

## **Processamento de resíduos sólidos de construção civil – caso de uma região no Estado do Rio de Janeiro**

*Ramon Gonçalves Cândido<sup>1</sup>*  
*Ricardo César da Silva Guabiroba<sup>2</sup>*

### **RESUMO ESTRUTURADO**

**Introdução/Problematização:** À medida que enfrentamos desafios crescentes relacionados à poluição, escassez de recursos e degradação ambiental, a reciclagem de resíduos sólidos, dentre eles os da construção civil, emerge como uma solução essencial para mitigar esses problemas, não apenas desempenhando um papel essencial na promoção da sustentabilidade ambiental, mas também influenciando diretamente o bem-estar geral da população. Contudo, na região de Volta Redonda-Barra Mansa, ainda não se realiza a reciclagem de RCC, o que traz malefícios para a sociedade e meio ambiente.

**Objetivo/proposta:** O objetivo deste estudo é identificar o cenário atual e propor melhorias associadas a gestão de resíduos sólidos da construção civil. Foge ao escopo deste estudo a análise completa da viabilidade econômica da instalação das usinas de reciclagem, tornando apenas foco de estudo a oportunidade de emprego de tecnologias e processos que permitam manejar e reciclar plenamente a grande massa de RCC coletada pelos municípios, antes descartada em diversos locais inadequados, transformando-a em agregados com valor econômico e aplicabilidade que permite sua reinserção na cadeia produtiva.

**Procedimentos Metodológicos (caso aplicável):** A pesquisa utilizou dados do SNIS 2021 para identificar a gestão de resíduos sólidos da construção civil na região intermediária de Volta Redonda-Barra Mansa. Entrevistas com oito empresas de caçambas revelaram práticas de manejo e descarte de RCC, comparadas com padrões ambientais do CONAMA. Com base nesses dados e em pesquisa bibliográfica em artigos científicos do acervo do *Web of Science*, o estudo propôs um novo cenário para a gestão de RCC, visando benefícios socioeconômicos e ambientais.

**Principais Resultados:** Foram apresentados dois cenários para o uso de uma usina de reciclagem de RCC, considerando sua capacidade variável. No Cenário 1, uma única usina opera com capacidade máxima (70t/h) e processa a coleta diária da região (477,36 toneladas/dia em média), resultando em uma capacidade ociosa média de 82,6 toneladas. Já no Cenário 2, duas usinas operam com capacidade menor (40t/h) e processam 640 toneladas/dia, com uma capacidade ociosa média de 162,6 toneladas.

---

<sup>1</sup> Graduando em Administração pela Universidade Federal Fluminense (UFF), Volta Redonda, Brasil. E-mail: [ramongc@id.uff.br](mailto:ramongc@id.uff.br) ORCID <https://orcid.org/0009-0003-4975-2510>

<sup>2</sup> Professor na Universidade Federal Fluminense (UFF), Volta Redonda, Brasil. E-mail: [ricardocesar@id.uff.br](mailto:ricardocesar@id.uff.br) ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4108-846X>

**Considerações Finais/Conclusão:** Logo, conforme foi proposto nos dois cenários, o emprego de usinas de reciclagem de RCC é a melhor escolha para transformar o panorama atual da região de Volta Redonda-Barra Mansa no que tange à gestão de RCC. A utilização das usinas será feita de forma plena, justificando seu investimento, e os retornos são notados tanto na área social, quanto econômica e ambiental.

**Contribuições do Trabalho:** A reciclagem de Resíduos de Construção Civil (RCC), incentivada pelo CONAMA, possibilita a produção de agregados reciclados na construção civil, gerando impactos positivos nos aspectos ambiental, social e econômico. Essa prática sustentável permite a reintegração de materiais reciclados no ciclo de construção, promovendo eficiência ecológica e socioeconômica.

**Palavras-Chave:** Reciclagem; construção civil; sustentabilidade; meio ambiente.

## Resumo

A gestão de resíduos sólidos tem se tornado, como parte de um abrangente cenário de políticas relacionadas ao meio-ambiente, um assunto muito discutido pelas comunidades políticas, ativistas, sociais e organizacionais devido à crescente cobrança proveniente de todos os níveis e grupos da sociedade por novas políticas e leis que visem a diminuição e a melhor gestão dos resíduos. Neste contexto, insere-se a atividade socioeconômica da construção civil, que, assim como as outras atividades humanas, produz resíduos sólidos que precisam passar pelo processo classificação e aferição em quantidades e posterior manejo correto, a fim de se minimizar ou até eliminar os impactos socioambientais que possam surgir consequentes à sua produção e descarte incorreto. O objetivo deste estudo é identificar o cenário atual da gestão de resíduos sólidos e propor mudanças que transformem o ciclo de vida dos resíduos da construção civil gerados nos municípios da região intermediária de Volta Redonda-Barra Mansa, que atualmente não são direcionados para nenhuma unidade de tratamento específica e também não são reciclados, algo que traz malefícios sociais e ambientais.

## Abstract

Solid waste management has become, as part of a comprehensive scenario of policies related to the environment, a subject much discussed by the political, activist, social and organizational communities due to the growing demand from all levels and groups of society for new policies and laws aimed at reducing and better managing waste. This context includes the socio-economic activity of construction, which, like other human activities, produces solid waste that needs to go through the process of classification and measurement in quantities and subsequent correct management, in order to minimize or even eliminate the socio-environmental impacts that may arise as a result of its production and incorrect disposal. The aim of this study is to identify the current scenario of solid waste management and propose changes that will transform the life cycle of construction waste collected in the municipalities of the Volta Redonda-Barra Mansa intermediate region, which is currently not sent to any specific treatment unit and is not recycled either, something that causes social and environmental harm.

## 1. Introdução

A reciclagem de resíduos sólidos é uma questão de relevância cada vez mais evidente em nossa sociedade contemporânea. De acordo com Oliveira (2020), segundo dados da ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), em 2017, cerca de 6,9 milhões de toneladas de resíduos, além de não terem sido coletadas, provavelmente foram descartadas de forma incorreta.

Entre os tipos de resíduos, há os chamados Resíduos da Construção Civil. Eles são compostos, segundo a ABRECON (2020), por itens residuais oriundos dos processos de construção, demolição e reformas, assim como aqueles resultantes de processos de preparação do terreno para a construção. Entre os componentes do RCC, segundo a ABRECON, é possível destacar tijolos, cerâmicos, concreto em geral, argamassa, solos, rochas, entre outros. Agopyan e John (2011) apontam que a cadeia de produção da construção civil causa, em toda sua extensão, impactos ambientais.

Contudo, na região de Volta Redonda-Barra Mansa, ainda não se realiza a reciclagem de RCC, o que traz malefícios para a sociedade e meio ambiente. Todo o resíduo coletado pelos municípios, conforme reportado por eles ao SNIS 2021, é descartado em aterros inertes e não são reaproveitados, reciclados ou reinseridos no ciclo produtivo. O objetivo deste estudo é identificar o cenário atual e propor melhorias associadas à gestão de resíduos sólidos da construção civil na região intermediária de Volta Redonda-Barra Mansa. Foge ao escopo deste estudo a análise completa da viabilidade econômica da instalação das usinas de reciclagem, tornando apenas foco de estudo a oportunidade de emprego de tecnologias e processos que permitam manejar e reciclar plenamente a grande massa de RCC coletada pelos municípios, antes descartada em diversos locais inadequados, transformando-a em agregados com valor econômico e aplicabilidade que permite sua reinserção na cadeia produtiva.

Justificam esta pesquisa os ganhos socioeconômicos e ambientais que a promoção da reciclagem de RCC apresenta, uma vez que o resíduo, que antes era disposto irregularmente e não era reaproveitado, pode se tornar matéria-prima para a fabricação de agregado reciclado, material básico para a atividade da construção civil, o que confere à reciclagem um papel importante na criação de atividades sustentáveis, assunto cada vez mais presente nos debates sociais.

## **2. Fundamentação teórica**

### **2.1. Definição de RCC**

Resíduos Sólidos da Construção Civil (RCC), de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2022), configuram-se os resíduos gerados em reformas, reparos, construções e demolições de obras da atividade de construção civil, inclusive aqueles resultantes de atividades anteriores à construção em si, como a preparação e a escavação do terreno.

O SINIR (Brasil, 2023) aponta que os RCC se configuram de difícil degradação ou então não são degradáveis, diferenciando-se assim dos RSU na questão de disposição em solo, devido à sua característica de não redução no volume com o decorrer do tempo, o que causa esgotamento do espaço disponível para a disposição mais rapidamente e impedindo-o de outros usos após o término das atividades. O SINIR aponta ainda que, pelo tipo do padrão construtivo no Brasil, a maior parte do material encontrado nos RCC é de argamassa (63%), principalmente aquela de concreto utilizada na construção de estruturas. Por esse motivo, o material reciclado mais gerado nas unidades de reciclagem de RCC é a bica ou brita corrida recicladas. No Gráfico 1 estão apresentados os mais numerosos tipos de materiais componentes de RCC produzidos pelas unidades de reciclagem de RCC no Brasil em 2015.

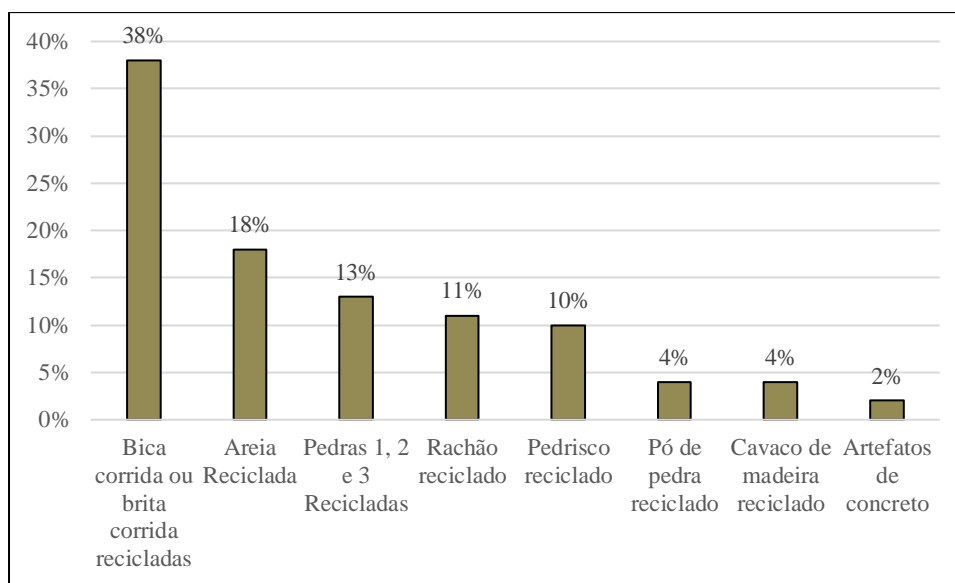


Gráfico 1: Materiais produzidos pelas usinas de reciclagem de RCC no Brasil  
Fonte: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental (Brasil, 2022)

## 2.2. Geração de RCC no Brasil

De acordo com a consulta de informações da ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição) realizada pelo Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2022), no Brasil são gerados anualmente cerca de 84 milhões de metros cúbicos de RCC e demolição. Além disso, ainda segundo pesquisa do Ministério, o Panorama da ABRELPE de 2019, que teve ano-base 2018, indica que aproximadamente 45 milhões de toneladas de RCC foram coletados pelas cidades brasileiras no ano de 2018. Desse total, mais de 50% corresponde à região Sudeste do Brasil.

Muitos são os resultados negativos da má prática de gestão de resíduos da construção civil. Teixeira *et al.* (2020) afirmam que a falta de informação organizada sobre geração de RCC é uma razão para os problemas causados pela má gestão desses resíduos, seja em um canteiro de obras ou em escala municipal. Segundo os autores, informação precisa sobre a geração de RCC em nível municipal tem poder de melhorar a gestão de resíduos públicos, enquanto permite o desenvolvimento de planos de gestão de resíduos mais eficientes nos canteiros de obras.

A Tabela 1 apresenta as quantidades de RCC coletada no Brasil nos anos de 2010 a 2018. Nota-se a grande diferença entre as regiões Sudeste e Nordeste, respectivamente primeira e segunda colocadas no número de toneladas diárias coletadas em 2018, uma diferença de quase 40 toneladas por dia.

Tabela 1: Quantidades de RCC coletada no Brasil (2010 a 2018)

Região	Coletado (ton/dia)	Índice de coleta (kg/hab/dia)
Norte	4.709	0.259
Nordeste	24.123	0.425

Centro-Oeste	13.255	0.824
Sudeste	63.679	0.726
Sul	16.246	0.546
Brasil 2018	122.012	0,585
Brasil 2017	123.421	0,594
Brasil 2016	123.619	0,6
Brasil 2015	123.721	0,605
Brasil 2014	122.262	0,603
Brasil 2013	117.435	0,584
Brasil 2012	112.248	0,579
Brasil 2011	106.549	0,554
Brasil 2010	99.354	0,521

Fonte: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental (Brasil, 2022)

### 2.3. Ações governamentais

O SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) é a principal base de dados do Governo que possibilita a criação de políticas públicas voltadas a gestão do saneamento.

Consoante ao Ministério do Desenvolvimento Regional (Brasil, 2022), o programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS) motivou a criação, em 1996, do SNIS. Nele, informações institucionais, administrativas, operacionais, gerenciais, econômico-financeiras, contábeis e da qualidade dos serviços de escopo do saneamento básico são reunidas. Essas informações, junto com indicadores, são consolidadas em três módulos com diagnósticos anuais: Água e esgoto, manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanos.

Direcionar o subsídio para o planejamento e a execução de políticas públicas, orientar a aplicação de recursos, promover estudos e avaliações do setor de saneamento, avaliar os serviços desempenhados, aperfeiçoar a gestão e orientar as atividades de fiscalização e seguimento de leis e exercer o controle social são todos os objetivos do SNIS, de acordo com o Ministério do Desenvolvimento Regional (Brasil, 2022).

Para que exista a gestão integrada e correta das informações da geração e processamento dos resíduos sólidos, foi instituída a Lei Nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), regulamentando a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Uma das ferramentas dessa política é o SINIR (Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos). O Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2022) aponta que o Governo Federal, por meio desse Ministério, é o responsável pela direção do SINIR. Todavia, a organização, a manutenção e o fornecimento de todas as informações necessárias sobre resíduos são de responsabilidade dos governos estaduais (incluindo o Distrito Federal) e municipais. A periodicidade é anual, o processamento dos dados coletados e sua posterior publicação é de responsabilidade de todos os entes federativos igualmente e de forma conjunta.

#### 2.3.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos

Por meio da Lei 12.305/2010, foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Segundo Brasil (2010), a PNRS tem o objetivo de orquestrar as responsabilidades dos participantes da gestão de resíduos sólidos de acordo com diretrizes, princípios e objetivos que estabelece. Ela integra a Política Nacional de Meio Ambiente, portanto, permanece sob responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente a missão de realizar sua implementação e também acompanhar e monitorar os resultados consequentes, conforme a Lei nº 12.305 de 2010.

Como a gestão de resíduos sólidos é realizada cooperativamente por esferas do poder público e o setor privado, a PNRS tem a missão de estabelecer ferramentas e métodos para que haja avanço nessa gestão no território nacional articulando a conexão entre essas duas entidades prestadoras das atividades de saneamento.

### 2.3.2. Planares

Conforme Brasil (2022), o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) não é uma lei. Ele representa uma compilação de estratégias propostas para longo prazo para tornar realizáveis os planos previstos em leis, os objetivos e as diretrizes impostas pela PNRS. Dá-se início no diagnóstico da situação da gestão de resíduos sólidos no Brasil e então propõem-se cenários que contemplem tendências nacionais, internacionais e econômicas. A partir desses dois pontos de análise, são propostas metas, projetos e ações voltadas ao atingimento das premissas da Lei dentro de um horizonte de duas décadas. O Planares não tem prazo de validade e deve ser atualizado a cada quatro anos com o objetivo de se direcionar adequada e corretamente os investimentos e recursos para o setor.

### 2.4. Reciclagem

No Brasil, o CONAMA (2002) dispõe no artigo quarto da resolução Nº 307/2002 que a redução, reutilização, reciclagem, o tratamento e a disposição final adequada desses resíduos devem ser as práticas secundárias quando não é possível evitar a geração de RCC, que é o objetivo prioritário.

De acordo com o estudo de Nunes e Mahler (2020), é possível verificar que pelo menos 8% dos resíduos sólidos da construção civil coletados anualmente no Brasil são destinados a centros de reciclagem ou aterros inertes. Sendo assim, possivelmente por volta de 92% dos RCC coletados não são reciclados ou estocados para uso posterior. Segundo Oliveira (2020), Fraga (2006) e Chaves (1996) comparam a reciclagem de RCC a um beneficiamento mineral simplificado. Isto consiste em conjunto de operações cujo objetivo é a obtenção de matéria prima que possua determinadas características. Esse processo de beneficiamento contempla etapas que cuidam do tamanho adequado do agregado reciclado até a separação dos constituintes minerais.

De acordo com Del Río Merino et al. (2010), um dos maiores problemas associados à utilização de agregados reciclados de RCC é que os fabricantes demonstram pouco interesse no emprego desses agregados como material alternativo e ignoram as possibilidades e aplicações desse material.

#### 2.4.1. Oportunidade de reciclagem de RCC



Souza *et al.* (2021) ressalta que a reutilização de agregados reciclados de RCC reduz o volume total que é destinado para aterros e o consumo de recursos naturais. Isso resulta em menos degradação, que significa menor consumo de energia nos processos de extração, processamento e transporte. Ainda segundo o autor, muitos autores mostraram em seus estudos que a utilização de agregados reciclados de RCC produzem resultados similares ou até melhores quando comparados à aplicação de recursos convencionais.

O emprego de materiais agregados resultantes do processo de reciclagem de RCC pode ser considerado um ato de construção sustentável, visto que os materiais não serão provenientes de novas atividades de extração e processamento industrial complexo, o que gera uma cadeia de produção e aplicação menos dispendiosa e menos poluente. De acordo com Dacach et al. (2018), influenciar empresas do setor da construção civil com oportunidades provenientes de alternativas sustentáveis pode trazer como resultado benéfico a preservação dos recursos naturais e essas oportunidades sustentáveis podem ser aplicadas em qualquer etapa da obra.

Como explica o CONAMA (2002), compreende-se como agregado reciclado o material beneficiado proveniente de RCC que apresenta características técnicas aplicáveis para obras de edificação, de infraestrutura, para aterros sanitários ou outras obras de engenharia. Cerqueira *et al.* (2018), em seu estudo sobre a propriedade mecânica de compressão do concreto com variados parâmetros de substituição de areia na mistura por RCC reciclado, obteve resultados que apontaram excelente performance mecânica dos traços de concreto constituídos de 25, 50 e 75% de RCC reciclado quando comparados ao traço de concreto tradicional, sem adição de RCC reciclado.

### 3. Método de Pesquisa

A pesquisa baseou-se em estudo quantitativo nas bases de dados do SNIS 2021 para identificação dos dados referentes à gestão de resíduos sólidos da construção civil na região intermediária de Volta Redonda-Barra Mansa, como quantidade de resíduo coletada pelos municípios, número de unidades específicas para o tratamento desse tipo de resíduo, população total e população atendida pelo serviço de coleta.

Utilizou-se referencial teórico baseado em estudos, publicações de associações, material de órgãos governamentais e artigos científicos publicados em revistas e jornais que englobassem os temas de manejo de RCC, saneamento, meio ambiente e questões sociais.

Posteriormente, coletou-se informação sobre o cenário atual de manejo e descarte de RCC por empresas caçambeiras, a fim de se analisar a forma que é realizado e comparar com o que é ambientalmente correto, de acordo com as disposições do CONAMA. O método escolhido para a pesquisa foi a entrevista por meio de telefonema para oito empresas escolhidas. Todas as oito responderam prontamente à pesquisa. Foi perguntado às empresas onde elas realizam o descarte dos resíduos que coletam.

Com base nesses dados, analisou-se a capacidade de uma ou mais usinas de reciclagem de processar a quantidade média diária de RCC gerada pelos municípios da região, com base em dados técnicos obtidos a partir de pesquisa bibliográfica em artigos científicos obtidos, em sua grande maioria, no acervo da *Web of Science*. Propôs-se assim um novo cenário para a



gestão de RCC que, como demonstram o referencial teórico, traz benefícios socioeconômicos e ambientais.

### 3.1. Área Geográfica de Análise

O presente estudo terá como área geográfica de análise a região intermediária de Volta Redonda-Barra Mansa, uma das cinco regiões intermediárias geográficas criadas pelo IBGE em seu mais recente formato de divisão dos estados brasileiros. Essa nova abordagem substituiu a abordagem anterior, de 1990. Segundo o IBGE (2017), essa nova divisão em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias tinha por objetivo atualizar o formato que vigorava anteriormente, visto as transformações econômicas, demográficas, políticas e ambientais que ocorreram nas últimas décadas.

De acordo com a divisão do IBGE (2017), a Região Geográfica Intermediária de Volta Redonda-Barra Mansa compreende três Regiões Geográficas Imediatas: Volta-Redonda-Barra Mansa, Resende e Valença. Juntas, essas três regiões possuem um total de 17 municípios. A divisão dos municípios de acordo com a nova abordagem do IBGE está disposta na Tabela 2.

Tabela 2: Divisão dos municípios de acordo com IBGE (2017)

Região Geográfica Intermediária de Volta Redonda-Barra Mansa	Região Geográfica Imediata de	Municípios
	Volta Redonda-Barra Mansa	Barra do Pirai Barra Mansa Engenheiro Paulo de Frontin Mendes Pinheiral Pirai Rio Claro Volta Redonda
	Resende	Itatiaia Porto Real Quatis Resende
	Valença	Miguel Pereira Paty do Alferes Rio das Flores Valença Vassouras

Fonte: IBGE (2017)

## 4. Análise dos Resultados

O primeiro passo para diagnosticar a situação atual da coleta de RCC na região geográfica intermediária de Volta Redonda-Barra Mansa é obter a quantidade de habitantes dos

municípios que compõem a região. O número de habitantes, contudo, em alguns dos municípios analisados não representa o número total de habitantes atendidos pelos serviços de coleta de RSU nas cidades analisadas. De acordo com o SNIS (2021), oito dos dezesseis municípios analisados neste estudo indicaram estar atendendo a totalidade de seus habitantes. A Tabela 3 apresenta os números oficiais de população, população atendida pelo serviço de coleta urbana e a porcentagem desta população em relação à população total do município. Os dados da tabela foram disponibilizados pelos órgãos municipais para a composição do diagnóstico de 2021 realizado pelo SNIS. Com exceção do município de Engenheiro Paulo de Frontin, todos os demais dezesseis municípios da região analisada responderam ao SNIS de 2021.

Tabela 3: População total e atendida pelo serviço de coleta nos municípios.

Município	População	População Atendida	% da população
Barra do Piraí	101.139	99.984	98,86%
Barra Mansa	185.237	185.201	99,98%
Mendes	18.681	18.437	98,69%
Pinheiral	25.563	25.563	100,0%
Piraí	29.802	29.802	100,0%
Rio Claro	18.677	16.605	88,91%
Volta Redonda	274.925	274.800	99,95%
Itatiaia	32.312	32.312	100,0%
Porto Real	20.254	20.254	100%
Quatis	14.562	14.562	100%
Resende	133.244	133.244	100%
Miguel Pereira	25.622	23.059	90,00%
Paty do Alferes	27.942	27.942	100%
Rio das Flores	9.401	6.544	69,6%
Valença	77.202	66.865	86,61%
Vassouras	37.262	37.262	100%

Fonte: SNIS 2021.

#### 4.1. Serviço de coleta de RCC nos municípios analisados

A forma de prestação do serviço de coleta de RCC nos municípios da região analisada também alterna entre a prestação por órgãos privados ou públicos. Consoante ao SNIS (2021), dos dezesseis municípios da região que responderam ao SNIS, em nove há a prestação do serviço de coleta de RCC pela prefeitura, e dois desses nove indicaram que há cobrança pelo serviço. A Tabela 4 abaixo demonstra esses dados. Os espaços em branco correspondem a respostas que não foram dadas pelas prefeituras para a composição do diagnóstico do SNIS.

Tabela 4: Prestação e cobrança do serviço de coleta de RCC nos municípios

Município	Serviço executado pela prefeitura	
	Existência	Cobrança

Barra do Piraí	Não	
Barra Mansa	Sim	Não
Mendes	Sim	Não
Pinheiral	Sim	Não
Piraí	Sim	Não
Rio Claro	Não	
Volta Redonda	Sim	Sim
Itatiaia	Não	
Porto Real	Sim	Não
Quatis	Sim	Sim
Resende	Não	
Miguel Pereira	Não	
Paty do Alferes	Não	
Rio das Flores	Sim	Não
Valença	Sim	Não
Vassouras	Não	

Fonte: SNIS (2021)

#### 4.2. Quantidades de RCC coletadas nos municípios analisados

Tendo consciência que o serviço de coleta de RCC nem sempre é prestado pelas prefeituras municipais, é importante ressaltar que o SNIS ainda considera, na seção de quantidade de RCC coletada, aquelas coletadas por autônomos a serviço dos geradores de resíduo e pelos próprios geradores. A Figura 1 apresenta as quantidades de RCC coletadas pelos municípios, com base nos dados do SNIS (2021), por meio da disposição dos valores no mapa da região intermediária de Volta Redonda-Barra Mansa. As cidades de Barra do Piraí, Rio Claro, Itatiaia, Paty do Alferes e Vassouras não disponibilizaram dados para esta análise e, portanto, não foram destacadas na Figura 1.

Os valores apresentados estão em toneladas e os espaços que constam com “s/d” correspondem àqueles que não foram fornecidos pelos municípios para a composição do diagnóstico do SNIS.

#### Legenda da Figura 1.

Município	Qtd. Coletada pela prefeitura ou contratado por ela	Qtd. Coletada por caçambeiros e autônomos contrat. pelo gerador	Qtd. coletada pelo próprio gerador
-----------	---	---	------------------------------------

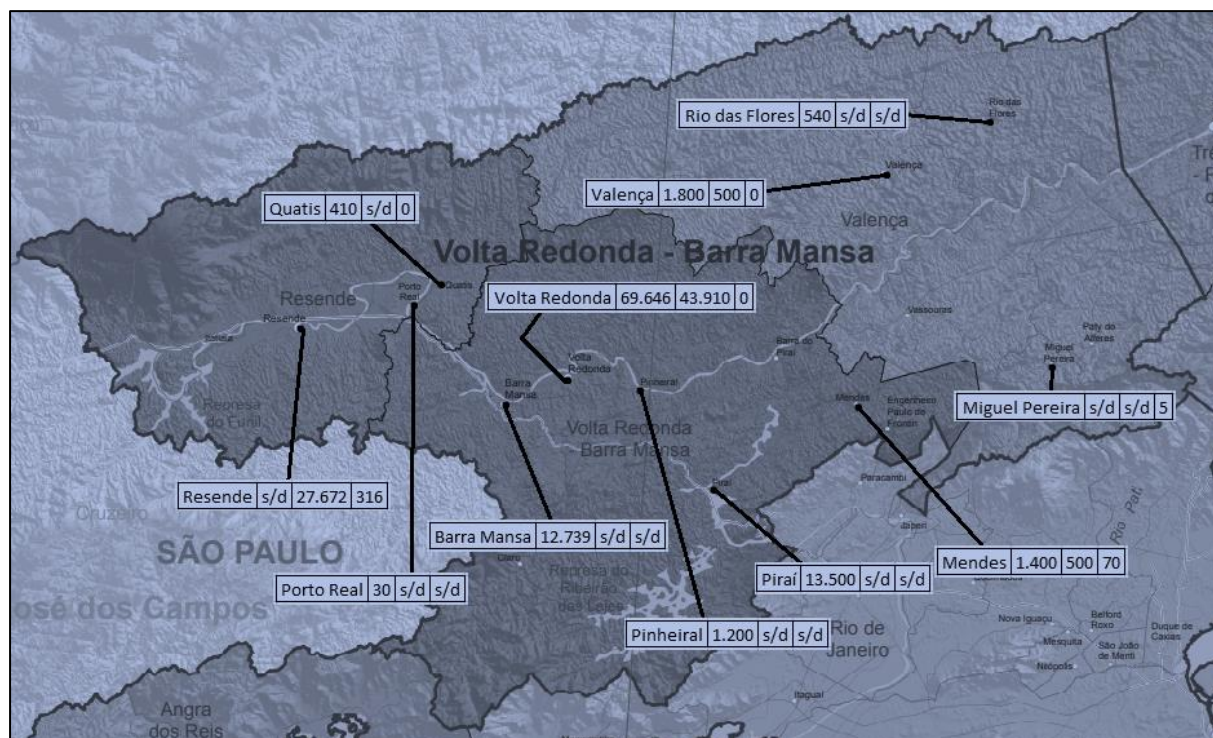


Figura 1: Mapa da região analisada com a quantidade de RCC coletada pelos municípios  
Fonte: SNIS (2021) e IBGE (2017).

De acordo com os dados apresentados na Figura 1, tem-se as seguintes informações acerca da região analisada, segundo o SNIS (2021):

- Quantidade total, em toneladas, coletada na região em 2021: 174.238
- Média coletada diária, em toneladas: 477,36

#### 4.3. Quantidade de unidades de tratamento de RCC em cada cidade

De acordo com o SNIS (2021), nenhum município da região analisada neste estudo reportou possuir unidades de tratamento específicas para RCC. Contudo, Sampaio e Silva (2019) destacam a performance do CTR de Barra Mansa, que, apesar de não ser total e especificamente voltado ao processamento de RCC, possui uma base auxiliar de beneficiamento deste tipo de resíduo, o que eleva o nível de excelência do centro, que atua plenamente como aterro sanitário e atende os municípios de Barra Mansa e Volta Redonda.

#### 4.4. Pesquisa para descobrir onde as empresas caçambeiras realizam o descarte do RCC coletado

Com o objetivo de levantar dados que diziam respeito à forma que os RCC coletados na região de Volta Redonda-Barra Mansa por empresas de coleta de entulho de construção civil são descartados atualmente, foi realizada uma pesquisa de campo por meio de entrevista a oito empresas do setor.

Os resultados da entrevista demonstraram que todas elas realizam o despejo em aterros inertes a céu aberto, onde não há processamento dos RCC, apenas disposição final. Dijkema *et*

*al.* (2000) apontam que a constante diminuição de espaço físico para realizar o descarte de RCC é um dos maiores problemas ambientais causados pela geração desse tipo de resíduo, devido ao fato de os resíduos da construção civil representam cerca da metade do resíduo sólido urbano em cidades médias e grandes no país.

#### 4.5. Proposta para mudança do atual cenário da gestão de RCC

Visto que a reciclagem de RCC é uma das práticas secundárias propostas pelo CONAMA para tratar o RCC e a produção de agregados reciclados apresenta aplicabilidade comparável às dos materiais tradicionais utilizados no processo de construção civil, propõe-se que a melhor opção para promover mudança no cenário atual de gestão de RCC na região estudada é realizar a reciclagem desse material em usinas específicas para este fim. Atualmente, o RCC não é tratado da maneira correta devido à falta de unidades de processamento para esse tipo de resíduo na região geográfica em questão no estudo.

##### 4.5.1. Usinas de Reciclagem de RCC

Na região intermediária de Volta Redonda-Barra Mansa, além de não existirem unidades que realizam o tratamento adequado do RCC coletado, também não existem usinas de reciclagem disponíveis para a atividade de beneficiamento do resíduo e sua reinserção na cadeia produtiva.

A ABRECON (2023) aponta a associação com 38 empresas inseridas no ramo da reciclagem de RCC. Em sua maioria, estão localizadas muito distantes da área geográfica em questão no estudo. Neste cenário, considerando sabido que as elevadas quantidades de RCC coletadas na região não estão sendo tratadas, somente descartadas a céu aberto em aterros inertes, mostra-se a necessidade da região intermediária de Volta Redonda-Barra Mansa de novos métodos que consigam mudar essa realidade, a fim de se promoverem ganhos socioambientais e econômicos.

Penteado e Rosado (2016) propõem que, no caso de grandes geradores de RCC, a implantação de usinas móveis de reciclagem de RCC pode ser considerada na execução de planos de gestão de RCC com o propósito de se reduzirem custos com transporte.

Para a consecução de um novo cenário na gestão de resíduos sólidos da construção civil na região intermediária de Volta Redonda-Barra Mansa, propõe-se a instalação de duas usinas móveis de reciclagem de RCC. Damaceno *et al.* (2020) citaram o preço de uma usina móvel (modelo BMD RA 700/6) em R\$830.000. Como descrevem os autores, o equipamento, também chamado de britadeira móvel tipo mandíbula, possui características que a tornam ideal para reciclagem de entulho de diversas tenacidades e possui propriedades que a destacam para utilização em meio urbano, como baixas emissões de poluição, poeira e ruído. Além disso, este tipo de equipamento é projetado para ser transportado em caminhões do tipo *roll on roll off*.

##### 4.5.2. Capacidade de reciclagem

Sobre a capacidade produtiva da britadeira escolhida, apontam Damaceno *et al.* (2020), baseados em dados da fabricante do equipamento, ser de 40 toneladas por hora para frações de agregados medindo de 0 a 45mm e 70 toneladas por hora para produzir frações de 0 a 80mm.



Consoante ao Ministério de Minas e Energia (2009), as dimensões dos agregados capazes de serem produzidos pelo equipamento escolhido configuram-no como brita 0 a 4, de acordo com as características a seguir:

- Brita 0 ou pedrisco: granulometria variando de 4,8 mm a 9,5 mm.
- Brita 1: granulometria variando de 9,5 mm a 19 mm.
- Brita 2: granulometria variando de 19 mm a 25 mm.
- Brita 3: granulometria variando de 25 mm a 50 mm.
- Brita 4: granulometria variando de 50 mm a 76 mm

Ainda de acordo com o Ministério de Minas e Energia (2020), outros subprodutos da britagem são os finos de pedra e areia de brita e o Ministério ainda aponta uma vasta gama de aplicações para a brita, como concretagem, pavimentação, edificações e obras civis e infraestruturais. Para fins do estudo de capacidade, considerou-se a menor e a maior capacidade de produção do equipamento escolhido, que corresponde à britas 0 e 4, cujas dimensões refletem em uma capacidade de processamento de, respectivamente, 40 e 70 toneladas por hora. Considerando-se para o projeto um turno de oito horas de produção, com uma única usina tem-se capacidade de produção diária que varia de 320 a 560 toneladas de agregado.

#### 4.5.3. Proposta de novo cenário

A instalação de usinas de reciclagem do modelo apresentado acima tem por objetivo atender a demanda de reciclagem do resíduo da construção civil coletado pelos municípios da região de Volta Redonda-Barra Mansa. Para tanto, apresenta-se dois cenários que norteiam a utilização do equipamento, baseados na sua capacidade de produção variável. Recorda-se que no cenário atual, a coleta média diária de RCC na região analisada é de 477,36 toneladas.

**Cenário proposto 1:** Uma única usina de reciclagem recebe os insumos e opera com sua maior capacidade (70t/h) na produção de agregados classificados como brita 4. Quanto à divisão do fornecimento de insumos, operando nesta condição, a usina tem capacidade diária de processar o total de resíduos coletados pelos municípios. A capacidade instalada de reciclagem neste cenário é de 560 toneladas diárias, o que resulta em uma capacidade ociosa média de 82,6 toneladas.

**Cenário proposto 2:** Duas usinas trabalham com sua menor capacidade (40t/h), produzindo agregados classificados como brita 0. Quanto à divisão do fornecimento de insumos, uma usina recebe a quantidade coletada somente pelas prefeituras dos municípios ou pelos contratados delas; a segunda usina recebe o total coletado por caçambeiros e autônomos contratados pelo gerador e pelo próprio gerador. A capacidade instalada de reciclagem neste cenário é de 640 toneladas diárias, o que resulta em uma capacidade ociosa média de 162,6 toneladas.

#### 4.5.4. Escolha do lugar ideal para a instalação das usinas

De acordo com Alves e Alves (2014), a escolha da localização de instalação de uma indústria leva em conta, dentre outros fatores, a localização das fontes de insumos. Considerando que toda a região é abrangida por uma forte malha rodoviária pavimentada, com destaque para a Rodovia Presidente Dutra (BR-116), que corta boa parte dos municípios incluídos neste estudo, todos eles estão facilmente interconectados.

Devido à quantidade reportada pelo município de Volta Redonda representar cerca de 65% do total da região analisada (113.556 toneladas), torna-se ideal que o local de instalação da planta de reciclagem seja no município, evitando-se assim o deslocamento ineficiente de maiores quantidades de carga. Todos os demais municípios, principalmente aqueles que reportaram as maiores coletas, estão localizados às margens da BR-116, principal corredor rodoviário do país. Portanto, estão eficientemente conectados ao município de Volta Redonda. Os municípios que não são atendidos diretamente pela BR-116 possuem ainda outras rodovias pavimentadas e com infraestrutura desenvolvida para permitir não só o deslocamento de cargas até a planta de reciclagem, mas também o transporte da usina para outra localidade, dada sua capacidade de ser transportada em caminhões *roll-on roll off*.

## 5. Conclusão

Nunes e Mahler (2020) apontam que desde 2004, de acordo com as legislações brasileiras voltadas ao manejo de resíduos sólidos da construção civil, estes devem ser preferencialmente reciclados, visto que não se pode mais realizar o seu descarte em aterros a céu aberto, terrenos baldios, barrancos e outros locais onde podem representar ameaça ao meio ambiente e à sociedade. Logo, conforme foi proposto nos dois cenários, o emprego de usinas de reciclagem de RCC é a melhor escolha para transformar o panorama atual da região de Volta Redonda-Barra Mansa no que tange à gestão de RCC. A utilização das usinas será feita de forma plena, justificando seu investimento, e os retornos são notados tanto na área social, quanto econômica e ambiental.

Importante ressaltar que a análise trazida por este estudo é preliminar e que o estudo precisa ser continuado envolvendo uma análise completa da parte financeira para verificar a viabilidade do projeto.

É importante tomar nota que os custos de transporte dos resíduos serão elevados neste modelo proposto, uma vez que a ampla região analisada, apesar de estar coberta por uma rede rodoviária pavimentada que facilita a conexão entre os municípios e com opções de vias sem pedágio, possui características geográficas que podem impedir que o transporte seja realizado com baixo custo no cenário proposto.

Uma alternativa ideal para reduzir o custo de transporte seria a existência de mais de uma britadeira de menor capacidade que a sugerida no cenário acima, localizadas mais próximas dos municípios, de forma que diminuíssem a distância percorrida até o local de instalação. Em contrapartida, haveria mais ociosidade das britadeiras e mais investimentos para os municípios de pequeno porte. Como solução para este problema de investimento, haveria possibilidade de criação de consórcios municipais com o objetivo de ratear os custos do investimento por meio do compartilhamento dessas britadeiras de menor capacidade, ajudando assim os municípios de pequeno porte a participarem do processo de reciclagem de RCC em conjunto com municípios que geram maiores quantidades desse tipo de resíduo.

Além de atender aos municípios que registraram a coleta no SNIS 2021, a implementação de um novo método de processamento e reaproveitamento dos agregados reciclados de RCC proporciona uma oportunidade para os municípios da região que não realizam a coleta de RCC ou não mensuram as quantidades coletadas, se unirem àqueles que estão dispostos a investir nas novas usinas e em seus benefícios socioeconômicos e ambientais.



Esse processo possibilita o aumento significativo da quantidade de resíduos reciclados, promovendo, assim, uma transformação mais ampla e abrangente no cenário da gestão de RCC na região.

## 6. Referências

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021. 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>. Acesso em: 06 maio de 2023.

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil. Coordenador José Goldemberg. Volume 5. Série Sustentabilidade. São Paulo: Blucher. 2011.

Associados. ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição), 2023. Disponível em <https://abrecon.org.br/associados>. Acesso em 7 de setembro de 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. 2022. Disponível em: <https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/Planares-B.pdf>. Acesso em: 06 maio 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. 2022. Disponível em: [https://arquivos-snis.mdr.gov.br/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_VISAO\\_GERAL\\_RS\\_SNIS\\_2022.pdf](https://arquivos-snis.mdr.gov.br/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_RS_SNIS_2022.pdf). Acesso em: 06 maio 2023.

BRASIL. IBGE. (ed.). Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias: 2017. 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2100600>. Acesso em: 21 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Snis. Diagnósticos. 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/diagnosticos\\_snis](https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/diagnosticos_snis). Acesso em: 09 jul. 2023.

BRASIL. Sinir. Ministério do Meio Ambiente. Resíduos Sólidos da Construção Civil. 2023. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-solidos-da-construcao-civil/>. Acesso em: 29 jun. 2023.

BRASIL. Sinir. Ministério do Meio Ambiente. Sobre o SINIR. 2023. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/sobre/>. Acesso em: 06 mar. 2023.

BRASIL. Conama. Ibama. Resolução 307. 2002. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=108894>. Acesso em: 05 jul. 2023.

BRASIL - Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010) Lei 12305. Governo do Brasil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Casa Civil. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm).

BRASIL - Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2022) Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Coordenação de André Luiz Felisberto França... [et. al.]. – Brasília, DF.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Relatório Técnico 30: perfil de brita para construção civil. [S.L.]: J.Mendo Consultoria, 2009. 30 p. Consultoria de Luiz Felipe Quaresma. Disponível em: [https://antigo.mme.gov.br/documents/36108/448620/P22\\_RT30\\_Perfil\\_de\\_brita\\_para\\_construcao\\_civil.pdf/0b657545-498a-46ee-b836-a974026d435a?version=1.0](https://antigo.mme.gov.br/documents/36108/448620/P22_RT30_Perfil_de_brita_para_construcao_civil.pdf/0b657545-498a-46ee-b836-a974026d435a?version=1.0). Acesso em: 7 set. 2023.

Cerqueira, N.A. et al. (2018). Evaluation of the Quality of Concrete with Waste of Construction and Demolition. In: Li, B., et al. Characterization of Minerals, Metals, and Materials 2018 . TMS 2018. The Minerals, Metals & Materials Series. Springer, Cham. [https://doi-org.ez24.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-3-319-72484-3\\_54](https://doi-org.ez24.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-3-319-72484-3_54).

CHAVES, A.P. Teoria e prática do tratamento de minérios. São Paulo: Signus, 1996. 2 v. 424p.

Dacach Fernandez Marchi, C. M., Carvalho Ribeiro Bohana, M., & Borja Fernandez, J. L. (2018). Gestão ambiental em resíduos sólidos: construções sustentáveis e ecoeficiência. *Sistemas & Gestão*, 13(1), 118–119. <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2018.v13n1.1319>.

DAMACENO, Felipe Martins; BERNARDI, Francieli Helena; CESAR, Victor Hugo Stormovski. ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA RECICLAGEM DE CONSTITUINTES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO. *Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 179-191, 12 maio 2020. Universidade Federal de Goiás. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v15i2.51991>. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/51991>. Acesso em: 7 set. 2023.

del Río Merino M, Izquierdo Gracia P, Weis Azevedo IS. Sustainable construction: construction and demolition waste reconsidered. *Waste Management & Research*. 2010;28(2):118-129. doi:10.1177/0734242X09103841.

DIJKEMA, G. P. J.; REUTER, M. A.; VERHOEF, E. V. A new paradigm for waste management. **Waste Management**, Pergamon, v. 20, p. 633-638, Março de 2000.

FRAGA, M. F. Panorama da Geração de Resíduos da Construção Civil em Belo Horizonte: Medidas de Minimização com base no projeto e Planejamento de obras. UFMG, 2006.

Nunes K, Mahler C. Comparison of construction and demolition waste management between Brazil, European Union and USA. *Waste Management & Research*. 2020;38(4):415-422. doi:10.1177/0734242X20902814.

OLIVEIRA, Frederico Carneiro de. Usina de reciclagem de resíduos da construção civil e demolição: análise de viabilidade de implantação no município de Ouro Preto – MG. 2020. 131 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental) – Núcleo de Pesquisas e Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020.

Penteado CSG, Rosado LP. Comparison of scenarios for the integrated management of construction and demolition waste by life cycle assessment: A case study in Brazil. *Waste Management & Research*. 2016;34(10):1026-1035. doi:10.1177/0734242X16657605.

Pesquisa setorial ABRECON 2020: a reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil / organizadores S. C. Angulo; L. S. Oliveira, L. Machado – São Paulo : Epusp, 2022. 104 p. Acesso em 29 jun. 2023.

SAMPAIO, Nilo Antônio de Souza; SILVA, Gabriela Alves da. ESTUDO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO CIVIL NA CIDADES DE BARRA MANSA, RESENDE E VOLTA REDONDA. *Revista Valore, Volta Redonda*, v. 4, n. 1, p. 709-727, jan. 2019. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/116>. Acesso em: 7 set. 2023.

Souza, F.d.S.; Carvalho, J.M.F.d.; Silveira, G.G.; Araújo, V.C.; Peixoto, R.A.F. Application of Construction and Demolition Waste in Civil Construction in the Brazilian Amazon—Case Study of the City of Rio Branco. *Materials* 2021, 14, 2247. <https://doi.org/10.3390/ma14092247>.

Teixeira E de C, González MAS, Heineck LFM, Kern AP, Bueno GM. Modelling waste generated during construction of buildings using regression analysis. *Waste Management & Research*. 2020;38(8):857-867. doi:10.1177/0734242X19893012.