

## Analysis of mechanical performance in concrete using as raw material waste of construction and demolition

Patrick Monteiro dos Santos<sup>1</sup>, Italo Jorge Tavares Jimenez<sup>2</sup>, Charles Ribeiro de Brito<sup>3</sup>

<sup>1, 3</sup> Centro Universitário do Norte – UNINORTE - *Laureate Universities*, Brasil, Rua Igarapé de Manaus, 211 – Centro, Manaus/AM

<sup>2</sup> Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Av Joaquim Nabuco, 1950 – Centro, Manaus/AM

Email: [patrick\\_ssu@yahoo.com](mailto:patrick_ssu@yahoo.com), [italo.jimenez@itegam.org.br](mailto:italo.jimenez@itegam.org.br), [charles.brito@uninorte.com.br](mailto:charles.brito@uninorte.com.br)

### ABSTRACT

Received: September 20<sup>th</sup>, 2018

Accepted: November 01<sup>th</sup>, 2018

Published: December 31<sup>th</sup>, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Civil construction is recognized as one of the most important activities for economic and social development, however, studies indicates that it causes huge environmental impacts, either by the consumption of natural resources, by the modification of the landscape or by the generation of waste. Almost 50% of the total solid waste generated in the country comes from civil construction. The possibility of using these construction and demolition wastes (RCDs in portuguese) makes possible to reduce the use of the natural resources used in this process, avoiding a shortage in the future and reducing the amount of waste generated. This work aims to study the possibility of using RCD as an alternative aggregate without significantly changing the properties and characteristics of the concrete. The experiments attended the Brazilian norms and standards for the use of these materials, since their mechanical resistance must reach the demands made by them. It was verified in the experiments that the concrete resistance varied in average 4 Mpa of the conventional concrete, being able to be used for shallow foundations of small structures. The consistency of the concrete with RCD was close to the consistency of the conventional concrete, bearing the trace had good adherence as to its specific mass. Due to the absorption rate being greater when compared to the commonly used crushed concrete, the concrete with residue required a greater addition of water than the usual concrete. The use of RCD as a bulk aggregate for concrete has met the requirements regarding the standards for its use.

**Keywords:** Construction and demolition waste, recycling, aggregate.

### Análise ao desempenho mecânico em concreto utilizando como matéria-prima resíduos de construção e demolição

A construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, entretanto, estudos apontam como causador de grandes impactos ambientais, seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos. Quase 50% do total de resíduos sólidos gerados no país são oriundos da construção civil. A possibilidade de utilizar esses resíduos de construção e demolição (RCD) possibilita a diminuição do uso dos recursos naturais utilizados nesse processo, evitando uma escassez futuramente e diminuindo a quantidade de resíduos gerados. Objetivo deste trabalho é estudar a possibilidade da utilização do RCD como agregado graúdo alternativo, sem alterar significativamente as propriedades e características do concreto. Os experimentos obedeceram às normas vigentes para a utilização desses materiais e suas empregabilidades, uma vez que sua resistência mecânica deve obedecer às exigências feitas pelas mesmas. Pode-se verificar nos experimentos que a resistência do concreto variou em média 4 Mpa do concreto convencional, podendo ser utilizado para fundações rasas de pequenas estruturas. A consistência do concreto com RCD ficou próximo da consistência do concreto convencional, portando o traço teve boa aderência quanto a sua massa específica. Devido à taxa de absorção ser maior quando comparado com a brita normalmente utilizada o concreto com resíduo necessitou de uma maior adição de água que o traço do concreto usual. O uso do RCD como agregado graúdo para concreto atendeu as exigências quanto à normatização da sua utilização.

**Palavras-chave:** resíduos de construção e demolição, reciclagem, agregado graúdo.

## I INTRODUÇÃO

A construção civil é umas das atividades mais antigas de que se tem conhecimento e, desde os primórdios da humanidade, foi executada de forma artesanal, quando como subprodutos gera grande quantidade de entulho mineral [1]. Tal fato despertou atenção dos construtores já na época da edificação das cidades do Império Romano, pois dessa época datam os primeiros registros de reutilização de resíduos minerais da construção civil na produção de novas obras [2-4].

Atualmente, a construção civil é um dos setores que mais poluem com seus resíduos sólidos, esses resíduos são provenientes das construções, demolições, reformas e outros diversos processos que englobam a construção civil, diante dessa realidade e a necessidade de preservar o meio ambiente, tem-se buscado alternativas para um desenvolvimento mais sustentável [5].

O setor da construção civil é uma área chave para o desenvolvimento sustentável por sua procura por segurança, conforto e bem-estar [6, 7].

Um dos desafios do setor é transformar estes resíduos sólidos em uma nova fonte alternativa de matéria prima [8]. Deste modo, tem-se tentado incorporar o uso do concreto reciclado com substituição dos agregados naturais por agregados reciclados oriundos do beneficiamento do Resíduo de Construção e Demolição (RCD) [9-12].

Com o avanço da tecnologia tem-se possibilitado a reutilização e a reciclagem desses materiais proveniente de Resíduos de Construções e Demolições (RCD) [13-15]. Com essa perspectiva de desenvolvimento sustentável objetivado por essa pesquisa, procura-se reduzir a poluição, economizar o emprego de matérias primas não renováveis e proteger a natureza dos impactos causados pela ação humana [16].

A primeira menção importante do RCD ocorreu após a o final da Segunda Guerra Mundial, quando surgiu a necessidade de remover ruínas e houve a demanda crescente de materiais. Para este caso, o entulho dos edifícios demolidos foi britado como agregados, sendo desta forma reciclado [17].

Dois terços do resíduo de concreto demolido no Japão, já são utilizados para a pavimentação de rodovias. Todavia, já existe um plano para que seja incentivado o uso deste resíduo para a produção de novos concretos [18-20].

A comunidade Europeia a partir de 1988 realizou um grande número de obras em concreto obtido a partir de agregados reciclados, de concreto, de alvenaria, assim como da mistura de ambos [21-23]. Algumas dessas obras são obras de grande porte.

No Brasil, algumas administrações públicas vêm adotando esse processo para a diminuição dos impactos ambientais, como as cidades de Belo Horizonte e cidades do interior paulista. Em Guarulhos - SP, onde foi construído um piso de 12.500 mil m<sup>3</sup> com resíduos reciclados no Condomínio Villaggio Maia [24]. Outra cidade onde se utilizou o mesmo processo foi na cidade do Rio de Janeiro, em uma obra da empresa Racional Engenharia, na construção do edifício Torre Almirante, com 36 pavimentos, no local havia um esqueleto de um prédio com 9 pavimentos, a demolição gerou em média 7.000 mil m<sup>3</sup> de entulho, a construtora montou no campo de obra uma usina para o reaproveitamento desse entulho, onde o material foi utilizado para a pavimentação de toda a obra e na confecção de blocos de concreto para a edificação do próprio prédio [25].

Para o autor [18] o processamento dos resíduos de construção e demolição não diferem muito daqueles usados para os agregados naturais. A separação do resíduo deve ocorrer o mais cedo possível dentro da cadeia de reciclagem de matérias, de preferência dentro do processo de demolição [26].

Para a inserção de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), como material prima principal, substituindo o agregado graúdos no concreto, é necessário que esse material passe por análise, quanto suas propriedades, afim de atender os padrões exigidos quanto sua resistência mecânica.

Agregado é o material particulado, incoesivo, de atividades químicas praticamente nulas, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. O termo “agregado” é de uso generalizado na tecnologia do concreto; nos outros ramos da construção é conhecido, conforme cada caso, pelo nome específico: filter, pedra britada, bica-corrida, rachão etc. [27].

Os resíduos de construção e demolição podem ser encontrados de diversas formas e oriundos de diversos materiais que resultam dos processos construtivos, os mesmos são provenientes de matérias como: tijolos, telhas, estruturas de concreto, resto de azulejos, entre outros [12].

A classificação dos agregados dar-se através das dimensões das partículas, a origem e o peso específico aparente. Quanto a dimensão, eles podem ser graúdos ou miúdos. Quanto a origem, podem ser classificados como naturais ou industrializados, os naturais são aqueles que se encontram em forma de partículas, industrializados são aqueles que passam por processos por processos industriais. Quanto ao peso específico, decorre devido a densidade do material que constitui as partículas, podem ser classificados como agregados leves, médios ou pesados [28].

Para o experimento objetivado por essa pesquisa, utilizar-se-á agregados oriundos de resíduos de construção civil. Esses elementos serão recolhidos de processos de construção ou demolição, e utilizados como agregados graúdo, onde será analisada as amostras de concreto, sendo classificados como agregados industrializados.

O avanço do conhecimento possibilitou nas últimas décadas, uma grande sofisticação da ciência de materiais hoje empregada para o aperfeiçoamento e desenvolvimento de materiais otimizados para cumprir as funções desejadas com enorme eficiência [29].

Devido à escassez de informações e a necessidade de reduzir o impacto ambiental causado por esses resíduos, essa pesquisa tem o enfoque de comprovar que esses recursos não deixam de atender as especificações no que desrespeito a sua utilização. A finalidade principal dessa pesquisa é encontrar meios para a determinação do impacto causado por esses resíduos sólidos, levando em consideração que em Manaus atualmente todo esse resíduo é descartado nos lixões, sendo que posteriormente os mesmos lixões são inutilizados anos depois, pois não foram tratados de forma adequada.

A Indústria da Construção Civil, em função das características particulares do seu processo produtivo, quando comparada com outros segmentos industriais, e considerando-se sua dimensão em termos de consumo de recursos, constitui-se em uma grande geradora de resíduos.

Diante desse contexto e da importância do desenvolvimento sustentável, observa-se atualmente uma ênfase na discussão de caminhos para se reduzir o consumo desnecessário de materiais na construção civil.

No que diz respeito à questão dos resíduos, pode-se atuar em vários momentos do empreendimento, podendo ser na reciclagem ou no reuso dos resíduos, mas existe também um grande potencial de reduzir esses resíduos através de: uma melhor seleção, um envolvimento maior por parte das empresas que geram e coletam os resíduos, treinamento das pessoas envolvidas no processo de resíduos e de um entendimento maior da Resolução nº 307/2002 do Conama [30].

## II MATERIAL E MÉTODOS

O processo metodológico consistiu em: coletar material, preparar as amostras, determinar o traço, preparar corpos de prova (CP) cilíndricos e analisar as características mecânicas, por meio de métodos científicos e normatizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) [31], através de ensaios de compressão, resistência e análise da consistência de homogeneização para o concreto (Figura 1). Sendo, ao fim, utilizada uma porcentagem de material reciclado como agregado graúdo substituindo o agregado graúdo convencional.



Figura 1: Processo metodologia utilizado.  
Fonte: Autores, (2018).

O RCD foi fornecido pela empresa Opção Entulho, localizada na Rua Conde de Tocantins, Nº 1630, bairro Parque das Laranjeiras, Manaus-Am (Figura 2).



Figura 2: Resíduos de construção e demolição (RCD) coletados.  
Fonte: Autores, (2018).

Na composição do material, houve uma grande variação devido à diversidade de fontes geradoras dos resíduos. Muitos dos materiais são provenientes de demolições de estruturas, isso faz com que sejam mais fáceis de reciclagem.

Um ponto importante observado durante a coleta e seleção dos materiais foi às impurezas encontradas juntamente com os resíduos. Também se observou que alguns materiais tinham teor de densidade muito baixo e que esfarelavam com facilidade, esses materiais, foram retirados da seleção de material, pois poderia comprometer os resultados da pesquisa devido a sua baixa massa unitária. Essas características causam efeitos negativos na análise mecânica do concreto reciclado. Para isso fez-se a separação manual dos resíduos, selecionando apenas aqueles que deveriam ser utilizados.

Quando se estuda a utilização de agregados para a produção de concreto, todas essas características devem ser consideradas, principalmente quando se trata de novos materiais como é o caso de materiais reciclados [18].

Portanto, para a pesquisa foram selecionados três tipos de materiais distintos, sendo eles o tijolo, concretos demolidos e azulejos. Essa escolha foi feita, devido a umidade do material estar diretamente relacionada com o fator água-cimento.

Apesar de ser possível afirmar que concretos reciclados com baixos valores de abatimento podem apresentar trabalhabilidade satisfatória ao ponto de vista do adensamento, existe uma grande preocupação com a perda de trabalhabilidade das misturas em geral, principalmente, de misturas que incorporam materiais com a alta taxa de absorção, como é o caso do agregado reciclado [18].

O material foi conduzido a laboratório onde se realizou adequação para a granulometria equivalente ao tamanho padrão da brita 1 (Figura 3), em seguida utilizou-se a peneira com a bitola de 19'' (Figura 4).



Figura 3: Adequação do RCD.  
Fonte: Autores, (2018).

Devido à falta de equipamentos para o processo de adequação do material e tamanho do agregado, o mesmo foi amiado manualmente. O material teve suas dimensões diminuídas utilizando martelo e em seguida peneirado em peneira de 19'' mm.



Figura 4: Peneira de 19'' mm utilizada em análise granulométrica.  
Fonte: Autores, (2018).

Foram feitas duas amostras para cada traço, a efeito de comparação. O traço convencional, confeccionado com seixo como agregado graúdo e para o traço com 15% de RCD incorporado.

O traço convencional, ou seja, com 100% de seixo, o foi feito como traço de referência. Foram confeccionados quatro corpos de prova (CP), sendo 2/7 dias e 2/28 dias, inicialmente



dispensando o CP de 2/14 dias, pois quando comparado com os de 28 dias tem-se uma média de variação de resistência mínima no rompimento.

O traço com RCD, teve 85% de seixo, e 15% de RCD. Estes foram confeccionados conforme especificado anteriormente no traço convencional de referência. A confecção dos CPs foi feita conforme a NBR 5738, relacionadas na metodologia deste estudo. Para a determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone conforme a ABNT NBR NM 67, que tem por finalidade a mobilidade do concreto em uma massa, o *Slump* é a medida do seu abatimento realizado neste ensaio, a medida do adotada para o *Slump* foi de  $10 \pm 2$ . O Molde do Corpo de Prova teve diâmetro da base inferior: 200 mm e diâmetro da base superior: 100 mm. Altura: 300 mm.

A haste para o adensamento da amostra tinha forma geométrica cilíndrica, com diâmetro de  $0,16 \pm 0,20$ mm e comprimento de 600 mm a 800 mm, sendo fabricada em aço. Por sua vez a placa de base para apoio do molde era metálica, plana, quadrada, com lados de dimensão não inferior a 500 mm e espessura igual ou superior a 3 mm, conforme ABNT [31].

O procedimento de moldagem consistiu em umedecer as paredes internas do molde e da placa. Em seguida montou-se o equipamento (placa, molde e colarinho), apoiando os pés sobre as aletas do molde e preenchendo em três camadas de volume aproximadamente iguais adensando cada camada antes da colocação da seguinte (Figura 5).



Figura 5: Procedimento de moldagem (*Slump test*).  
Fonte: Autores, (2018).

Cada camada foi adensada com 25 golpes uniformemente distribuídos pela haste de socamento, até que atingisse a camada anterior. Conforme preconiza a ABNT [31] (Tabela 1).

Tabela 1: Número de camadas para moldagem dos CPs.

| Tipo de corpo-de-prova | Dimensão básica (d) mm | Número de camadas em função do tipo de adensamento |        | Número de golpes para adensamento manual |
|------------------------|------------------------|--|--------|--|
|                        |                        | Mecânico   | Manual |  |
| Cilíndrico             | 100                    | 1  | 2      | 12                                       |
|                        | 150                    | 2  | 3      | 25                                       |
|                        | 200                    | 2  | 4      | 50                                       |
|                        | 250                    | 3  | 5      | 75                                       |
|                        | 300                    | 3  | 6      | 100                                      |
| Prismático             | 450                    | 5  | 9      | 225                                      |
|                        | 150                    | 1  | 2      | 75                                       |
|                        | 250                    | 2  | 3      | 200                                      |
|                        | 450                    | 3  | --     | --                                       |

Fonte: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova [31].

Manteve-se um excesso constante de concreto na borda superior até momento em que foi adensada a última camada. Retirou-se o colarinho e rasou-se a superfície.

Pressionou as alças do molde para baixo, retirando os pés das aletas e mantiveram-se durante tempo 8 segundos, levantando cuidadosamente o molde, na direção vertical (Figura 6).



Figura 6: Procedimento de moldagem (*Slump test*).  
Fonte: Autores, (2018).

Assim foi possível determinar a diferença entre a altura do molde e a altura média da amostra assentada, expressando em milímetros, com aproximação de 5 mm (Figura 7).



Figura 7: Altura média da amostra assentada (*Slump test*).  
Fonte: Autores, (2018).

Para que o processo de moldagem e cura dos corpos de provas cilíndricos foi realizado segundo as especificações [32], onde a mesma subscreve as condições para a moldagem e cura dos copos de provas cilíndricos.

A dimensão utilizada como referência para os corpos de prova, por se tratar de corpo de prova cilíndrico, foi a dimensão do diâmetro. A altura foi igual ao dobro do diâmetro. As medidas padrões foram de 25cm. As laterais da base do molde utilizado eram fabricadas de aço.

As amostragens foram confeccionadas conforme as especificações [33] e registrando dia e hora da adição de água na mistura e moldagem.

Antes de moldar as amostras, os moldes e suas hastes foram convenientemente revestidos com uma camada simples de óleo mineral, para facilitar posterior desmontagem.



Figura 8: Adensamento e moldagem dos corpos de prova.  
Fonte: Autores, (2018).

Durante as primeiras 24 horas após a moldagem, os CPs ficaram em superfície horizontal e rígida armazenados em ambiente protegido, cobertos com material não reativo e não absorvente (Figura 9).



Figura 9: Moldagem dos corpos de prova.  
Fonte: Autores, (2018).

Após passadas 24 horas foram desmoldados, armazenados e identificados até o rompimento das amostras (Figura 10).



Figura 10: Corpos de prova indenticados prontos para rompimento.  
Fonte: Autores, (2018).

Os ensaios de resistência compressão dos corpos de prova cilíndricos são apresentados conforme Tabela 2.

Tabela 2: Tolerância para a idade de ensaio

| Idade do ensaio | Tolerância permitida em horas |
|-----------------|-------------------------------|
| 24 h            | 0,5                           |
| 3 d             | 2                             |
| 7 d             | 6                             |
| 28 d            | 24                            |
| 63 d            | 36                            |
| 91 d            | 48                            |

NOTA: Para outras idades de ensaio, a tolerância deve ser obtida por interpolação.

Fonte: Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos [31].

Para a execução do ensaio de resistência a compressão inicialmente se determinou o diâmetro para cálculo da seção transversal de  $\pm 1$  mm pela média de dois diâmetros, ortogonalmente medidos da metade da altura de corpo de prova;

Os corpos de provas foram rompidos conforme especificado [34], descritos na Tabela 2.

Antes do início dos ensaios as faces do corpo de prova e dos pratos foram devidamente limpas e secas ante de serem postos na posição do ensaio.

Os carregamentos nos ensaios foram aplicados continuamente com a velocidade de  $0,45 \pm 15$  MPa/s, que por sua vez cessou quando o corpo de prova indicou uma queda de força de ruptura.



Figura 11: Rompimento do corpo de prova.  
Fonte: Autores, (2018).

$f_c = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot D^2}$  A resistência à tração obtida no ensaio foi calculada pela seguinte equação:

(1)

Onde:

$f_c$  = a resistência à compressão em MPa;

F = a força máxima alcançada em Newtons;

D = o diâmetro do corpo de prova em milímetro;

Após o ensaio de resistência à compressão, foi obtido o a resistência do concreto, e posterior classificação desse concreto segundo a sua utilização. Se tratando de corpos de prova com a relação  $h/d$  menor que 1,94, deve se adotar os valores de correção, descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Fator de correção  $h/d$ .

| Relação $h/d$     | 2,00 | 1,75 | 1,50 | 1,25 | 1,00 |
|-------------------|------|------|------|------|------|
| Fator de correção | 1,00 | 0,98 | 0,96 | 0,93 | 0,87 |

NOTAS: os índices correspondentes à relação  $h/d$  não



indicadas podem ser obtidas por interpolação linear, com aproximação de centésimos.

Fonte: Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos [31].

### III RESULTADOS

O resultado do *Slump Test*, para o traço convencional ficou com *Slump* de 12 e o traço com RCD ficou com *Slump* de 10, ambos atenderam a exigências especificadas pela norma.

O capeamento dos CPs não foi necessário, pois os moldes não apresentaram imperfeições. Portanto os CPs foram levados diretamente ao processo de rompimento.

Com base na norma, o maior valor obtido nos testes de resistência dos dois CPs que será adotado como a resistência final. Na Tabela 4 é apresentado o valor obtido nos testes de rompimento dos CPs e resistência obtida através dos ensaios realizados.

Tabela 4: Resultado dos ensaios de resistência à compressão.

| Amostra |     | Traço        | Idade (dias) | Resistência à compressão (MPa) |      |       |
|---------|-----|--------------|--------------|--------------------------------|------|-------|
| Nº      | Fck |              |              | CP 1                           | CP 2 | Final |
| 1       | 20  | Convencional | 7            | 14,1                           | 21,3 | 21,3  |
| 2       | 20  | RCD          | 7            | 12,3                           | 17,0 | 17,0  |
| 3       | 20  | Convencional | 28           | 24,                            | 25,7 | 25,7  |
| 4       | 20  | RCD          | 28           | 20,2                           | 21,7 | 21,7  |

Fonte: Autores, (2018).

Pode se observar que a resistência do CP com RCD, está dentro da resistência desejada [31]. Asse traço (28 dias) pode ser utilizado para fundações rasas de pequenas estruturas onde são aplicadas resistências de 15 a 20 Mpa [35].

### IV CONCLUSÃO

Durante a pesquisa foi evidenciado que na cidade Manaus atualmente, não há empresas que trabalham com a reciclagem ou reutilização dos resíduos de construção e demolição a fim de transformá-los em materiais alternativos e/ou promover o retorno ao setor da construção civil. Há a necessidade de investimentos para a coleta desses resíduos, para que eles possam voltar como matéria prima para o setor da construção civil, não apenas para agregado graúdo, mas entre outras finalidades. A utilização do RCD como agregado graúdo para concreto atende as exigências quanto a normatização da sua utilização. Pode-se verificar nos experimentos que a resistência do concreto varia em média 4 Mpa do concreto convencional, podendo ser utilizado para fundações rasas de pequenas estruturas. A consistência do concreto com RCD ficou próximo da consistência do concreto convencional, portando o traço teve boa aderência quanto a sua massa específica. Pode-se verificar que o concreto com RCD necessita de mais água quando comparado com traços de concreto convencional, devido a taxa de absorção ser maior do que da brita usual. A utilização de RCD diminuiria a quantidade de resíduos descartados isso gera impacto direto ao meio ambiente. O impasse dessa alternativa seria o processo de remanufatura desse material para que o mesmo voltasse em condições adequadas para utilização.

Os dados disponíveis demonstram a viabilidade técnica e econômica da utilização dos RCD como agregado graúdo. O concreto com RCD não diminuem consideravelmente a resistência do concreto, o mesmo pode ser utilizado em como agregado graúdo quando utilizado em pequena quantidade.

### V REFERÊNCIAS

- [1] L. Brasileiro and J. Matos, "Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil (Literature review: reuse of construction and demolition waste in the construction industry)," *Cerâmica*, vol. 61, pp. 178-189, 2015.
- [2] S. A. da Silva, E. S. Silva, P. B. Alcântara, J. L. de Oliveira Junior, and H. A. C. Rodrigues, "Utilização de resíduos de concreto e argamassa para produção de concreto Portland."
- [3] C. F. de Jesus, "Reciclagem de entulho e sua viabilidade sustentável e econômica no município de Paraty/RJ."
- [4] P. M. Carrijo, "Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto," Universidade de São Paulo, 2005.
- [5] L. A. Karpinsk, *Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental*: Edipucrs, 2009.
- [6] S. F. Motta and M. T. P. Aguiar, "Sustentabilidade e processos de projetos de edificações," *Gestão & Tecnologia de Projetos*, vol. 4, pp. 88-123, 2009.
- [7] M. A. Araújo, "A moderna construção sustentável," *IDHEA-Instituto para o Desenvolvimento da*, 2008.
- [8] M. C. Casagrande, M. Sartor, V. Gomes, V. Della, D. Hotza, and A. d. Oliveira, "Reaproveitamento de resíduos sólidos industriais: processamento e aplicações no setor cerâmico," *Cerâmica Industrial*, vol. 13, pp. 34-42, 2008.
- [9] A. E. B. Cabral, "Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD," Universidade de São Paulo, 2007.
- [10] R. F. E. Pedrozo, "Influência da substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado fino em propriedades de argamassas e concretos," 2008.
- [11] D. M. Prado, "Propriedades físicas e mecânicas de blocos estruturais produzidos com agregados reciclados de concreto," Universidade de São Paulo, 2006.
- [12] F. A. Bidone, "Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização," 2001.
- [13] T. d. P. Pinto, "Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana," *São Paulo*, vol. 189, 1999.
- [14] A. L. P. G. Guedes, "Avaliação da geração de resíduos da construção civil e suas implicações em bairros populares. O caso do bairro de Gramame em João Pessoa-PB," 2014.
- [15] A. H. M. Caldas, "Análise da disposição final dos resíduos de construção e demolição na cidade de João Pessoa," 2016.
- [16] M. Cavalli, "Práticas sustentáveis aplicadas ao setor da construção civil: um estudo sobre as percepções dos arquitetos," 2015.
- [17] S. C. Angulo, "Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados," Universidade de São Paulo, 2001.

- [18] M. B. Leite, "Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição," 2001.
- [19] S. R. L. Ferreira, "O pensamento do ciclo de vida como suporte à gestão dos resíduos sólidos da construção e demolição: exemplo no Distrito Federal e estudos de casos de sucessos no Brasil e no exterior," 2009.
- [20] D. M. d. Melo, "Estudo de misturas asfálticas com resíduo de construção e demolição oriundo do município de Manaus-AM," 2010.
- [21] G. L. Vieira, "Estudo do processo de corrosão sob a ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição," 2003.
- [22] S. E. Zordan, "A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto," 1997.
- [23] P. S. Lovato, "Verificação dos parâmetros de controle de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para utilização em concreto," 2007.
- [24] H. G. Aragão, "Análise estrutural de lajes pré-moldadas produzidas com concreto reciclado de construção e demolição," 2007.
- [25] P. M. Souto Maior, "Estrutura metálica para moradia popular em encostas," 1997.
- [26] P. Duarte and V. Lima, "Beneficiamento do resíduo de construção," in *Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica*, 2007.
- [27] C. A. Romano, "Apostila de Tecnologia do Concreto," 2016.
- [28] V. M. John and V. Agopyan, "Reciclagem de resíduos da construção," *Seminário Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos*, 2000.
- [29] R. d. R. Faller, "Engenharia e Design: Contribuição ao estudo da seleção de materiais no projeto de produto com foco nas características intangíveis," 2009.
- [30] E. CARELI, "A Resolução CONAMA nº 307/2002 e as novas condições para gestão dos resíduos de construção e demolição," *São Paulo*, vol. 154, 2008.
- [31] N. ABNT, "5738: 2003," *Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT*, 2003.
- [32] A. B. d. N. Técnicas, "NBR 5738: Concreto-Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova," ed: ABNT Rio de Janeiro, 2008.
- [33] N. NBR, "33: Concreto-amostragem de concreto fresco," *Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT, Rio de Janeiro, Brasil*, 1998.
- [34] N. ABNT, "5739 (2007)," *Associação Brasileira de Normas Técnicas*, 2007.
- [35] A. B. N. Técnicas, *ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto-procedimento*: ABNT, 2007.