

FACULDADE EDUFOR
ENGENHARIA CIVIL

RUYDGLAN SANTIAGO AVELAR

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**VIABILIDADE DO USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE CLASSE A
NA ENGENHARIA CIVIL**



São Luís

2024

A949v Avelar, Ruydglan Santiago

Viabilidade do uso de resíduos de construção civil de classe a na engenharia civil / Ruydglan Santiago Avelar — São Luís: Faculdade Edufor, 2024.

17 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (ENGENHARIA CIVIL) — Faculdade Edufor - São Luís, 2024.

Orientador(a) : Franklin Roosevelt Rodrigues do Ó

1. Resíduos de Construção Civil (RCC). 2. Concreto verde. 3. Agregado reciclado 4. Meio ambiente. 5. Gerenciamento de resíduos. I. Título.

FACULDADE EDUFOR SÃO LUÍS

CDU 628.4.046

VIABILIDADE DO USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE CLASSE A NA ENGENHARIA CIVIL

Ruydglan Santiago Avelar¹
Me. Franklin Roosevelt do Ó²

Resumo

Este artigo aborda a viabilidade do uso de Resíduos de Construção Civil (RCC) de Classe A como agregado para concreto e cimento comum, focando na redução dos impactos ambientais e nos benefícios econômicos associados. Inicialmente, discute-se a magnitude dos resíduos gerados pela construção civil e a legislação pertinente, como a Resolução CONAMA nº 307/2002, que classifica os RCC em diferentes categorias visando sua gestão sustentável. Os objetivos específicos incluem a análise do comportamento estrutural desses materiais, verificando a resistência compressiva e avaliando a possibilidade de redução de custos na produção de concreto e cimento, especialmente para a construção de moradias populares. Dados indicam um déficit habitacional significativo no Brasil, justificando a busca por alternativas sustentáveis que também contribuam para mitigar esse problema social. Enfatiza que os RCC de Classe A são recicláveis e reutilizáveis, como concreto, tijolos e cerâmicas, podendo ser transformados em novos materiais de construção. Estudos demonstram que substituir parte dos agregados naturais por RCC pode reduzir custos, conservar recursos naturais e diminuir a pegada de carbono associada à produção de concreto. Por fim, conclui-se a importância da implementação eficaz de políticas públicas e incentivos fiscais para promover o uso de RCC como agregado, visando não apenas benefícios ambientais e econômicos, mas também sociais, ao contribuir para a redução do déficit habitacional e melhorar a gestão dos resíduos na construção civil. O estudo sugere que, com técnicas adequadas de gestão e conscientização, os RCC podem desempenhar um papel crucial na transição para práticas mais sustentáveis no setor da construção.

Palavras-chave: Resíduos de Construção Civil (RCC), Concreto Verde, Agregado Reciclado, Meio Ambiente, Gerenciamento de Resíduos.

Abstract

¹ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Edufor São Luís.
E-mail: ruydglan.santiago.avelar@alunoedufor.com.br

² Mestre em Engenharia Elétrica. E-mail: franklin.doo@edufor.edu.br

This article discusses the feasibility of using Class A Construction and Demolition Waste (CDW) as aggregate for ordinary concrete and cement, focusing on reducing environmental impacts and associated economic benefits. Initially, it addresses the magnitude of construction waste generated and relevant legislation, such as CONAMA Resolution No. 307/2002, which categorizes CDW into different classes for sustainable management. Specific objectives include analyzing the structural behavior of these materials, examining compressive strength, and evaluating cost reduction possibilities in concrete and cement production, particularly for affordable housing construction. Data indicate a significant housing deficit in Brazil, justifying the search for sustainable alternatives that also help mitigate this social issue. It emphasizes that Class A CDW, such as concrete, bricks, and ceramics, are recyclable and reusable, capable of being transformed into new construction materials. Studies show that substituting natural aggregates with CDW can lower costs, conserve natural resources, and reduce the carbon footprint associated with concrete production. Finally, it concludes the importance of effectively implementing public policies and fiscal incentives to promote CDW use as aggregate, aiming not only for environmental and economic benefits but also social benefits by contributing to reducing housing deficits and improving construction waste management. The study suggests that with proper management techniques and awareness, CDW can play a crucial role in transitioning towards more sustainable practices in the construction sector.

Keywords: Civil Construction Waste (RCC), Green Concrete, Recycled Aggregate, Environment, Waste Management.

1. Introdução

Como já sabido por todos a construção civil está entre as atividades humanas que mais poluem o meio ambiente, segundo (PINTO, 2005), a engenharia civil em todas as etapas é responsável por até 70% de todos os resíduos gerados pelos centros urbanos, desde gerações no canteiro de obras e produção de insumos, como o cimento, até mesmo após a utilização da obra pronta.

Em posse dessas informações a busca por diminuição dos impactos ambientais gerados pela construção civil virou centro de discursões em todas as esferas da sociedade, por sua vez, como medida o governo publicou uma lei com o intuito de destinar fim ou diminuir a geração de resíduos de obra a Resolução CONAMA nº 307 de 05 de julho de 2002. Assim foi possível classificar esses resíduos gerados em classe e por sua vez facilita sua destinação.

Desta forma, esse artigo busca verificar a viabilidade do uso de Resíduos de Construção Civil de Classe A como agregado para concreto e/ou cimento comum, verificando a resistência

compressiva destes materiais prontos e a possibilidade de redução de custos e consequentemente redução de impactos ao meio ambiente.

Para esse artigo visamos usar esses concretos e cimentos comuns, para construção de casas populares que possuem diversas aplicações sem valor estrutura e até elementos estruturais com pequenas cargas. Segundo a FGV o Brasil possui um déficit habitacional de 5,8 milhões a partir de dados coletados na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios de 2009, feita pelo IBGE. Assim, podemos observar que com uma possível redução de custos podemos concentrar essa utilização em construção de casa populares visando também a redução desse déficit habitacional brasileiro.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral verificar viabilidade do uso de Resíduos de Construção Civil de Classe A como agregado para concreto e cimento comum.

2.2. Objetivos Específicos

Analisar através de literaturas o comportamento estrutural do concreto e cimento comum com teor de substituição considerado ideal.

Verificar a possibilidade de redução de custos para produção de concreto e cimento comum com a utilização de RDC e por sua vez redução de custos para construção de casas populares.

3. Justificativa

Como sendo a atividade realizada pelo homem que mais gera resíduos, a construção civil precisa de sempre de novos estudos e desenvolvimento que visem redução de geração de resíduos, sabendo que no momento é impossível zerar essa geração as buscas estão no âmbito de usar a própria construção civil com recicladora desses agregados buscando diminuir drasticamente ou até em valores irrisórios a chegada destes resíduos ao meio ambiente.

4. Revisão Bibliográfica

4.1. Resíduos de Construção Civil

Os resíduos de construção civil, também conhecidos como entulhos, representam um desafio significativo para a gestão ambiental e urbana em muitas regiões do mundo. Esses resíduos incluem uma ampla variedade de materiais, como concreto, tijolos, madeira, metais, gesso, plásticos, entre outros, resultantes de atividades de construção, reforma, demolição e reparação (Conama, 2002).

Segundo (Pinto, 2005) a magnitude do problema dos resíduos de construção civil é evidente quando se considera que esse setor é um dos maiores geradores de resíduos sólidos em muitas áreas urbanas. Além disso, a gestão inadequada desses resíduos pode levar a uma série de impactos negativos, incluindo a ocupação desordenada de áreas públicas, a obstrução de sistemas de drenagem, a degradação da paisagem urbana, a contaminação do solo e da água, e até mesmo riscos à saúde pública.

Diante desse cenário, a busca por soluções eficazes para o manejo sustentável dos resíduos de construção civil torna-se imperativa. Uma abordagem promissora envolve a implementação de práticas de redução na fonte, reutilização e reciclagem dos materiais de construção. A redução na fonte refere-se à minimização da geração de resíduos por meio de projetos de construção mais eficientes, seleção cuidadosa de materiais e práticas de construção sustentáveis.

A reutilização de materiais, por sua vez, envolve a recuperação e reintegração de componentes e materiais de construção em novos projetos, sempre que possível. Isso pode incluir a reutilização de tijolos, telhas, madeira, entre outros materiais, em vez de descartá-los como resíduos (Torgal, 2013). Além disso, a reciclagem de resíduos de construção permite a transformação de materiais inertes em novos recursos, como agregados para concreto, blocos de pavimentação, entre outros produtos.

De acordo com a (ABRELPE, 2011) o Brasil gerou cerca de 45 milhões de toneladas de resíduos oriundo de construção civil sendo que cerca de 60% dos municípios destinam esses resíduos de forma inadequada. Sendo necessários a criação de uma forma de gerenciamento desses resíduos gerados.

Todavia, diversos autores como (Tomasi, 2021) abordam sobre a grande variedade de resíduos e suas características diversas, sendo necessário uma classificação destes resíduos para ai sim ser possível se verificar a viabilidade de reaproveitamento ou em alguns casos o descarte com mínimo impacto ao meio ambiente. Sendo assim o Conama criou a Resolução nº 307/2002 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil no Brasil.

Uma das importantes disposições dessa resolução é a classificação dos resíduos em classes, de acordo com suas características e potenciais impactos ambientais. Essa classificação visa orientar as atividades de manejo, transporte, tratamento e disposição final desses resíduos, contribuindo para uma gestão mais eficiente e sustentável.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002, os resíduos de construção civil são classificados em três classes principais:

Classe A: Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassa, concreto, entre outros materiais similares. Esses resíduos podem ser reciclados ou reaproveitados na própria obra ou em outras atividades construtivas, contribuindo para a redução da demanda por recursos naturais e a minimização dos impactos ambientais.

Classe B: Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papelão, metais, vidros, madeiras e outros materiais passíveis de reciclagem. Esses resíduos devem ser separados e encaminhados para unidades de reciclagem ou cooperativas de catadores, onde poderão ser processados e transformados em novos produtos, reduzindo assim a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários e contribuindo para a economia circular.

Classe C: Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação. Incluem-se nessa classe os resíduos de gesso, solo, materiais cerâmicos não recicláveis, entre outros. Esses resíduos devem ser destinados a aterros específicos para resíduos inertes, devidamente licenciados e operados conforme as normas ambientais vigentes, garantindo a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

A classificação dos resíduos de construção civil em classes segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002 proporciona uma base sólida para a implementação de políticas e práticas de gestão ambiental no setor da construção. Ao reconhecer a diversidade de materiais presentes nos resíduos e suas diferentes potencialidades de reaproveitamento ou reciclagem, essa classificação permite orientar de forma adequada as atividades de manejo e destinação dos resíduos, promovendo a redução dos impactos ambientais e a promoção da sustentabilidade na construção civil.

Como classificado no objetivo principal deste artigo abordaremos o uso de resíduos de construção civil de classe A esses resíduos são considerados valiosos devido à sua capacidade de substituir matérias-primas virgens na produção de novos materiais de construção, reduzindo assim a demanda por recursos naturais e os impactos ambientais associados à extração e processamento desses recursos. Além disso, a reutilização de RCC Classe A contribui para a

redução do volume de resíduos destinados a aterros sanitários, prolongando sua vida útil e minimizando os custos de disposição final.

Segundo (Ângulo, 2005) existem várias formas de aproveitamento dos RCC Classe A:

Reciclagem: Muitos dos materiais que compõem os RCC Classe A, como concreto, cerâmica e tijolos, podem ser triturados e processados para produzir agregados reciclados, que podem ser utilizados na fabricação de novos materiais de construção, como base para pavimentação, blocos de concreto, entre outros.

Reutilização na própria obra: Em muitos casos, os RCC Classe A podem ser reaproveitados diretamente na mesma obra em que foram gerados. Por exemplo, tijolos e blocos podem ser desmontados e reutilizados em novas alvenarias, enquanto concreto quebrado pode ser utilizado como base para novas fundações.

Doação: Materiais em boas condições de uso podem ser doados para projetos sociais, instituições de caridade ou comunidades carentes, contribuindo para a construção de moradias populares ou para a realização de reformas em espaços públicos.

Venda: Em alguns casos, os RCC Classe A podem ser comercializados como materiais de segunda mão para construtoras, empresas de demolição ou indivíduos que buscam materiais de construção mais acessíveis.

A gestão adequada dos RCC Classe A requer a implementação de práticas de segregação na fonte, armazenamento adequado, transporte seguro e destinação responsável. Além disso, é importante promover a conscientização e capacitação dos profissionais da construção civil sobre as vantagens e técnicas de reutilização e reciclagem desses materiais, bem como incentivar a criação de políticas públicas que fomentem a economia circular e a valorização dos resíduos na indústria da construção (Tomasi, 2021).

Uma das formas de se utilizar os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) de classe A é como agregado para concreto e cimento comum é uma prática cada vez mais explorada na indústria da construção civil, principalmente devido às preocupações ambientais e à necessidade de redução da extração de recursos naturais.

Os RCD de classe A são resíduos inertes, ou seja, não apresentam riscos significativos ao meio ambiente ou à saúde pública (VIEIRA, 2013). Eles incluem principalmente concreto, tijolos, cerâmicas, telhas e argamassas. Ao utilizá-los como agregados para concreto, é possível reduzir a demanda por recursos naturais, como areia e brita, que são tradicionalmente utilizados na produção de concreto.

Segundo (Gonçalves, 2001) existem alguns benefícios associados ao uso de RCD de classe A como agregado para concreto e cimento comum:

Redução de custos: Utilizar resíduos de construção como agregados pode reduzir os custos de produção de concreto, uma vez que elimina ou reduz a necessidade de adquirir agregados naturais.

Sustentabilidade ambiental: A reutilização de resíduos de construção reduz a quantidade de material enviado para aterros sanitários, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a gestão de resíduos.

Conservação de recursos naturais: A substituição de agregados naturais por resíduos de construção ajuda a conservar recursos naturais não renováveis, como areia e brita.

Menor pegada de carbono: A produção de agregados naturais envolve a extração, transporte e processamento, que consomem energia e emitem gases de efeito estufa. O uso de RCD como agregado pode resultar em uma pegada de carbono menor devido à redução dessas etapas.

No entanto, para (Gonçalves, 2001) é importante considerar alguns desafios e considerações ao utilizar RCD de classe A como agregado para concreto:

Qualidade e uniformidade: A qualidade e a uniformidade dos RCD podem variar, o que pode afetar as propriedades do concreto. Portanto, é essencial garantir a seleção adequada e a classificação dos resíduos para garantir um desempenho consistente do concreto.

Testes e padrões: São necessários testes adequados para avaliar as propriedades dos RCD e seu desempenho como agregados para concreto. Além disso, é importante garantir que os materiais atendam aos padrões de qualidade e segurança necessários.

Durabilidade e resistência: A durabilidade e a resistência do concreto podem ser afetadas pela utilização de RCD como agregado. Portanto, é importante realizar estudos e ensaios para avaliar o desempenho do concreto em longo prazo.

Em suma, o uso de RCD de classe A como agregado para concreto e cimento comum pode oferecer benefícios significativos em termos de sustentabilidade ambiental e econômica, desde que seja feita uma seleção adequada dos materiais e que sejam seguidos os procedimentos e padrões de qualidade necessários.

4.2. Viabilidade Econômica

O uso de agregados reciclados em comparação aos naturais pode oferecer uma variedade de vantagens financeiras, incluindo redução de custos de matéria-prima, economias em transporte, menor custo de descarte de resíduos, redução de custos operacionais, incentivos fiscais e regulatórios, e melhor reputação e imagem da empresa. Essas vantagens tornam os

agregados reciclados uma opção atraente para empresas na indústria da construção civil (Ninni, 2010).

Os custos de transporte desempenham um papel fundamental na determinação do preço dos agregados naturais. Em situações convencionais, é necessário extrair os agregados naturais de regiões distantes das áreas densamente povoadas, o que implica em longas distâncias de transporte até os locais de produção ou de utilização (Thayse, 2015). Por outro lado, os agregados reciclados são gerados a partir de materiais provenientes dos processos de construção, muitas vezes encontrados em proximidade com áreas urbanas densamente povoadas e com uma demanda considerável por esses materiais. Essa proximidade resulta em vantagens significativas em termos de custos, pois as distâncias de transporte são consideravelmente menores, contribuindo para a redução dos custos totais.

Além disso, de acordo com pesquisas conduzidas por Ninni (2010), foi constatado que o concreto reciclado apresenta uma economia média de aproximadamente 30% em comparação com o concreto convencional. A prática de reciclagem dos resíduos e entulhos gerados pela indústria da construção civil pode resultar na obtenção de grãos com propriedades físicas e químicas muito semelhantes às dos agregados minerais utilizados na fabricação do concreto tradicional. Essa abordagem não apenas reduz o desperdício de materiais, mas também evita o descarte inadequado desses resíduos na natureza, o que poderia causar problemas como ocupação excessiva do solo e poluição visual. Adicionalmente, a reciclagem de resíduos de construção civil contribui para a mitigação de problemas ambientais e de saúde pública, já que reduz os locais propícios para a proliferação de vetores de doenças.

Por fim, mas não menos importante o incentivo fiscal por parte do poder público deve ser lavado em consideração afim de ser mais uma medida que evidencie cada vez mais a viabilidade econômica da utilização de RDC de classe a ou seja, os agregados reciclados. Como exemplo temos o estado do Ceara que já tem um benefício fiscal que trata do assunto, o Decreto Nº 31854 de 14 de dezembro de 2015.

“Art. 1º O Selo Verde, criado pela Lei nº 15.086, de 28 de dezembro de 2011, que certifica produtos compostos por matéria-prima reciclada advinda de resíduos sólidos, para o gozo de benefícios e incentivos fiscais concedidos a contribuintes no Estado do Ceará, será disciplinado na forma deste Decreto.

Art. 2º Compete à Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) a concessão do Selo Verde, nos moldes estabelecidos neste Decreto.

Art. 3º Para fins do disposto neste Decreto, considera-se:

I - Selo Verde: certificação com validade de 24 (vinte e quatro) meses conferida pela SEMACE, por produto que resulte da reciclagem de resíduos sólidos, na forma estabelecida neste Decreto;

II - reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais competentes;

III - resíduo sólido: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

IV - resíduo sólido da construção civil: aquele gerado nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

V - resíduo da construção civil Classe A: espécie de resíduo sólido da construção civil reutilizável ou reciclável como agregado, na forma especificada abaixo:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas, reparos de edificações, componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, dentre outros), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, dentre outros) produzidas nos canteiros de obras”

4.3. Viabilidade Ambiental

Segunda a (ABRELPE, 2011) a geração de resíduos gerados pela indústria da construção civil chega a quase 100.000 toneladas por dia, sendo que a mesma associação ainda traz um dado de evolução média de 8,7% no crescimento de geração de resíduos anual, dado este último mais preocupante ainda que demonstra a ineficiência na implantação dos programas de gerenciamento de geração de resíduos das cidades.

Nas tabelas abaixo, podemos ver um pouco dos números da geração de resíduos disponibilizados ao público pela ABRELPE em relatório publicado em 2011.

Quantidade de RCD coletados pelo SLP entre 2007 e 2010			
Ano	População Urbana (hab)	RCD Coletado (Ton/dia)	Índice (Kg/hab/dia)
2007	152 496 807	72 597	0,476
2008	157 037 300	80 342	0,512
2009	158 657 883	91 444	0,576
2010	160 879 708	99 354	0,618

Fonte: ABRELPE (2011)

Quantidade de RCD coletado pelas SLP em 2010			
Região	População Urbana (hab)	RCD Coletado (Ton/dia)	Índice (Kg/hab/dia)
Norte	11 663 184	3 514	0,301
Nordeste	38 816 895	17 995	0,464
Centro-Oeste	12 479 872	11 525	0,923
Sudeste	74 661 877	51 582	0,691
Sul	23 257 880	14 738	0,634
BRASIL	160 879 708	99 354	0,618

Fonte: ABRELPE (2011)

Trazendo dados mais recentes também segundo a (ABRELPE, 2021) foi gerado 47 milhões de RCD no Brasil durante o ano de 2020 representando um aumento de 5,5% em relação ao ano anterior, ainda nesses dados publicados foi gerado em média 0,614 kg/dia/hab, média similar aos dados colhidos em 2011.

Nas tabelas, podemos observar o crescimento na geração de resíduos oriundos da construção civil e com esses dados alarmantes precisamos encontrar soluções que diminuam esse impacto. O uso do RCD de classe A como agregado do concreto e/ou cimento comum é uma forma interessante de intervenção uma vez que ele é porcentagem relevante destes dados acima, como podemos ver na tabela abaixo, além de ser muito útil a indústria.

Composição média dos materiais de RCC de obras no Brasil

COMPONENTES	PORCENTAGEM
Argamassa	63
Concreto e blocos	29
Outros	7
Orgânicos	1
Total	100

Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2012. Adaptado.

Segunda (TORGAL at al, 2013) aproximadamente 80% do concreto é composto por agregados e quando formos analisar mais afrente as propriedades físicas poderemos ver que segundo (THAYSE, 2015) 30% desses agregados podem ser substituídos no concreto sem perder a eficiência necessária do mesmo. Diminuindo não somente a geração de RDC como também o extrativismo de matéria prima. Podendo afirmar então um sucesso na diminuição de impactos ambientais, não podendo nesse trabalho ser possível quantificar, mas podendo comprovar a diminuição dos impactos, mas vez que segundo (CREA BA, 2019) pelo engenheiro da Ibracon, Minos Trocoli, “o segundo material mais utilizado no mundo, só perde para a água”.

4.4. Agregado

No contexto da construção civil, agregado de concreto refere-se aos materiais granulares que são misturados com cimento e água para formar o concreto. Esses materiais constituem a maior proporção em volume no concreto e desempenham um papel fundamental em suas propriedades físicas e mecânicas.

O papel principal dos agregados no concreto é proporcionar resistência, durabilidade e outras características mecânicas essenciais ao material. Eles são responsáveis por dar suporte à estrutura, resistir a cargas e proporcionar estabilidade dimensional. Além disso, os agregados contribuem para a trabalhabilidade do concreto fresco, ajudando a controlar sua consistência e facilitar o processo de colocação e compactação.

Existem dois tipos principais de agregados utilizados no concreto: agregados graúdos e agregados miúdos.

Agregados Graúdos: Também conhecidos como agregados de grandeza, os agregados graúdos consistem em pedregulhos, britas e seixos. Eles geralmente variam em tamanho de 19 mm a 38 mm. Os agregados graúdos contribuem principalmente para a resistência à compressão do concreto. Eles ajudam a reduzir a quantidade de pasta de cimento necessária na mistura, o

que melhora a durabilidade e a trabalhabilidade do concreto. Além disso, os agregados graúdos também fornecem estabilidade dimensional e resistência ao desgaste às estruturas de concreto.

Agregados Miúdos: Os agregados miúdos, também chamados de agregados finos, consistem principalmente de areia. Eles têm partículas menores, geralmente com diâmetro inferior a 5 mm. Os agregados miúdos preenchem os espaços vazios entre os agregados graúdos e a pasta de cimento, melhorando a coesão e a capacidade de fluidez do concreto fresco. Eles também contribuem para a trabalhabilidade e a resistência à tração do concreto endurecido. A qualidade dos agregados miúdos pode afetar significativamente a textura e a aparência estética do concreto, especialmente em aplicações arquitetônicas.

Em resumo, os agregados de concreto desempenham um papel crucial na formulação e no desempenho do concreto. Eles fornecem resistência, durabilidade e outras propriedades essenciais ao material, sendo essenciais para a construção de estruturas duráveis e seguras. Quando falamos em usar resíduos de construção civil como agregado é substituir uma parte do agregado natural pelo reciclado até um teor onde não se perca o desempenho necessário.

4.5. Propriedades Do Uso De Agregados Reciclados No Concreto

Quando falamos em uso de agregados reciclados para concreto precisamos entender a algumas recomendações ou limitações, como na NBR15116 rege que no Brasil só pode ser usado concreto com agregado reciclado quando não possui função estrutural ou como revestimento primário de vias. Além de que o mesmo não pode ser mais do que 5% de material orgânico. Disto isto, veremos com base em estudos feitos por Thayse em 2015 o comportamento de um concreto que dentro dessas delimitações que recebeu 30% de agregado reciclado.

O uso de agregados reciclados na produção de concreto apresenta desafios e oportunidades únicas. Um dos principais fatores a serem considerados é a porosidade do concreto resultante. Geralmente, o concreto com agregados reciclados é mais poroso do que o convencional, o que pode afetar sua resistência e durabilidade ao longo do tempo. Essa porosidade está diretamente relacionada à absorção de água pelo material, que por sua vez é influenciada pela massa específica e pela densidade dos agregados (TORRALBA et al., 2013).

Um paradoxo surge ao comparar a absorção de água entre concretos com agregados reciclados e naturais. Embora os primeiros absorvam mais água, sua massa específica é menor, o que os torna mais leves e, portanto, mais viáveis em certas aplicações. No entanto, a trabalhabilidade do concreto com agregados reciclados pode ser comprometida devido à

estrutura dos próprios agregados, que muitas vezes contêm espaços vazios, exigindo uma maior quantidade de água para manter um padrão de trabalhabilidade aceitável (Torgal et al., 2013).

Um dos aspectos mais cruciais a serem considerados ao avaliar o concreto com agregados reciclados é sua resistência à compressão. Estudos mostram que a resistência pode ser influenciada pela quantidade de agregado miúdo presente na mistura, bem como pela relação água/cimento. Embora substituições parciais de agregados naturais por reciclados não afetem significativamente a resistência, substituições totais podem resultar em perdas de resistência que variam de 10 a 20%. Opiniões divergem sobre se os concretos reciclados podem igualar ou superar a resistência dos concretos convencionais, com pesquisas nacionais indicando perdas de até 50% em alguns casos (VIEIRA, 2014).

Em conclusão, a viabilidade e a resistência do concreto com agregados reciclados dependem de uma série de fatores, incluindo a qualidade dos agregados reciclados utilizados e a relação água/cimento adotada. Embora desafios permaneçam, evidências sugerem que, com cuidado e controle adequados, é possível produzir concretos reciclados que rivalizam ou até superam os convencionais em termos de resistência e desempenho mecânico.

4.6. Comparação De Desempenhos Entre Concreto Com Agregados Reciclados E Naturais

Para fazer esse comparativo usaremos tabela fornecida pela (Thayse 2015), vale ressaltar que foi usada como base estudos feitos por (GONÇALVES 2001) para essa elaboração informação está fornecida pela própria autora. Ficando muito fácil e didático a análise.

Comparativo entre as propriedades do concreto produzido com agregado natural e o concreto produzido com agregado reciclado

PROPRIEDADE	RESULTADO OBSERVADO
Porosidade	Maior
Absorção de água	Maior
Trabalhabilidade	Menor
Resistência à compressão	Variável

Fonte: THAYSE 2015

Segundo (Gonçalves, 2001) a resistência do concreto com agregados reciclados é influenciada pela quantidade de argamassa aderida aos grãos e pela relação água/cimento alterada por essa característica. Estudos mostram que o concreto reciclado apresenta maior porosidade, absorção de água e menor trabalhabilidade em comparação com o concreto

convencional. Segundo (Cabral, 2007) a resistência à compressão varia devido à heterogeneidade dos agregados reciclados e à dosagem utilizada.

Apesar das opiniões divergentes, segundo (Ângulo, 2005) a utilização de agregados reciclados é viável, desde que preparados e utilizados corretamente. A seleção cuidadosa dos resíduos da construção civil é essencial para garantir a homogeneidade do material transformado em agregado.

Segundo (Pinheiro, 2010) respeitando as normas, é possível utilizar agregados reciclados na fabricação de peças não estruturais, embora seu uso em aplicações estruturais exija estudos mais aprofundados.

Considerações Finais

O momento vivido pelo Rio Grande do Sul é um grande exemplo que devemos ter cada vez mais responsabilidade com o meio ambiente e as mudanças climáticas e conseqüentemente grandes desastres naturais como este evidencia que falar sobre meio ambiente nunca é demais, pelo contrário os debates e soluções encontradas e principalmente aplicados ainda não são nem o mínimo do necessário.

A engenharia por sua vez como demonstrado ao longo deste artigo tem participação fundamental no debate do meio ambiente, visto que é grande responsável pela degradação em todos os aspectos do mesmo. Uma construção é capaz de impactar o meio ambiente em todas suas etapas desde muito antes de sua construção no canteiro de obras, através da produção de insumos com extrativismo e alto teor de liberação de CO₂, com também durante seu uso após obra entregue – com geração de esgoto e consumo de energia por exemplo.

Nesse artigo foi possível se encontrar um de vários mecanismos para diminuição da degradação ambiental pela construção civil, que é o uso de resíduos de construção civil como agregado para concreto ou cimento comum sem função estrutural.

Mesmo com todas as restrições impostas pela legislação brasileira – restrições necessárias – foi possível se confirmar através de revisão literária com base em dados de outros artigos as vantagens do uso de agregado reciclado.

Do ponto de vista de propriedades do concreto, foi possível verificar que as inclusões de até 30% de agregado reciclado mantem a eficiência e possibilidade de uso como não estrutural ou pavimento primário. Vale-se destacar que algumas propriedades mudam como por exemplo trabalhabilidade e porosidade devendo sempre ser observado quando utilizado.

No tocante a diminuição dos impactos ambientais não foi possível quantificar (ficando como sugestão para novos trabalhos), mas foi possível assegurar menores impactos. Uma vez que a engenharia civil é responsável por 70% dos resíduos gerados nos grandes centros e maioria destes resíduos são de classe A, que o cimento é o produto o segundo produto mais usado no mundo sendo 80% de sua composição são agregados e podemos usar até 30% sem perder a eficiência fica flagrante a diminuição do impacto, tanto na geração de resíduos como no extrativismo ambiental.

Por fim mais não menos importante fica a viabilidade economia, como já discutido, demonstrado ao longo deste artigo e referenciado com informação de outros artigos, o uso de agregado reciclado reduz em até 30% o custo do concreto, visto que diminui custos com transporte, esse resíduo podendo ser processado e utilizado no próprio canteiro de obras como também diminui o custo com aquisição de matéria prima por parte da indústria, além de muitas vezes também diminuir o trajeto dos transportes uma vez que a maioria das jazidas ficam fora do centros urbanos, novamente diminuindo custo com transportes. Outro ponto que favorece financeiramente o uso desses agregados são os incentivos fiscais, que devem ser cada vez mais utilizados pelo governo com atrativo as empresas, vale ressaltar o estado do Ceara que já conta com um incentivo deste modo.

Não ficando de fora após demonstrar não apenas a viabilidade financeira como também a vantagem economia, o uso de RDC de Classe A como agregado para o concreto é capaz de diminuir os custos do concreto, confirma-se a possibilidade de redução de custo para construção de casa populares. O Brasil em 2022 segundo a Fundação João Pinheiro, possui um déficit habitacional de 8,6%. A habitação também é algo que a construção civil deve se preocupar até porque moradia se faz com engenharia, a flagrante vantagem econômica leva a se pensar em um plano de ação do governo que já preveja a utilização de agregados reciclados na composição de custos para processos licitatórios de moradias populares. Um termo de referência já prevendo em suas composições esses descontos relevantes, visto que estas obras utilizam muito concreto e cimento sem função estrutural, já diminuiriam os custos de construção por unidade podendo com um mesmo recurso se construir mais.

Desta forma, ficaram claras as vantagens do uso de resíduos de construção civil de classe A como agregado para concreto e/ou cimentos sem função estrutural, passando por diminuição de impactos ambientais, vantagens econômicas e até como mais um mecanismo contra o déficit habitacional brasileiro, tornando-se irracional a não desenvolvimento maciço destas praticas.

Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregado para concreto – Especificação: NBR 7211**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2005. 11 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos: NBR 15116**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2004 17 p.
- ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**. São Paulo. 200 p.2011.
- ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**. São Paulo. 2021.
- ÂNGULO, S.C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico dos concretos**. 2005. Tese (Doutorado) – Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- CABRAL, A. E. B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD**. 2007. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- CONAMA. **Resolução 307**: Gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: Mma, 2002. 2 p.
- CONAMA. **Resolução 348**: Gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: Mma, 2004. 1 p.
- CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DA BAHIA. **Concreto – Soluções duráveis**. s.l: CREA-BA, 2009.
- GONÇALVES, R. D. C. **Agregados reciclados de resíduos de concreto – um novo material para dosagens estruturais**. 2001.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**: Relatório de pesquisa. Brasília, 2012.
- NINNI, K **Concreto reciclado custa 30% menos**. São Paulo: ESTADÃO, 2010.

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas (USP), 2010.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Gestão Ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon-SP**. São Paulo: Obra Limpa: I&T: SindusCON-SP, 48 p.2005.

THAYSE, A. L. R. **ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DE ENTULHO NA OBTENÇÃO DE AGREGADO RECICLADO PARA A PRODUÇÃO DE CONCRETO NÃO ESTRUTURAL**, Manhaçu, 2015

TOMASI, C. F. **ANÁLISE TÉCNICA DO USO DE AGREGADO GRAÚDO RECICLADO MISTO EM CONCRETO CONVENCIONAL**, Bento Gonçalves, 2021

TORGAL, P.F. et al. **Handbook of recycled concret and demolition wast**. s.l: Woodhead Publishing Limited, 2013.

VIEIRA, G. L.; MOLIN, D. C. C. D. **Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição, Porto Alegre**. 2004. Ambiente Construído, v.4, n.4, p. 47-63, 2004.