no Plano Piloto, na RA-I – DF.	A1/18a-2009
530/2009	112.003.284/2008	Execução de pavimentação asfáltica, pavimentação com intertravado e meios-fios e drenagem pluvial das áreas 03 e 05 do S. H. Noroeste, no Plano Piloto, na RA-I – DF.	A1/18b-2009
531/2009	112.003.284/2008	Execução de pavimentação asfáltica, pavimentação com intertravado e meios-fios e drenagem pluvial da área 04 do S. H. Noroeste, no Plano Piloto, na RA-I – DF.	A1/18c-2009
512/2009	410.000.782/2008	Execução de drenagem pluvial, pavimentação asfáltica e assentamento de meios-fios nas quadras 301, 302, 303 do bairro residencial oeste e nos conjuntos de 01 a 12 da rua visconde de Mauá, no bairro Bonsucesso, em São Sebastião, na RA-IV – DF.	A1/19-2009
502/2010	110.000.612/2009	Execução de pavimentação em blocos intertravados	A1/01-2010
520/2010	112.002.876/2009	Execução de pavimentação asfáltica, urbanização e drenagem pluvial na duplicação da via MN 3, entre as vias 0-4 e 0-6 em Ceilândia – DF.	A1/02-2010
506/2010	110.000.045/2009	Execução de pavimento intertravados, meios-fios, passeios e drenagem pluvial na CSE 06, em Taguatinga, na RA-III – DF.	A1/03-2010
518/2010	141.001.742/2009	Execução de via de acesso, estacionamento e drenagem de águas pluviais nos seguintes locais: SAIN, no Plano Piloto, na RA-I – DF.	A1/04-2010
537/2010	110.000.137/2008	Execução de estacionamento, vias internas, pista de cooper e calçamento no projeto orla, no SMAS, trecho 04, acesso aos lotes 6/1 e 6/4 (tjdf),	A1/05-2010

		com ligação na via do SPS, no Plano Piloto - DF, na RA-I	
509/2010	141.003.129/1993	Execução de pavimento asfáltico passeios, meios-fios e drenagem pluvial na via 13 sul e trecho de ligação com a 12 sul, no Plano Piloto, na RA-I – DF.	A1/06-2010
620/2011	141.002.002/2009	Execução de passeios em blocos intertravados, meios fios, cordão de concreto, rampas de acessibilidade, piso tátil e pavimento rígido, na Asa Sul	A1/01-2011
553/2011	110.000.469/2009	Execução de estacionamento em blocos de concreto e drenagem de águas pluviais entre AE a e b da QS 12, S H Riacho Fundo – DF.	A1/02-2011
573/2011	112.003.849/2009	Execução de drenagem de águas pluviais, pavimento intertravado, calçadas, plantio de grama e urbanização em volta da feira modelo, estacionamentos 1, 2 e 3 em Sobradinho – DF.	A1/03-2011
574/2011	142.000.134/2011	Execução de baias na avenida leste sentido plano piloto, conj. 04 QR 122, avenida leste QS 122 em frente ao conj. 12 e avenida leste sentido plano piloto QN 122 em frente ao conj. 05, em Samambaia – DF.	A1/04-2011
619/2011	112.003.308/2008	Execução de pavimento asfáltico, meios-fios e drenagem pluvial, na QS 05, praça 310 A, projeção d, em Taguatinga – DF.	A1/05-2011
514/2011	110.000.037/2009	Execução de pavimento asfáltico, meios-fios na CA 05 Lago Norte	A1/06-2011
512/2011	112.000.780/2011	Execução de calçadas, meios-fios, cordões de concreto, pavimentos intertravados, gramado e paisagismo no pier do Bragueto, Asa Norte	A1/07-2011
532/2011	110.000.525/2009	Execução de estacionamento em blocos de concreto, meios fios e passeios na AE quadra 406, avenida Monjolo, no Recanto das Emas - DF	A1/08-2011
733/2012	145.001.006/2012	Execução de estacionamento, passeios e meios-fios na quadra 115 no Recanto das Emas - DF	A1/01-2012
652/2012	390.000.615/2010	Execução de ciclovia, rampas de acessibilidade, meios-fios, calçadas, cordão de concreto e paisagismo a praça linear 03, quadra 102 - São Sebastião - DF	A1/02-2012
544/2012	142.000.761/2011	Execução de pavimentação asfáltica e meios-fios, qn 206 com a avenida norte, em Samambaia – DF, na RA-XII	A1/03-2012
553/2012	142.000.052/2012	Execução de 10 (dez) baias d ônibus (tipo 02), em diversos locais em Samambaia – DF, RA-XII	A1/04-2012
690/2012	112.003.721/2012	Execução de pavimentação asfáltica - trecho de ligação da br - 020 até uma parte que dá acesso a escola classe córrego do arrozal em Sobradinho - DF	A1/05-2012
549/2013	112.003.852/2009	Execução de pavimentação asfáltica quadra 33, na Vila São José, em Brazlândia - DF	A1/01-2013

620/2013	002.000.130/2011	Execução de pavimentação asfáltica no SCS	A1/02-2013
658/2013	112.003.345/2012	Execução de pavimentação asfáltica na via de ligação do autódromo, SGAN e Colégio Militar	A1/03-2013
616/2013	112.000.161/2014	Execução de pavimentação na DF-180, em Samambaia - DF	A1/04-2013
547/2013	142.001.425/2011	Execução de calçadas em Samambaia - DF	A1/05-2013
548/2013	142.000.200/2012	Execução de pavimentação em blocos de concreto nas QR 114 e QR 120, em Samambaia - DF	A1/06-2013
650/2013	142.000.488/2013	Execução de pavimentação em concreto na QR 401, QR 402 e QS 612/614 em Samambaia - DF	A1/07-2013
535/2013	110.000.449/2012	Execução de pavimentação em blocos de concreto SAF/Sul, em Brasília - DF	A1/08-2013
596/2013	112.004.306/2015	Execução de pavimentação asfáltica na av. JK, área central e quadras 38 e 43 no Gama - DF	A1/09-2013
610/2014	110.000.414/2012	Execução de pavimentação asfáltica, nas quadras 117 e 118, Recanto das Emas - DF	A1/02-2014
572/2014	112.002.612/2013	Execução de pavimento asfáltico na QN 320, Samambaia - DF	A1/01-2014
571/2014	143.000.88/2014	Execução de estacionamentos na QR211 e na QC 01, Santa Maria - DF	A1/03-2014
578/2015	112.002.174/2015	Execução de pavimentação asfáltica duplicação DF-180, Samambaia - DF	A1/01-2015
546/2015	110.000.221/2015	Execução de pavimentação asfáltica Centro urbano de Samambaia - DF	A1/02-2015
544/2015	112.000.924/2016	Execução de pavimentação asfáltica Av. São Sebastião com rua 10, São Sebastião - DF	A1/01-2015
078/2017	110.000.027/2017	Execução de estacionamento Hospital da Criança de Brasília	A1/01-2017
065/2017	110.000.256/2011	Execução de pavimento intertravado Av. dos Pioneiros – Gama - DF	A1/02-2017

**APÊNDICE F – FICHA A1 N PREENCHIDAS COM DADOS DA NOVACAP (EXEMPLO: FICHA A1/1-2009)**

**NOVACAP/ A1**

**A1/1-2009**

CONTRATO N°	PROCESSO N°	OBJETIVO RESUMIDO
519/2009	112.002.624/2008	EXECUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA, SETOR LESTE DE PLANALTINA/DF

DESCRIÇÃO DA OBRA	
CONTRATO	
DATA DE INICIO DOS SERVIÇOS	30/07/2009
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL	30/07/2009
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL	26/11/2009
PRAZO DE EXECUÇÃO	120 dias corridos
VALOR TOTAL INICIAL	R\$ 13.087.344,90

CONTRATO + ADITIVO	
PRIMEIRO TERMO A	
1º) PRORROGA-SE O PRAZO DE VIGÊNCIA.	
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL	27/11/2009
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL	24/02/2010
PRAZO DE EXECUÇÃO	90 dias corridos
SEGUNDO TERMO B	
1º) PRORROGA-SE O PRAZO DE VIGÊNCIA.	
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL	24/02/2010
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL	23/06/2010
PRAZO DE EXECUÇÃO	120 dias corridos
TERCEIRO TERMO C	
1º) PRORROGA-SE O PRAZO DE VIGÊNCIA.	
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL	24/06/2010
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL	21/10/2010
PRAZO DE EXECUÇÃO	120 dias corridos
QUARTO TERMO D	
1º) PRORROGA-SE O PRAZO DE VIGÊNCIA.	
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL	22/10/2010
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL	18/03/2011
PRAZO DE EXECUÇÃO	148 dias corridos
QUINTO TERMO E	
1º) PRORROGA-SE O PRAZO DE VIGÊNCIA.	
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL	18/03/2011
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL	12/08/2011
PRAZO DE EXECUÇÃO	148 dias corridos
SEXTO TERMO F	
1º) PRORROGA-SE O PRAZO DE VIGÊNCIA.	
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL	12/08/2011
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL	06/01/2012
PRAZO DE EXECUÇÃO	148 dias corridos

**SUBLEITO**

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO	M²	105.862,800	R\$ 2,02	R\$ 213.842,86	21172,56
<b>SUB-BASE</b>					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
SUB-BASE OU BASE DE SOLO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE	M³	14619,350	R\$ 9,99	R\$ 146.047,30	14619,350

## APÊNDICE G – FICHA A2 N PREENCHIDAS COM DADOS DO DER/DF (EXEMPLO: FICHA A2/1-2009)

**DER**

**A2/01-2009**

CONTRATO N°	PROCESSO N°	OBJETIVO RESUMIDO
026/2009	113.006.250/2008	EWEC Construção Ltda

DESCRIÇÃO DA OBRA	
CONTRATO	
DATA DE INICIO DOS SERVIÇOS	27/02/2009
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL	04/03/2009
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL	05/10/2009
PRAZO DE EXECUÇÃO	180dias corridos
VALOR TOTAL INICIAL	R\$ 10.546.262,92

CONTRATO + ADITIVO	
PRIMEIRO TERMO A	
1º) PRORROGA-SE O PRAZO DE VIGÊNCIA.	
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL	05/10/2009
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL	03/01/2010
PRAZO DE EXECUÇÃO	90 dias
SEGUNDO TERMO B	
1º) PRORROGA-SE O PRAZO DE VIGÊNCIA.	
PRAZO DE EXECUÇÃO INICIAL	03/01/2010
PRAZO DE EXECUÇÃO FINAL	03/04/2010
PRAZO DE EXECUÇÃO	90 dias
TERCEIRO TERMO C	
1º) ADITIVO FINANCEIRO	
VALOR DO ADITIVO	R\$ 2.630.391,55
VALOR TOTAL APÓS ADITIVO	R\$ 13.176.654,47
DATA	08/02/2010

DUPLICAÇÃO DA DF-079/DF-085/DF-079 LOTE 01 KM 2,3 AO KM 4,9					
SUBLEITO					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO	M²	32.110,00	R\$ 2,02	R\$ 64.862,20	6.422,00
SUB-BASE					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
BASE DE SOLO ESTABILIZADO C/ 3% DE CAL	M³	5.915,00	R\$ 22,74	R\$ 134.507,10	5.915,000

BASE					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
BASE DE BRITA GRADUADA	M³	4.377,750	R\$ 91,32	R\$ 399.776,13	4.377,7500

DUPLICAÇÃO DA DF-079/DF-085/DF-079 LOTE 02 KM 4,9 AO KM 8,2					
SUBLEITO					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO	M²	36.309,00	R\$ 2,02	R\$ 73.344,18	7.261,80
SUB-BASE					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
BASE DE SOLO ESTABILIZADO C/ 3% DE CAL	M³	6.688,50	R\$ 22,74	R\$ 152.096,49	6.688,500
BASE					
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	VOLUME M³
BASE DE BRITA GRADUADA	M³	4.950,230	R\$ 91,32	R\$ 452.055,00	4.950,2300



## APÊNDICE H – FICHA C1 PREENCHIDA COM DADOS DA NOVACAP (EXEMPLO)

### QUANTIDADES EXECUTADAS DAS CAMADAS 1, 2,

jan/09 fev/09 mar/09 abr/09 mai/09 jun/09 jul/09 ago/19 set/09

TOTAL GERAL - CONTRATOS ANOS (m3/mês)									
Contratos 2009	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.224,44	5.224,44	7.200,93	5.220,53
2010	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2012	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2014	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2015	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2018	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL GERAL(m3/mês)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>5.224,44</b>	<b>5.224,44</b>	<b>7.200,93</b>	<b>5.220,53</b>

TOTAL CAMADA 1 - CONTRATOS ANOS (m3/mês)									
Contratos 2009	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.208,56	2.208,56	3.180,13	2.322,69
2010	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2012	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2014	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2015	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2018	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL CAMADA 1 (m3/mês)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2.208,56</b>	<b>2.208,56</b>	<b>3.180,13</b>	<b>2.322,69</b>

TOTAL CAMADA 2 - CONTRATOS ANOS (m3/mês)									
Contratos 2009	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.618,86	1.618,86	2.267,17	1.718,32
2010	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2012	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2014	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2015	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2018	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL CAMADA 2 (m3/mês)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1.618,86</b>	<b>1.618,86</b>	<b>2.267,17</b>	<b>1.718,32</b>

TOTAL CAMADA 3 - CONTRATOS ANOS (m3/mês)									
Contratos 2009	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.397,02	1.397,02	1.753,63	1.179,52



**APÊNDICE J – TOTAIS EXECUTADOS NA NOVACAP E NO DER/DF  
(EXEMPLO)**

	TOTAL GERAL POR ANO(m³)								
jan/09	940,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
fev/09	7.624,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
mar/09	39.696,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
abr/09	39.696,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
mai/09	39.696,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jun/09	44.920,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jul/09	44.920,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ago/09	50.476,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
set/09	48.686,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
out/09	58.459,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/09	58.459,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
dez/09	56.908,10	183,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jan/10	56.247,65	749,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
fev/10	56.495,96	1.214,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
mar/10	53.611,49	1.968,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
abr/10	50.433,38	1.770,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
mai/10	48.139,54	1.306,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jun/10	47.687,94	938,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jul/10	30.103,90	938,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ago/10	23.818,64	938,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
set/10	23.818,64	964,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
out/10	23.057,85	964,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/10	23.057,85	964,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
dez/10	23.057,85	964,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jan/11	21.703,45	964,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
fev/11	21.703,45	964,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
mar/11	18.992,98	964,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
abr/11	18.992,98	964,60	655,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
mai/11	18.992,98	964,60	655,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jun/11	18.992,98	780,99	1.325,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jul/11	18.744,67	523,76	1.325,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ago/11	18.744,67	523,76	1.325,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
set/11	15.182,40	523,76	1.625,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
out/11	11.061,26	523,76	1.677,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/11	11.061,26	523,76	1.677,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
dez/11	11.061,26	26,35	1.313,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jan/12	11.061,26	26,35	1.222,19	35,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
fev/12	9.766,35	26,35	1.222,19	35,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
mar/12	9.766,35	26,35	1.222,19	35,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
abr/12	9.766,35	26,35	1.222,19	35,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

mai/12	9.766,35	26,35	1.222,19	154,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jun/12	9.766,35	26,35	1.222,19	244,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jul/12	9.766,35	26,35	1.222,19	1.972,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ago/12	6.761,28	26,35	1.222,19	1.972,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
set/12	6.761,28	26,35	993,98	1.972,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
out/12	4.699,73	26,35	993,98	1.983,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/12	4.699,73	26,35	993,98	1.983,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
dez/12	4.699,73	26,35	853,31	2.598,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jan/13	4.699,73	26,35	131,19	750,88	8.026,10	0,00	0,00	0,00	0,00
fev/13	4.699,73	26,35	131,19	812,20	8.026,10	0,00	0,00	0,00	0,00
mar/13	4.699,73	26,35	131,19	722,12	8.026,10	0,00	0,00	0,00	0,00
abr/13	4.699,73	26,35	131,19	722,12	8.216,62	0,00	0,00	0,00	0,00
mai/13	4.699,73	26,35	131,19	107,80	9.188,92	0,00	0,00	0,00	0,00
jun/13	4.699,73	26,35	131,19	46,48	9.406,36	0,00	0,00	0,00	0,00
jul/13	4.699,73	26,35	131,19	46,48	9.849,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ago/13	4.699,73	26,35	130,55	46,48	9.077,15	0,00	0,00	0,00	0,00
set/13	4.699,73	26,35	130,55	46,48	9.714,50	0,00	0,00	0,00	0,00
out/13	4.699,73	26,35	130,55	46,48	9.714,50	0,00	0,00	0,00	0,00
nov/13	4.699,73	26,35	130,55	46,48	11.442,76	0,00	0,00	0,00	0,00
dez/13	4.699,73	26,35	130,55	46,48	5.687,09	0,00	0,00	0,00	0,00
jan/14	2.266,85	26,35	130,55	46,48	5.687,09	0,00	0,00	0,00	0,00
fev/14	2.266,85	26,35	0,00	46,48	5.279,13	2.654,16	0,00	0,00	0,00
mar/14	2.266,85	26,35	0,00	46,48	5.279,13	2.654,16	0,00	0,00	0,00
abr/14	2.266,85	26,35	0,00	46,48	5.279,13	2.654,16	0,00	0,00	0,00
mai/14	2.266,85	26,35	0,00	46,48	5.279,13	2.654,16	0,00	0,00	0,00
jun/14	2.266,85	26,35	0,00	46,48	5.279,13	2.654,16	0,00	0,00	0,00
jul/14	2.266,85	26,35	0,00	46,48	3.865,74	2.654,16	0,00	0,00	0,00
ago/14	2.266,85	26,35	0,00	46,48	2.323,30	2.811,35	0,00	0,00	0,00
set/14	2.266,85	26,35	0,00	46,48	2.323,30	2.811,35	0,00	0,00	0,00
out/14	2.266,85	26,35	0,00	46,48	1.426,85	3.061,29	0,00	0,00	0,00
nov/14	2.266,85	26,35	0,00	46,48	1.426,85	4.348,88	0,00	0,00	0,00
dez/14	2.266,85	26,35	0,00	46,48	1.426,85	4.348,88	0,00	0,00	0,00
jan/15	2.266,85	26,35	0,00	46,48	1.426,85	3.941,75	0,00	0,00	0,00
fev/15	2.266,85	26,35	0,00	11,47	1.426,85	3.941,75	0,00	0,00	0,00
mar/15	2.266,85	26,35	0,00	11,47	1.426,85	3.941,75	0,00	0,00	0,00
abr/15	2.266,85	0,00	0,00	11,47	1.426,85	3.941,75	0,00	0,00	0,00
mai/15	2.266,85	0,00	0,00	11,47	1.426,85	3.941,75	0,00	0,00	0,00
jun/15	2.266,85	0,00	0,00	11,47	1.426,85	3.941,75	0,00	0,00	0,00
jul/13	2.266,85	0,00	0,00	11,47	1.426,85	3.941,75	0,00	0,00	0,00
ago/15	2.266,85	0,00	0,00	11,47	1.426,85	3.941,75	0,00	0,00	0,00
set/15	2.266,85	0,00	0,00	11,47	1.426,85	3.941,75	0,00	0,00	0,00

out/15	2.266,85	0,00	0,00	11,47	1.426,85	3.941,75	0,00	0,00	0,00
nov/15	2.266,85	0,00	0,00	11,47	1.426,85	3.941,75	0,00	0,00	0,00
dez/15	2.266,85	0,00	0,00	11,47	1.426,85	3.941,75	1.130,43	0,00	0,00
jan/16	2.266,85	0,00	0,00	11,47	1.426,85	3.941,75	1.130,43	0,00	0,00
fev/16	2.266,85	0,00	0,00	11,47	984,21	3.941,75	1.130,43	0,00	0,00
mar/16	2.266,85	0,00	0,00	11,47	984,21	3.941,75	1.130,43	0,00	0,00
abr/16	2.266,85	0,00	0,00	11,47	984,21	3.941,75	1.130,43	0,00	0,00
mai/16	2.266,85	0,00	0,00	11,47	875,42	3.941,75	1.130,43	0,00	0,00
jun/16	2.266,85	0,00	0,00	11,47	875,42	3.941,75	1.130,43	196,78	0,00
jul/16	1.316,88	0,00	0,00	0,00	875,42	3.941,75	1.130,43	1.156,20	0,00
ago/16	1.316,88	0,00	0,00	0,00	875,42	3.190,98	1.130,43	1.156,20	0,00
set/16	1.316,88	0,00	0,00	0,00	875,42	3.190,98	1.130,43	959,42	0,00
out/16	0,00	0,00	0,00	0,00	875,42	3.190,98	1.130,43	959,42	0,00
nov/16	0,00	0,00	0,00	0,00	875,42	3.190,98	1.130,43	959,42	0,00
dez/16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	1.130,43	1.148,39	0,00
jan/17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	1.130,43	1.148,39	0,00
fev/17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	0,00
mar/17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	523,54
abr/17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	523,54
mai/17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	523,54
jun/17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	523,54
jul/17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	1.120,20
ago/17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	1.120,20
set/17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	1.392,25
out/17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	1.622,50
nov/17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	1.622,50
dez/17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	3.114,20
jan/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	3.114,20
fev/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	3.114,20
mar/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	3.114,20
abr/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	2.883,95
mai/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	2.883,95
jun/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	2.883,95
jul/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	2.883,95
ago/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	2.287,29
set/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	2.287,29
out/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	2.287,29
nov/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.190,98	0,00	1.148,39	2.287,29
dez/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.654,16	0,00	1.148,39	2.287,29

**APÊNDICE K – TOTAIS MENCIAIS EXECUTADOS NA NOVACAP E  
NO DER/DF POR CAMADAS**

<b>Camada de subleito (C1)</b>		set/11	8.081,61	out/14	2.066,60	nov/17	1.861,03
jan/09	302,86	out/11	6.580,31	nov/14	2.292,03	dez/17	2.459,12
fev/09	2.732,65	nov/11	6.580,31	dez/14	2.292,03	jan/18	2.459,12
mar/09	15.836,33	dez/11	6.363,42	jan/15	2.100,91	fev/18	2.459,12
abr/09	15.836,33	jan/12	6.254,30	fev/15	2.100,91	mar/18	2.459,12
mai/09	15.836,33	fev/12	5.548,54	mar/15	2.100,91	abr/18	2.372,12
jun/09	18.044,89	mar/12	5.548,54	abr/15	2.089,07	mai/18	2.372,12
jul/09	18.044,89	abr/12	5.548,54	mai/15	2.089,07	jun/18	2.372,12
ago/09	20.656,46	mai/12	5.548,54	jun/15	2.089,07	jul/18	2.372,12
set/09	19.868,25	jun/12	5.586,23	jul/13	2.089,07	ago/18	2.002,94
out/09	24.549,73	jul/12	5.586,23	ago/15	2.089,07	set/18	2.002,94
nov/09	24.549,73	ago/12	4.083,71	set/15	2.089,07	out/18	2.002,94
dez/09	24.138,55	set/12	3.968,17	out/15	2.089,07	nov/18	2.002,94
jan/10	24.151,25	out/12	2.954,22	nov/15	2.089,07	dez/18	1.777,51
fev/10	24.484,70	nov/12	2.954,22	dez/15	2.543,33		
mar/10	23.484,74	dez/12	3.180,29	jan/16	2.543,33		
abr/10	21.353,73	jan/13	5.915,53	fev/16	2.383,37		
mai/10	20.233,39	fev/13	5.946,72	mar/16	2.383,37		
jun/10	19.786,43	mar/13	5.909,03	abr/16	2.383,37		
jul/10	13.252,21	abr/13	6.011,35	mai/16	2.332,96		
ago/10	10.865,24	mai/13	6.357,24	jun/16	2.403,43		
set/10	10.877,08	jun/13	6.412,75	jul/16	2.213,90		
out/10	10.807,85	jul/13	6.572,71	ago/16	2.213,90		
nov/10	10.807,85	ago/13	6.391,98	set/16	2.143,44		
dez/10	10.807,85	set/13	6.599,32	out/16	1.431,74		
jan/11	10.272,51	out/13	6.599,32	nov/16	1.431,74		
fev/11	10.272,51	nov/13	7.306,24	dez/16	1.292,25		
mar/11	9.184,85	dez/13	5.097,42	jan/17	1.292,25		
abr/11	9.432,72	jan/14	3.801,23	fev/17	837,99		
mai/11	9.432,72	fev/14	3.657,74	mar/17	1.196,98		
jun/11	9.731,11	mar/14	3.657,74	abr/17	1.196,98		
jul/11	9.524,17	abr/14	3.657,74	mai/17	1.196,98		
ago/11	9.524,17	mai/14	3.657,74	jun/17	1.196,98		
		jun/14	3.657,74	jul/17	1.566,17		
		jul/14	3.110,09	ago/17	1.566,17		
		ago/14	2.575,13	set/17	1.774,03		
		set/14	2.575,13	out/17	1.861,03		

Camada de sub-base (C 2)	
jan/09	406,98
fev/09	3.415,35
mar/09	12.974,18
abr/09	12.974,18
mai/09	12.974,18
jun/09	14.593,04
jul/09	14.593,04
ago/09	17.180,35
set/09	16.700,73
out/09	19.201,51
nov/09	19.201,51
dez/09	18.155,22
jan/10	18.113,07
fev/10	18.189,23
mar/10	17.641,17
abr/10	17.410,95
mai/10	16.575,35
jun/10	16.278,70
jul/10	8.680,39

ago/10	7.263,72
set/10	7.270,76
out/10	6.631,12
nov/10	6.631,12
dez/10	6.631,12
jan/11	6.262,76
fev/11	6.262,76
mar/11	5.411,67
abr/11	5.649,48
mai/11	5.649,48
jun/11	5.814,32
jul/11	5.587,11
ago/11	5.587,11
set/11	5.442,62
out/11	3.777,98
nov/11	3.777,98
dez/11	3.507,57
jan/12	3.510,57
fev/12	3.023,26
mar/12	3.023,26
abr/12	3.023,26
mai/12	3.038,54
jun/12	3.065,77
jul/12	3.937,07
ago/12	2.622,10
set/12	2.622,10
out/12	2.472,80
nov/12	2.472,80
dez/12	2.413,21
jan/13	3.931,71
fev/13	3.961,83
mar/13	3.934,60
abr/13	4.022,80
mai/13	4.080,36
jun/13	4.073,48
jul/13	4.237,99
ago/13	4.079,82

set/13	4.351,40
out/13	4.351,40
nov/13	4.902,85
dez/13	2.839,66
jan/14	2.211,73
fev/14	2.619,18
mar/14	2.619,18
abr/14	2.619,18
mai/14	2.619,18
jun/14	2.619,18
jul/14	2.088,97
ago/14	1.679,91
set/14	1.679,91
out/14	1.733,79
nov/14	2.188,51
dez/14	2.188,51
jan/15	2.042,34
fev/15	2.022,55
mar/15	2.022,55
abr/15	2.015,51
mai/15	2.015,51
jun/15	2.015,51
jul/15	2.015,51
ago/15	2.015,51
set/15	2.015,51
out/15	2.015,51
nov/15	2.015,51
dez/15	2.373,42
jan/16	2.373,42
fev/16	2.208,91
mar/16	2.208,91
abr/16	2.208,91
mai/16	2.179,19
jun/16	2.270,68
jul/16	2.195,31
ago/16	1.905,97
set/16	1.814,48

out/16	1.487,69
nov/16	1.487,69
dez/16	1.246,46
jan/17	1.246,46
fev/17	888,55
mar/17	979,96
abr/17	979,96
mai/17	979,96
jun/17	979,96
jul/17	1.106,34
ago/17	1.106,34
set/17	1.136,93
out/17	1.223,93
nov/17	1.223,93
dez/17	1.684,72
jan/18	1.684,72
fev/18	1.684,72
mar/18	1.684,72
abr/18	1.597,72
mai/18	1.597,72
jun/18	1.597,72
jul/18	1.597,72
ago/18	1.471,35
set/18	1.471,35
out/18	1.471,35
nov/18	1.471,35
dez/18	1.305,97

Camada de base (C3)	
jan/09	230,43
fev/09	1.476,17
mar/09	10.885,59
abr/09	10.885,59
mai/09	10.885,59
jun/09	12.282,61
jul/09	12.282,61

ago/09	12.639,22
set/09	12.117,03
out/09	14.707,80
nov/09	14.707,80
dez/09	14.797,94
jan/10	14.732,98
fev/10	15.036,19
mar/10	14.454,38
abr/10	13.439,50
mai/10	12.637,08
jun/10	12.561,06
jul/10	9.109,56
ago/10	6.627,94
set/10	6.635,41
out/10	6.583,48
nov/10	6.583,48
dez/10	6.583,48
jan/11	6.132,79
fev/11	6.132,79
mar/11	5.361,06
abr/11	5.531,11
mai/11	5.531,11
jun/11	5.553,63
jul/11	5.482,23
ago/11	5.482,23
set/11	3.807,00
out/11	2.904,68
nov/11	2.904,68
dez/11	2.530,33
jan/12	2.579,95
fev/12	2.478,11
mar/12	2.478,11
abr/12	2.478,11
mai/12	2.582,32
jun/12	2.607,48
jul/12	3.464,05
ago/12	3.276,46

set/12	3.163,80
out/12	2.276,96
nov/12	2.276,96
dez/12	2.584,12
jan/13	3.787,00
fev/13	3.787,00
mar/13	3.761,85
abr/13	3.761,85
mai/13	3.716,37
jun/13	3.823,87
jul/13	3.942,05
ago/13	3.508,46
set/13	3.666,88
out/13	3.666,88
nov/13	4.136,79
dez/13	2.653,11
jan/14	2.144,36
fev/14	3.996,05
mar/14	3.996,05
abr/14	3.996,05
mai/14	3.996,05
jun/14	3.996,05
jul/14	3.660,52
ago/14	3.219,28
set/14	3.219,28
out/14	3.027,43
nov/14	3.634,87
dez/14	3.634,87
jan/15	3.565,03
fev/15	3.549,81
mar/15	3.549,81
abr/15	3.542,34
mai/15	3.542,34
jun/15	3.542,34
jul/15	3.542,34
ago/15	3.542,34
set/15	3.542,34

out/15	3.542,34
nov/15	3.542,34
dez/15	3.860,60
jan/16	3.860,60
fev/16	3.742,43
mar/16	3.742,43
abr/16	3.742,43
mai/16	3.713,76
jun/16	3.748,59
jul/16	4.011,47
ago/16	3.550,04
set/16	3.515,21
out/16	3.236,82
nov/16	3.236,82
dez/16	2.931,09
jan/17	2.931,09
fev/17	2.612,83
mar/17	2.685,96
abr/17	2.685,96
mai/17	2.685,96
jun/17	2.685,96
jul/17	2.787,06
ago/17	2.787,06
set/17	2.820,66
out/17	2.820,66
nov/17	2.820,66
dez/17	3.253,47
jan/18	3.253,47
fev/18	3.253,47
mar/18	3.253,47
abr/18	3.253,47
mai/18	3.253,47
jun/18	3.253,47
jul/18	3.253,47
ago/18	3.152,37
set/18	3.152,37
out/18	3.152,37
nov/18	3.152,37
dez/18	3.006,36



## APÊNDICE L – MÉDIAS TOTAIS DA NOVACAP E DO DER/DF POR CAMADAS

<b>Mês</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>total por mês 2009/2018</b>	<b>média 2009/2018</b>
<b>Jan</b>	302,86	2415,125	1027,251	6254,30	5915,53	3801,23	2100,91	2543,33	1292,25	2459,12	17,53	17,14	59093,29	5909
<b>Fev</b>	2732,65	2448,470	1027,251	5548,54	5946,72	3657,74	2100,91	2383,37	837,99	2459,12	16,82	17,29	60424,27	6042
<b>Mar</b>	1583,633	2348,474	9184,85	5548,54	5909,03	3657,74	2100,91	2383,37	1196,98	2459,12	17,88	16,98	71761,64	7176
<b>Abr</b>	1583,633	2135,373	9432,72	5548,54	6011,35	3657,74	2089,07	2383,37	1196,98	2372,12	16,82	16,97	69881,97	6988
<b>Mai</b>	1583,633	2023,339	9432,72	5548,54	6357,24	3657,74	2089,07	2332,96	1196,98	2372,12	16,74	16,89	69057,12	6906
<b>Jun</b>	1804,489	1978,643	9731,11	5586,23	6412,75	3657,74	2089,07	2403,43	1196,98	2372,12	17,04	16,70	71280,76	7128
<b>Jul</b>	1804,489	1325,221	9524,17	5586,23	6572,71	3110,09	2089,07	2213,90	1566,17	2372,12	16,31	16,81	64331,57	6433
<b>Ago</b>	2065,646	1086,524	9524,17	4083,71	6391,98	2575,13	2089,07	2213,90	1566,17	2002,94	16,76	16,80	61968,78	6197
<b>Set</b>	1986,825	1087,708	8081,61	3968,17	6599,32	2575,13	2089,07	2143,44	1774,03	2002,94	16,84	16,85	59979,04	5998
<b>Out</b>	2454,973	1080,785	6580,31	2954,22	6599,32	2066,60	2089,07	1431,74	1861,03	2002,94	16,69	17,02	60942,80	6094
<b>Nov</b>	2454,973	1080,785	6580,31	2954,22	7306,24	2292,03	2089,07	1431,74	1861,03	2002,94	17,23	17,02	61875,15	6188
<b>Dez</b>	2413,855	1080,785	6363,42	3180,29	5097,42	2292,03	2543,33	1292,25	2459,12	1777,51	17,11	17,09	59951,78	5995

## APÊNDICE M – PREVISÕES PARA 2019 DA NOVACAP E DER/DF POR CAMADAS

Previsões pontuais e intervalares para a camada de subleito (C1) em m <sup>3</sup>						Volume médio em m <sup>3</sup>
Mês/Ano	Pontual	Limite inferior (80%)	Limite superior (80%)	Limite inferior (95%)	Limite superior (95%)	
Jan/2019	1753	1488	2065	1364	2253	5909
Fev/2019	1682	1317	2150	1156	2447	6042
Mar/2019	1788	1314	2433	1116	2864	7176
Abr/2019	1682	1185	2389	984	2876	6988
Mai/2019	1674	1113	2519	896	3128	6905
Jun/2019	1704	1076	2699	844	3443	7128
Jul/2019	1631	981	2711	749	3548	6433
Ago/2019	1676	955	2939	710	3957	6196
Set/2019	1684	921	3080	669	4241	5997
Out/2019	1669	878	3175	625	4462	6094
Nov/2019	1723	875	3393	611	4857	6187
Dez/2019	1711	846	3462	583	5026	5995

Previsões pontuais e intervalares para a camada de sub-base (C2) em m <sup>3</sup>						Volume médio em m <sup>3</sup>
Mês/Ano	Pontual	Limite inferior (80%)	Limite superior (80%)	Limite inferior (95%)	Limite superior (95%)	
Jan/2019	1254	1057	1487	965	1628	4178
Fev/2019	1243	978	1579	862	1793	4428
Mar/2019	1247	935	1662	803	1936	5250
Abr/2019	1189	861	1642	726	1947	5250
Mai/2019	1216	843	1756	694	2133	5171
Jun/2019	1214	807	1825	651	2265	5331
Jul/2019	1210	771	1899	608	2410	4604
Ago/2019	1258	766	2067	589	2688	4491
Set/2019	1243	730	2118	551	2807	4451
Out/2019	1256	712	2214	528	2990	4437
Nov/2019	1264	696	2293	508	3143	4537
Dez/2019	1229	662	2280	477	3164	4235

Previsões pontuais e intervalares para a camada de sub-base (C2) em m <sup>3</sup>						Volume médio em m <sup>3</sup>
Mês/Ano	Pontual	Limite inferior (80%)	Limite superior (80%)	Limite inferior (95%)	Limite superior (95%)	
Jan/2019	2995	2560	3505	2355	3809	4322
Fev/2019	3012	2386	3801	2109	4300	4606
Mar/2019	3023	2288	3993	1975	4627	5417
Abr/2019	3018	2209	4123	1873	4863	5332
Mai/2019	3019	2140	4260	1783	5111	5254
Jun/2019	3017	2077	4384	1704	5342	5406
Jul/2019	3018	2021	4509	1634	5576	5154
Ago/2019	3018	1969	4624	1571	5796	4779
Set/2019	3018	1922	4739	1514	6017	4564
Out/2019	3018	1879	4848	1462	6230	4592
Nov/2019	3018	1838	4956	1414	6444	4700
Dez/2019	3018	1800	5060	1369	6653	4584