

## **USO DA BORRACHA DO PNEU INSERVÍVEL E O PÓ DE PEDRA EM SUBSTITUIÇÃO DOS AGREGADOS DE USO CONVENCIONAL NA CONFECCÃO DE UM CONCRETO PARA FINS ESTRUTURAIS**

José Anselmo da Silva Neto (1); Irenildo Firme do Nascimento (2); Marcos Severino de Lima (3)

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, [anselmo.neto96@gmail.com](mailto:anselmo.neto96@gmail.com) (1)*  
*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, [irenildofirme@hotmail.com](mailto:irenildofirme@hotmail.com) (2)*  
*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, [socram.lima2015@gmail.com](mailto:socram.lima2015@gmail.com) (3)*

**Resumo:** De todos os segmentos da Construção Civil, o que mais vêm desenvolvendo e tendo uma maior abrangência é a questão da sustentabilidade, na correspondência de enfrentar os problemas ambientais, resultados das atividades humanas que lhes dão origem. Foram moldados 6 corpos-de-prova (CPs) cilíndricos de dimensões 100mm de diâmetro e 200mm de altura para cada tipo de concreto produzido. Foi tomado um traço como base (1:1,95: 2,11:0,48) e fazendo a substituição parcialmente desses agregados de uso convencional pelo não-convencional com (10%, 15%, 20%, 30%, 40%, 50%), fazendo o rompimento com 7, 14 e 28 dias para se obter uma maior controle tecnológico e fiscalização na confecção dos mesmos. Chegou-se à conclusão, que a medida em que foi aumentando o uso de agregado de uso não convencional, minha resistência foi diminuído, chegando-se a conclusão que poderá ser o utilizado até o traço T15 torna-se viável a sua utilização para fins estruturais nas edificações. Vale lembrar que na confecção do concreto não foi utilizado nenhum tipo de aditivo, pois se sabe que na medida que coloco aditivo diminuo o fator de a/c, e, conseqüentemente a resistência aumenta. Portanto essa pesquisa científica, busca viabilizar a utilização do pó de pedra e borracha de pneu na produção de concreto para fins estruturais. Isto possibilita uma redução no custo do concreto produzido, principalmente no impacto ambiental decorrente da deposição dos agregados alternativos na natureza. Esse trabalho foca na importância do desenvolvimento de um concreto resistente e que atenda as normas em vigor para fins estruturais.

**Palavras-chave:** Pó de pedra, Impacto ambiental, borracha de pneu.

### **Introdução**

A Engenharia Civil no Brasil tem seus reflexos e projeções de acordo com a situação econômica nacional e internacional. Sua forte relação com o crescimento econômico do país revela o quão frágil e suscetível o setor é, bem como a relevância da cadeia produtiva e sua contribuição na economia através da geração de empregos formais diretos e indiretos dentre outros aspectos.

A Indústria da Construção Civil tem sido uma das principais consumidoras de recursos naturais. Tal verdade tem motivado diversos estudos sobre a aplicação de resíduos que possam substituir parcialmente ou totalmente o emprego de alguns materiais empregados continuamente no traço de concretos, argamassas etc. como, por exemplo, os agregados. Dessa forma, uma redução do impacto ambiental causada pela extração da areia que poderá ser reduzida.

De todos os segmentos da Construção Civil, o que mais vêm desenvolvendo e tendo uma maior abrangência é a questão da sustentabilidade, na correspondência de enfrentar os problemas ambientais, resultados das atividades humanas que lhes dão origem. Desses problemas ambientais, o que mais se destaca é o tal da descartabilidade de resíduos naturais em velocidade e quantidade excessivas.

O uso inadequado na destinação final desses resíduos tornou-se, nos dias atuais, uma das grandes preocupações da sociedade, pois estão acelerando o processo que conhecemos de poluição ambiental de uma forma geral. Com isso, têm-se fomentado discussões com o objetivo de identificar soluções viáveis para que possam ser reaproveitadas para os mais diversos fins, e, conseguinte, minimizar essa capacidade de ocasionar impactos ambientais negativos que influenciam diretamente na qualidade de vida da população.

Faz-se necessário o uso de tecnologias sustentáveis em habitações, tendo em vista que o concreto é o segundo material no ranking mundial em consumo, perdendo apenas para água [15]. Torna necessário abordar os conceitos de sustentabilidade e aplicar os métodos nos processos construtivos, buscando a diminuição dos custos e melhoria da qualidade habitacional.

A utilização de matérias primas alternativas na construção civil é uma opção a ser considerada, pois, alguns materiais podem apresentar resistência e uniformidade similares às materiais primas convencionais, oferecendo alguns benefícios como o efeito de migração de alguns componentes tóxicos de sua constituição para o lençol freático, contaminação de rios e lagos e entre outros o que torna uma prática ambientalmente adequada.

Por esta razão, como preleciona SOUSA E MANSUR (2004) [15], a reutilização e a reciclagem de resíduos, após a detecção de suas potencialidades, são consideradas, atualmente, alternativas que podem contribuir para a diversificação de produtos, para a diminuição dos custos de produção, para o fornecimento de matérias primas alternativas direcionadas a uma série de setores industriais, para a conservação de recursos não renováveis, para a economia de energia e, principalmente, para a melhoria da saúde e satisfação na qualidade de vida da população.

Quando queremos mudar algo, a primeira mudança deverá ser feita primeiramente em nós, com isso, o projeto visa no buscar “Pensar globalmente, agir localmente” a fundamentação para essa pesquisa focando na

necessidade de realinhar as práticas construtivas com a necessidade de sustentabilidade e habitabilidade, fazendo o uso dos conceitos básicos da engenharia e aplicando as inovações dentro das práticas de reutilização e reciclagem para contribuirmos com a preservação do nosso planeta.

## **Metodologia**

Os ensaios para a classificação granulométrica, massa unitária, massa específica dos agregados do pó de pedra, borracha de pneu, areia e da brita foram realizados utilizando as peneiras e frascos estabelecidas na NBR-7217 [7] (determinação da composição granulométrica, massa específica) e respeitando as exigências instituídas na NBR – 7211 [6] (agregados para concreto).

A Determinação da consistência do material para a verificação de sua trabalhabilidade dá-se pelo ensaio de abatimento do tronco de cone ou Slump test (NM 67, 1998) [2]. Com molde de aço em forma de tronco de cone reto, cujo possui dimensões de 300 mm x 200mm x 100 mm (altura x diâmetro superior x diâmetro inferior), haste de aço de 600mm de altura e 16mm de diâmetro para adensamento da amostra.

Para este ensaio, será confeccionado seis corpos-de-prova cilíndricos com diâmetro de 100mm por 200mm de altura, obtendo-se a média aritmética com dois corpos de prova com 7,14 e 28 dias dos resultados de acordo com a norma NBR 9778, (2005) [12].

Em cada idade e para cada tipo de cura, serão ensaiados 6 corpos de prova cilíndricos (100mmx200mm). As medições serão feitas ao longo do comprimento do corpo de prova, e por fim, realizaremos o ensaio de compressão axial. Serão produzidos 2 tipos de concretos, a saber tipo C e CN. O concreto do tipo C (convencional) foi assim denominado por ser tomado como referência nos resultados dos ensaios com 0% em relação a substituição dos materiais utilizados (pó de pedra e borracha de pneu).

Os concretos aditivados com borrachas e pó de pedra receberão a denominação NC (Não Convencional) e C (convencional). O traço seguido e a quantidade de aditivos incorporado em cada tipo de concreto são resumidos na tabela 1 a seguir:

Tabela 1. Traço, nomenclatura dos concretos e (%) de substituição.

TRAÇO PILOTO	TIPO DE CONCRETO	SUBSTITUIÇÃO DE AREIA E BRITA
1: 1,95: 2,11: 0,48	C	0%
	NC 10	10%
	NC 15	15%
	NC 20	20%
	NC 30	30%
	NC 40	40%
	NC 50	50%

Serão moldados 6 corpos-de-prova (CPs) cilíndricos de dimensões 100mm de diâmetro e 200mm de altura para cada tipo de concreto produzido. Será utilizado o adensamento manual, com 2 camadas, seguida de um número de golpes de socamento de 15 golpes no total, de acordo com a NBR 5738 (2003) [3]. Após a moldagem os CPs serão submetidos à cura inicial ao ar livre em seguida serão desmoldados e identificados, para posteriores ensaios de compressão com 7, 14, e 28 dias. A cura final será através da imersão dos CPs em tanques com água suficiente para cobri-los e garantir que permaneçam submersos durante 28 dias, contados a partir da moldagem.

### Resultados e discussão

Os resultados foram obtidos mediante uma série de ensaios, os quais são: análise granulométrica, massa unitária, massa específica pelo método do Frasco de Chapman, ensaios de consistência (slump test) e, por fim, ensaios de compressão.

A análise granulométrica para agregados miúdos é regida pela NBR 7211 (2009) [6], cujos

grãos ficam retidos entre as peneiras de malha 4,75 mm e 150  $\mu$ m. A partir da massa retida e percentual passante em cada peneira, é possível classificar o agregado de acordo com SELMO (1989) [16], onde a areia é classificada obedecendo a intervalos adotados a partir do seu Módulo de Finura (MF) em areia fina ( $MF < 2.0$ ), areia média ( $2.0 < MF < 3.0$ ) ou areia grossa ( $MF > 3.0$ ).

Na figura 1 é determinado o seu grau de curvatura a partir da geração de uma curva granulométrica com dados obtidos do ensaio anteriormente descrito, em que foi possível perceber uma boa graduação da amostra de areia.

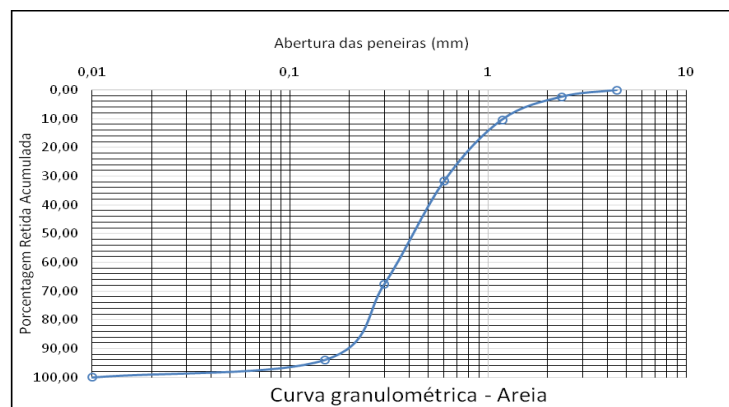


Figura 1. Curva Granulométrica da areia.

Além disso, demais resultados obtidos revelam que a areia utilizada na pesquisa apresentou um diâmetro máximo de 2,36 mm e módulo de finura igual a 2,06. Na tabela 2 sendo classificada como média grossa e, conforme, nos mostra a figura 1, a sua curva granulométrica.

Tabela 2. Composição granulométrica – areia: NBR 7217:2009.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217 – AREIA	
D.Máx= 2,36mm	Módulo de finura= 2,06

No que tange os agregados graúdos utilizados no compósito, a pedra britada é o produto de cominuição de rocha que se caracteriza por tamanhos nominais de grãos enquadrados entre 2,4 e 64mm, segundo divisões padronizadas da ABNT constantes nas NBRs 7174 [5]

e 7211 [6]. A tabela 3 mostra o resultado do ensaio granulométrico realizado com a brita, obtendo-se um diâmetro máximo de 25mm e um módulo de finura igual a 7,04. Conforme o emprego a que se destinam, a brita é subdividida em diferentes faixas granulométricas. Entretanto, chega-se a conclusão que a brita utilizada para confecção dos corpos de prova de concreto classifica-se como sendo brita 1, a qual é a mais comumente utilizada nos canteiros de obras.

Tabela 3. Composição granulométrica – brita: NBR 7217:2009.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217 – BRITA	
D.Máx= 25,00mm	Módulo de finura= 7,04

Para o pó de pedra tabela 4, material que compõe o traço para dosagem, o diâmetro máximo obtido após análise granulométrica foi de 4,76 mm e módulo de finura igual a 2,36.

Tabela 4. Composição granulométrica – pó de pedra: NBR 7211:2009.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217 – PÓ DE PEDRA	
D.Máx= 4,76mm	Módulo de finura= 2,36

Para a borracha de pneu tabela 5, material que compõe o traço para dosagem, o diâmetro máximo obtido após análise granulométrica foi de 12,5 mm e módulo de finura igual a 5,83.

Tabela 5. Composição granulométrica – borracha de pneu: NBR 7211:2009.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217 – BORRACHA DE PNEU	
D.Máx= 12,5mm	Módulo de finura= 5,83

Nas tabelas 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 são

mostrados os ensaios de massa unitária seguindo a NBR 7251 [9] e especifica dos agregados NBR 9776 [11] a serem utilizados na pesquisa. A massa unitária da areia, definida como sendo a quantidade de massa capaz de ser acomodada em um recipiente de volume unitário. Salientam os autores ser um importante instrumento na seleção da granulometria das areias. Então, conforme a tabela 6, foi utilizado dois ensaios, usando um recipiente de volume 14997,53 cm<sup>3</sup>. No primeiro ensaio chegou-se a uma massa de 22350g e o segundo ensaio uma massa de 22600g. Logo, a massa unitária será essa massa dividida pelo volume do recipiente. Chegou-se, aos respectivos valores 1,49g/cm<sup>3</sup> e 1,51g/cm<sup>3</sup>, obtendo-se uma média de 1,50 g/cm<sup>3</sup>.

Tabela 6. Massa unitária da areia – estado solto: NBR 7251.

Massa Unitária = 1,50 g/cm <sup>3</sup>
---

A massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, sem considerar os poros permeáveis à água. A massa específica também é utilizada para classificação do agregado quanto à densidade. Na tabela 7, encontra-se os resultados do ensaio da massa específica da areia através do frasco de Chapman, obtendo a massa específica de 2,64 g/cm<sup>3</sup>.

Tabela 7. Massa Específica da areia – frasco de chapmam: NBR 9776.

$\delta = 2,64 \text{ g/cm}^3$
--------------------------------

A massa unitária do pó de pedra, definida como sendo a quantidade de massa capaz de ser acomodada em um recipiente de volume unitário. Salientam os autores ser um importante instrumento na seleção da granulometria das areias. Conforme a tabela 8, foi utilizado dois ensaios, usando um recipiente de volume 14997,53 cm<sup>3</sup>. No primeiro ensaio chegou-se a uma massa de 22800g e o segundo ensaio uma massa de 23300g. Logo, a massa unitária será essa massa dividida pelo volume do recipiente. Obtendo-os respectivos valores 1,52g/cm<sup>3</sup> e 1,55g/cm<sup>3</sup>, obtendo-se uma média de 1,54 g/cm<sup>3</sup>.

Tabela 8. Massa unitária do pó de pedra – estado solto: NBR 7251.

Massa Unitária= 1,54 g/cm <sup>3</sup>
--

A massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, sem considerar os poros permeáveis à água. A massa específica também é utilizada para classificação do

agregado quanto à densidade. Na tabela 9, foi realizado o ensaio do frasco de Chapman como verificação e feito a leitura do pó de brita, obtendo os valores de 382 cm<sup>3</sup> e 381 cm<sup>3</sup>, tendo-se a massa específica 2,76 g/cm<sup>3</sup>.

Tabela 9. Massa específica do pó de pedra – frasco de Chapman: (NBR 9937).

$\delta = 2,76 \text{ g/cm}^3$
--------------------------------

A massa unitária da brita definida como sendo a quantidade de massa capaz de ser acomodada em um recipiente de volume unitário. Salientam os autores ser um importante instrumento na seleção da granulometria das brita. Então, conforme a tabela 10, foi utilizado dois ensaios, usando um recipiente de volume 14997,53 cm<sup>3</sup>. No primeiro ensaio chegou-se a uma massa de 22300g e o segundo ensaio uma massa de 22800g. Logo, a massa unitária será essa massa dividida pelo volume do recipiente. Chegou-se, aos respectivos valores 1,49g/cm<sup>3</sup> e 1,52g/cm<sup>3</sup>, obtendo-se uma média de 1,51 g/cm<sup>3</sup>.

Tabela 10. Massa unitária da brita – estado solto: NBR 7251.

Massa Unitária= 1,51 g/cm <sup>3</sup>
--

A massa específica foi seguido a NBR 9937 [10], é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, sem considerar os poros permeáveis à água. A massa específica também é utilizada para classificação do agregado quanto à densidade. Na tabela 11, foi realizado o ensaio do frasco de Chapman como verificação e feito a leitura da brita, obtendo os valores de 680,5 g/cm<sup>3</sup> e 680,5 g/cm<sup>3</sup>, tendo-se a massa específica 2,77 g/cm<sup>3</sup>.

Tabela 11. Massa específica da brita por meio da proveta: NBR 9937.

$\delta = 2,77 \text{ g/cm}^3$
--------------------------------

A massa unitária da borracha do pneu, definida como sendo a quantidade de massa capaz de ser acomodada em um recipiente de volume unitário. Salientam os autores ser um importante instrumento na seleção da granulometria das brita. Então, conforme a tabela 12, foi utilizado dois ensaios, usando um recipiente de volume 14997,53 cm<sup>3</sup>. No primeiro ensaio chegou-se a uma massa de 6950g e o segundo ensaio uma massa de 7050g. Logo, a massa unitária será essa massa dividida pelo volume do recipiente. Chegou-se, aos respectivos valores 0,46g/cm<sup>3</sup> e 0,47g/cm<sup>3</sup>, obtendo-se uma média



de 0,47 g/cm<sup>3</sup>.

Tabela 12. Massa unitária da borracha do pneu: NBR 9937

Massa Unitária= 0,47 g/cm <sup>3</sup>
--

A massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, sem considerar os poros permeáveis à água. A massa específica também é utilizada para classificação do agregado quanto à densidade. Foi realizado o ensaio do frasco de Chapman como verificação e feito a leitura da borracha do pneu, mas foi impossível de realizar o ensaio, pois a medida que adicionou a borracha com a água, ficou impossível de se fazer a leitura. Dessa forma, foi adotado a massa específica por meio de literaturas (BAUER et al, 2002) [14], obtendo os valores entre 1,09 - 1,12 kg/dm<sup>3</sup>. Adotando-se um valor de 1,09 kg/dm<sup>3</sup>.

Na tabela 13, mostra os resultados obtidos por média aritmética de dois corpos de prova com 7, 14 e 28 dias, feito com o traço piloto T0 (1: 1,95: 2,11: 0,48), e em sequência os respectivos traços com sua substituição parcial em (10%, 15%, 20%, 30%, 40% e 50%). O rompimento dos corpos de prova aconteceu conforme a norma 6118 [4] e obteve-se a média de 28,95 Mpa aos 28 dias, quando esperado era de 25 Mpa, ou seja, será tomado como traço referência já que alcançou a resistência esperada para fins estruturais e que possa substituir os agregados de uso convencional pelo uso do pó de pedra e borracha de pneu. Podemos ver que a medida em que foi aumentando o uso de agregado de uso não convencional, minha resistência foi diminuído, chegando-se a conclusão que poderá ser o utilizado até o traço T15 torna-se viável a sua utilização para fins estruturais nas edificações. Vale lembrar que na confecção do concreto não foi utilizado nenhum tipo de aditivo, pois se sabe que na medida que coloco aditivo diminuo o fator de a/c, e, conseqüentemente a resistência aumenta.

Tabela 13. Resistência à compressão dos corpos de prova com o traço referência.

TRAÇOS	T0(Mpa)	T10(Mpa)	T15(Mpa)	T20(Mpa)	T30(Mpa)	T40(Mpa)	T50(Mpa)
7 DIAS	17,37	16,73	15,66	12,00	7,53	6,41	5,89
14 DIAS	23,16	18,82	18,01	13,25	9,89	8,55	6,73
28 DIAS	28,95	21,24	20,04	17,67	13,38	11,87	7,31

Na tabela 14, mostra os resultados obtidos após o ensaio de Slump Test, na qual serve para medir a plasticidade do concreto, onde depende,

além da consistência do concreto, de características da obra e dos métodos adotados para o transporte, lançamento e adensamento do concreto. A relação entre água e cimento é essencial para a resistência do concreto e não pode ser quebrada. Não dá para remediar sem correr riscos. Segundo Alves Neto (2001) [1], a boa trabalhabilidade de um concreto permite que se realize um eficiente lançamento, enchimento e compactação deste material no interior das formas, o que garantirá sua maior durabilidade frente à ação dos agentes agressivos.

Tabela 14. Slump test dos traços confeccionados.

TRAÇOS	ABATIMENTO
T0	60 mm
T10	50 mm
T15	45 mm
T20	35 mm
T30	25 mm
T40	15 mm
T50	5 mm

### Conclusões

Com base nestes resultados, foi possível observar que na medida que aumentou a porcentagem de agregados de uso não convencional na confecção do concreto a resistência foi diminuindo proporcionalmente, e, que a substituição do pó de pedra e borracha de pneu aos agregados de uso convencional com 10% e 15% torna-se viável a sua utilização para fins estruturais nas edificações. Portanto essa pesquisa científica, busca viabilizar a utilização do pó de pedra e borracha de pneu na produção de concreto para fins estruturais. Isto possibilita uma redução no custo do concreto produzido, principalmente no impacto ambiental decorrente da deposição dos agregados alternativos na natureza. Esse trabalho foca na importância do desenvolvimento de um concreto resistente e que atenda as normas em vigor para fins estruturais.

### Referências

- [1] ALVES NETO, J. M. Desenvolvimento e análise de grautes minerais utilizados em reparos de estrutura de concreto. 2001. 116 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.

- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone: NBR NM 67. Rio de Janeiro, 1998.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova: NBR 5738. Rio de Janeiro, 2003.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 6118: Projeto de estruturas de concreto- procedimentos - Rio de Janeiro, 1982.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 7174: Pedra britada, pedrisco e pó de pedra para base de macadame hidráulico - Rio de Janeiro, fev.1982.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 7211: Agregados para concreto- especificações - Rio de Janeiro, 1982.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 7217: Determinação da composição granulométrica- Rio de Janeiro, 1982.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 7219/82: Determinação do teor de material pulverulento - Rio de Janeiro, 1987.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 7251: Determinação da massa unitária- Rio de Janeiro, 1987.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 9937: Determinação da absorção e da massa específica do agregado graúdo- Rio de Janeiro, 1987.
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 9776: Determinação da massa específica pelo frasco de chapmam- Rio de Janeiro, 1987.
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica: NBR 5738. Rio de Janeiro, 2005.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575/2013: Norma de desempenho das edificações- Rio de Janeiro, 2013.'
- [14] BAUER, R. J. F.; TOKUDOME, S. & GRADET, A. (2002); Estudo de Concreto com Pneu Moído; Anais do 43o Congresso Brasileiro do Concreto em CD ROM.

- [15] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 1994, p. 01-02.
- [16] SELMO, S.M.S Dosagem de argamassa de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachadas dos edifícios. São Paulo, 1989. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.