



7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

USO DE RCD PROVENIENTE DO LIXÃO MUNICIPAL DE EUNÁPOLIS - BA COMO MATERIAL AGLOMERANTE PARA CONSTRUÇÃO DE ARTEFATOS DE CONCRETO NÃO ESTRUTURAIS

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.7.24.VII-018>

Carlos Eduardo Paiva Couto (*), Diogo Wagnacker Nascimento

*Universidade Federal do Sul da Bahia, carlos.couto@gfe.ufsb.edu.br

RESUMO

O cenário brasileiro de reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD), começou por volta da década de 1980, tendo um crescimento mínimo até o final da década de 1990. Todavia, percebeu-se a necessidade da criação de diretrizes, que normatizassem e direcionassem a gestão do RCD no Brasil, neste viés, no ano de 2002, foi publicada a Resolução Conama nº 307. Como resultado, de sua publicação, houve um crescimento atenuado no número de usinas de reciclagem de RCD no país, além de ter fomentado o desenvolvimento do setor. Posteriormente, e já com avanços perceptíveis, foi publicada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), no ano de 2010, que por sua vez, continuou dando ênfase na necessidade de dar seguimento ao processo de reciclagem do RCD, tal como dos mais diversos resíduos gerados no país. Este trabalho buscou apresentar uma proposta de reuso do RCD no município de Eunápolis – BA, visto que, o município não possui nenhuma usina de reciclagem de RCD em suas proximidades, além de permitir o descarte inapropriado em uma área que anteriormente era utilizada como lixão municipal. Resultado, que tornaria possível minimizar os impactos causados pelo RCD no município, além de reduzir a quantidade de resíduo que é e já foi destinado de maneira incoerente as normas nacionais.

PALAVRAS-CHAVE: RCD, reciclagem, resíduos sólidos, construção e demolição

ABSTRACT

The Brazilian scenario of recycling construction and demolition waste (RCD) began around the 1980s, with minimal growth until the end of the 1990s. However, there was a need to create guidelines that would standardize and to direct the management of RCD in Brazil, in this vein, in 2002, Conama Resolution nº 307 was published. As a result, of its publication, there was an attenuated growth in the number of RCD recycling plants in the country, in addition to promoting the development of the sector. Subsequently, and with noticeable advances, the National Solid Waste Policy (PNRS) was published in 2010, which in turn continued to emphasize the need to continue the RCD recycling process, as well as the most diverse waste generated in the country. This work sought to present a proposal for reusing RCD in the municipality of Eunápolis – BA, since the municipality does not have any RCD recycling plant in its vicinity, in addition to allowing inappropriate disposal in an area that was previously used as a municipal dump. . This would become a way to minimize the impacts caused by RCD, in addition to reducing the amount of waste that has already been disposed of in a manner inconsistent with national standards.

KEY WORDS: RCD, recycling, solid waste, construction and demolition

ATENÇÃO: A área que está sombreada (em amarelo) é a que poderá ser livremente editada pelo autor do trabalho. Isto é feito para proteger o cabeçalho e o rodapé de eventuais deformações. Posteriormente, a Comissão Organizadora retirará este sombreado e transformará o texto em arquivo PDF.

INTRODUÇÃO

Hodiernamente diversas das problemáticas mundiais estão ligadas de forma direta ao consumismo e suas consequências. A quantidade de resíduos gerados anualmente ultrapassa 379 kg.ano^{-1} por pessoa, representando uma média aproximada de 1 kg.dia^{-1} . Entretanto, a constante negligência brasileira, vem agravando a problemática dos resíduos no país, chegando à marca de 19% de aumento na produção anual, nos últimos 9 anos (ABRELPE, 2020). Agindo deste modo, vamos de encontro a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, que prevê, em seu 9º artigo, que existe uma ordem lógica e prioritária para o controle dos impactos provenientes dos resíduos, onde a não geração ocupa a primeira posição.



“Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010, Art.9).

Até meados de 2008, a taxa de reciclagem de todo o RCD no Brasil era de aproximadamente 3,6%, como resultado dos avanços provenientes das normatizações da PNRS esse número chegou a 45%, no ano de 2018. Entretanto, devido a desigualdade na distribuição das usinas de reciclagem desse material, mesmo após o grande aumento de investimento no setor, as regiões norte, nordeste e centro-oeste ainda passam por dificuldades para o desenvolvimento da reciclagem de RCD, devido as usinas estarem localizadas em sua maioria nas regiões sudeste e sul, sendo as primeiras usinas implantadas nas cidades de São Paulo, Londrina e em Belo Horizonte, respectivamente nos anos 1991, 1993 e 1994 (PAULINO, R. S.; et al., 2023).

Todo esse desenvolvimento, alcançado em meados de 2018, foi iniciado após a publicação, no ano de 2002, da Resolução Conama nº 307, que dispôs sobre a obrigação de grandes geradores, sejam eles de âmbito público ou privado, desenvolverem, a fim de conseguir obter uma reutilização, reciclagem ou outro tipo de destinação ambientalmente correta, e implantarem o seu plano de gerenciamento de resíduos de construção civil (PGRCC). Infelizmente, em sua maioria, é possível perceber que as empresas desenvolvem seu PGRCC, todavia, não executam sua implantação (MIRANDA, 2017; PAULINO, R. S.; et al., 2023).

Alegando uma modernização na legislação, e um aumento na competitividade para as empresas privadas no setor de resíduos e saneamento, no ano de 2020, o governo brasileiro assinou o Novo Marco Legal do Saneamento no Brasil, a Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020). Com alterações em dispositivos fundamentais, em ao menos 7 (sete) leis regulamentadoras do setor no país, esta, se tornou a maior intervenção, realizada de forma radical, após o histórico Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) e criação do Conselho Nacional de Saneamento (CONSANE), publicado em 1967, pelo então presidente Artur Costa e Silva. O novo marco, portanto, define novos prazos para a implementação das disposições finais ambientalmente adequadas dos resíduos, e definiu que a gestão dos RCD deve ser tratada nos planos de gestão integrada nos diferentes municípios brasileiros, tendo como prazo o ano de 2022 para municípios acima de 100 mil habitantes, no qual se enquadra o município de Eunápolis, que possui cerca de 113,7 mil habitantes, segundo o censo do ano de 2022. (PAULINO, R. S.; et al., 2023; SOUZA, 2020; BRASIL, 1967; BRASIL, 2020; IGBE, 2023).

Conforme explicito na Lei nº 12.305 e Lei nº 14.026 (2010 e 2020, respectivamente), o município além de ser a entidade responsável por esse gerenciamento, possuía o prazo máximo até o ano de 2022. No ano de 2021, o município aderiu, através de um consorcio conjunto com as prefeituras de Porto Seguro e Santa Cruz de Cabrália, ambos municípios baianos e circunvizinhos, ao Centro de Tratamento e Valorização de Resíduos (CTVR), todavia, de forma negligente, não desativou a área anteriormente utilizada de forma inapropriada para descarte de resíduos, inclusive o RCD, além de não ter desenvolvido uma forma eficiente de mudança no comportamento dos micros e macro geradores de RCD. Deste modo, indo de encontro a sua obrigação de gestão dos resíduos gerados no município (COUTO, 2023).

Contudo, como a não geração de resíduos não vem tendo avanços significativos, devido a negligência internacional, nacional e principalmente municipal, formas de dar início ao processo de redução dos resíduos analisando a realidade de cada município se tornam necessárias. Nesse viés, o presente trabalho se destaca ao propor uma redução dos resíduos que seriam desprezados, e dos que foram destinados de formas inadequadas, na área de estudo, através da reutilização do RCD. Portanto, demonstrando a necessidade de atitudes pioneiras, para alcançar um avanço no cuidado com o meio ambiente, e provando que essas atitudes podem trazer benefícios econômicos à sociedade.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi ponderar as vantagens e desvantagens do uso de RCD - Resíduos de Construção e Demolição como material agregado na produção de artefatos de concreto não estruturais. Auxiliando na redução dos resíduos presentes, e na destinação adequada dos resíduos que seriam despejados na área utilizada atualmente para descarte inadequado no município de Eunápolis - Ba. Unido ao cumprimento das normas expostas na Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Ademais, podendo resultar, ao usá-los como material agregado em artefatos não estruturais, em uma economia durante a construção.

METODOLOGIA

De início foi realizada uma pesquisa bibliográfica para buscar informações pertinentes a ideia do trabalho. Primordialmente, foi buscado agrupar e conhecer todas as Normas Brasileiras (NBR) que regulam a reciclagem de RCD, a NBR que regula a amostragem dos resíduos sólidos e por fim, trabalhos publicados sobre a reciclagem, reutilização e destinação de RCD. Após a busca, todos os documentos foram analisados e selecionamos os que possuíam maior influência com o tema escolhido.

Tabela 1. Normas técnicas reguladoras que possuem relação à reciclagem de RCD
Fonte: Adaptado de *Miranda et al. (2009)*

NBR	Descrição
NBR 15.113	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15.114	Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15.115	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos
NBR 15.116	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos

Tabela 2. Norma técnica que regula a amostragem de resíduos sólidos
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas ()

NBR	Descrição
NBR 10.007	Resíduos Sólidos - Amostragem

Tabela 3. Publicações com temáticas voltadas a reciclagem de RCD analisadas
Fonte: Adaptado de *Miranda et al. (2009)*

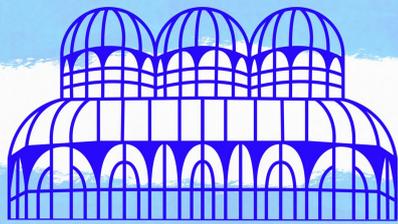
Título	Instituições Envolvidas	UF	Ano
Gestão Ambiental dos resíduos da construção civil – A experiência do Sinduscon-SP	Sinduscon-SP, Informações e Técnicas e Obra Limpa	SP	2005
Cartilha de gerenciamento de resíduos sólidos para a construção civil	Sinduscon-MG, Senai-MG e Sebrae-MG	MG	2005
Resíduos sólidos: gerenciamento de resíduos da construção civil: guia do profissional em treinamento: nível 2	Nucase – Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento	MG	2006
Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: abordagem ambiental	Edipucrs	RS	2009
Manual para implantação de sistemas de gestão de resíduos da construção civil em consórcios públicos	Ministério do Meio Ambiente – MMA	DF	2010
Gestão ambiental de resíduos da construção civil: avanços institucionais e melhorias técnicas	Sinduscon-SP	SP	2015
Reciclagem de resíduos de construção e demolição: teoria e prática	BNDS, UFPR, Funpar, Soliforte Reciclagem	-	2020

Para a realização do trabalho, foi escolhido o município de Eunápolis, situado na microrregião baiana de Porto Seguro. O município é vizinho direto ao município de Porto Seguro, que por sua vez, sedia o campus Sosígenes Costa da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), tal qual, os autores do trabalho estão ligados. Ademais, o município de Eunápolis foi escolhido por ser o município de residência do autor principal.

Em seguida, foi buscada uma área para coleta do RCD. O local escolhido foi a área que é conhecida como lixão municipal, área esta, que foi por anos utilizada para descarte irregular dos resíduos sólidos municipais, e que, até o momento de escrita do presente trabalho, não possui nem fiscalização, nem uma estrutura que impeça o descarte irregular, assim como descrito por Couto (2023).

Já com o local delimitado, foi realizada uma coleta, de cerca de 600kg bruto de RCD, de origem diversa e não descartando o peso das ferragens existentes agregadas ao RCD. Todo o processo de coleta foi regido seguindo todas as exigências previstas na normativa brasileira que regula a amostragem de resíduos sólidos, a NBR 10.007, e foi realizado o transporte em um veículo oficial da UFSB, uma Volkswagen Amarok, fabricada no ano de 2016.

Figura 1. Localização do município de Eunápolis – BA e da área de coleta do RCD
Fonte: Autores do trabalho (2024)



7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

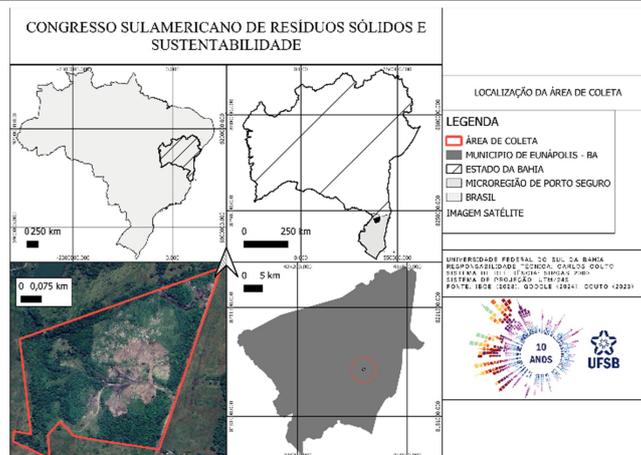


Figura 2. Imagem representativa da área de coleta
Fonte: Autores do trabalho (2024)

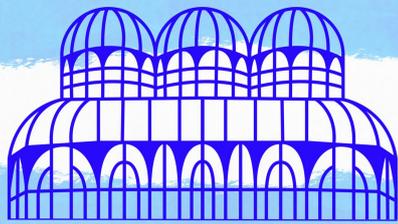


Figura 3. Imagem representativa durante carregamento do veículo utilizado após a amostragem do RCD
Fonte: Autores do trabalho (2024)



Figura 4. Imagem representativa durante carregamento do veículo utilizado após a amostragem do RCD
Fonte: Autores do trabalho (2024)

Os resíduos foram coletados com intuito de efetuar a construção de corpos de prova, e passaram por um processo de britagem manual, realizado de forma artesanal, com auxílio de marretas de porte médio e pequeno, até o RCD alcançar um diâmetro aproximado de um agregado graúdo. Em seguida, o material foi pesado e adicionado aos demais materiais necessários para finalização do concreto, usando como traço base a proporcional o “1:2:3”, seguindo uma relação de água e cimento - A/C de 0,55.



Após a finalização da massa de concreto, a mesma foi armazenada em 3 corpos de prova cilíndricos idênticos, medindo 20 cm x 10 cm, e armazenados até que o processo de cura do concreto fosse finalizado. Durante a cura, o material foi hidratado, em períodos diurnos, seguindo intervalos de 3 horas, por 30 dias, para que se tornasse possível a realização dos testes de resistência do concreto concebido.

Figura 5. Imagem representativa dos corpos de prova

Fonte: Autores do trabalho (2024)



Figura 6. Imagem representativa durante o teste de resistência dos corpos de prova

Fonte: Autores do trabalho (2024)



Foi desenvolvido utilizando o software Autodesk Inventor, versão 2024, um layout de um banco, sem encosto, como proposta de uso desse material. Esse modelo foi impresso, em uma impressora 3D, a GTMax 3D, para possível demonstração de uso desse concreto concebido através do uso de RCD.

RESULTADOS

Como resultado dos testes de resistência, utilizando uma prensa hidráulica, obtivemos os seguintes resultados:

Tabela 4. Resultado dos testes de resistência a compressibilidade em tonelada (Tf), unidade de medida da prensa utilizada

Fonte: Autores do trabalho (2024)

Corpos de prova (CP1, CP2, CP3)	Resistência em tonelada (Tf)
CP1	12,97
CP2	8,46
CP3	11,76

Como o Sistema Internacional de unidades (SI) e as Normas Técnicas Brasileiras (NBR) definem que deve ser utilizada como unidade de medida para a resistência do concreto o MPa, foi realizada a conversão. Lembrando que todos nossos corpos de prova obtiveram um $h/D > 1,94$, dentro do que a norma afirma, que para relações de altura (h) e diâmetro (D), dos corpos de prova, maiores que 1,94, não existe a necessidade de correção. Para a realização dos cálculos foi adotado o valor de $\pi = 3,14$, o fator de conversão de $kgf \rightarrow N = 9,81$, aplicando a transformação das unidades de medida, obtivemos os seguintes resultados:

Tabela 5. Resultado dos testes de resistência a compressibilidade em Mega Pasqual (MPa), unidade de medida do SI

Fonte: Autores do trabalho (2024)

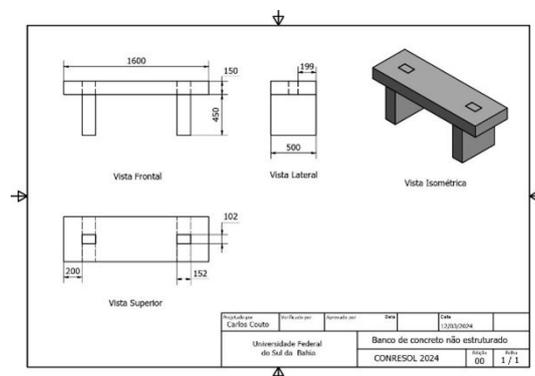
Corpos de prova (CP1, CP2, CP3)	Resistência em Mega Pasqual (MPa)
CP1	16,21
CP2	10,6
CP3	14,7

Vale lembrar que o uso do concreto com 100% de RCD, não deve, por força legal, ser admitido na construção de elementos estruturais complexos, todavia, como exposto por Leite (2001), para construção de elementos não estruturais se torna viável a substituição do agregado convencional pelo RCD, para resistências de até 20MPa. No caso dos nossos corpos de prova, realizando uma análise média simples, não estatística, teríamos uma resistência média de 13,83MPa, podendo utilizar do RCD, a 100%, como agregado para elementos não estruturais de até uma média de 13MPa.

Como a intenção é utilizar do RCD e reciclá-lo, foi proposto a UFSB que construísse alguns bancos, para dispor no campus, utilizando a reciclagem de RCD. Mediante isso, foi apresentando um modelo de banco de concreto para a universidade construir, mas não foi realizado o dimensionamento, pois não era a intenção do trabalho. O modelo 2D do desenho foi enviado junto ao modelo 3D, impresso com filamento PLA, também da GTMax.

Figura 7. Modelo de banco de concreto enviado ao setor de convivência da UFSB

Fonte: Autores do trabalho (2024)



CONCLUSÃO

Conclui-se que o presente trabalho trás átona a necessidade de redução, redirecionamento e a possível retirada de um material que vem sendo descartado como rejeito a anos, todavia, deveria ser tratado de forma coerente, á que o mesmo é resíduo e todo resíduo possui formas de reciclagem. Os resíduos não devem ser tratados como rejeitos, e a melhor forma de começar a difundir esse pensamento é mostrando à sociedade que a utilização desses resíduos, neste caso o RCD,



pode trazer benefícios, seja a curto ou longo prazo. Entretanto, devido à baixa resistência, com o uso do RCD em 100%, ou seja, sem uso de agregados convencionais, chegou-se à conclusão que em sua maioria o uso apenas do RCD, proveniente do lixão municipal do município de Eunápolis, não possui uma vantagem significativa. Todavia, para casos de necessidade de baixas resistências o uso desse resíduo se torna viável, além de ser viável a mistura previamente testada, entre os agregados convencionais e o RCD. Contudo, outras tentativas devem ser realizadas, afim de encontrar formas de alcançar resistências superiores, para viabilizar o uso em estruturas que possuem necessidade de resistências superiores as encontradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2019**. São Paulo: ABRELPE, 2020.
2. BRASIL. **Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), Resolução nº 307, 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União: Brasília, 2002.
3. BRASIL, **Lei Nº12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, 2010.
4. BRASIL, **Lei Nº14.026 de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Diário Oficial da União: Brasília, 2020.
5. BRASIL, **Lei Nº5.318 de 26 de setembro de 1967**. Institui a Política Nacional de Saneamento e cria o Conselho Nacional de Saneamento. Diário Oficial da União: Brasília, 1967.
6. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.
7. PAULINO, R. S. et al. Atualização do cenário da reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 2008-2020. **Ambiente construído**, v. 23, n. 3, p. 83-97, jul. 2023.
8. Sousa, Ana Cristina Augusto de. **O que esperar do novo marco do saneamento?**. Cadernos de Saúde Pública [online]. v. 36, n. 12 [Acessado 6 Abril 2024], e00224020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311X00224020>>. ISSN 1678-4464.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10007: Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011
10. Leite, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. (Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001).
11. COUTO, CARLOS. ANÁLISE AMBIENTAL APÓS A DESATIVAÇÃO DO LIXÃO MUNICIPAL DA CIDADE DE EUNÁPOLIS - BAHIA, BRASIL. In: 6º Congresso SulAmericano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, 2023, Foz do Iguaçu, 2023. v. 6.