



UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE MÁRMORE E GRANITO NO CONCRETO: LACUNAS NO CONHECIMENTO.

Kuelson Rândello Dantas Maciel ⁽¹⁾; Mariana da Penha Novaes ⁽²⁾; Elilma Pereira Alves
Teodoro ⁽³⁾ João Luiz Calmon ⁽³⁾

(1) Universidade Federal da Bahia – kuelson@gmail.com; (2) Universidade Federal da Bahia –
mariana.penha.novaes@hotmail.com; (3) Universidade Federal da Bahia – elilma_civil@hotmail.com; (4)
Universidade Federal da Bahia - calmonbarcelona@gmail.com

RESUMO

Existe um constante aumento da preocupação das questões ambientais, sendo o Brasil um dos maiores produtores e exportadores mundiais de rochas ornamentais, no entanto, o processo de tratamento desses materiais gera uma grande quantidade de resíduo que na maioria dos casos não possui uma destinação adequada. Buscando solucionar esse problema, várias pesquisas estão sendo desenvolvidas para o reaproveitamento desses resíduos, especificamente na construção civil e utilizá-los em substituição ou adição de materiais convencionais no concreto. O presente trabalho busca desenvolver uma revisão dos estudos realizados na utilização do mármore e granito no concreto e identificando as lacunas do conhecimento. Tal revisão consistirá das seguintes etapas: quantificação do resíduo no Brasil e no mundo, beneficiamento do resíduo de mármore e granito para serem incorporados no concreto, análise bibliométrica no *Scopus*, e *Web of Science*, estudo estatístico e identificar as lacunas em relação as propriedades mecânicas com a incorporação do resíduo de mármore e granito. A revisão da literatura sugere que o resíduo de mármore e granito pode ser um substituto no cimento e no agregado miúdo como materiais de construção convencionais com resultado eficientes e identificou que existe lacunas de estudos no conhecimento das propriedades reológicas, térmicas, microestrutura, ataques de sulfatos e do meio agressivo.

Palavras chaves: Mármore, granito, resíduos, bibliometria e lacunas

USE WASTE OF MARBLE AND GRANITE IN CONCRETE: KNOWLEDGE GAPS.

ABSTRACT

There is a constant increase of concern about environmental issues, Brazil being one of the world's largest producers and exporters of ornamental stones, however, the treatment process of these materials generates a large amount of waste that in most cases does not have an adequate destination. In order to solve this problem, several researches are being developed to reuse these wastes, specifically in civil construction and to use them in substitution or addition of conventional materials in the concrete. The present work seeks to develop a review of the studies carried out on the use of marble and granite in concrete and identifying the knowledge gaps. Such a review will consist of the following steps: quantification of the waste in Brazil and in the world, processing of the marble and granite residue to be incorporated in the concrete, bibliometric analysis in the *Scopus*, statistical study, and *Web of Science* and identify the gaps in relation to the mechanical properties with the incorporation of the residue of marble and granite. The literature review is that the composite of marble and granite can be replaced by a cement and not aggregated as a building material with the power to generate identification errors. and the aggressive medium.

Key-words: Marble, granite, waste, bibliometrics and gaps.



1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o crescimento da produção industrial e o conseqüente aumento do consumo correspondente levaram a um rápido declínio dos recursos naturais disponíveis⁽¹⁾. Além disso, com o aumento da produção uma quantidade significativa de resíduos surge, e estes impactam negativamente o meio ambiente. Segundo⁽²⁾ a quantidade gerada de resíduo corresponde a mais de 25% do volume dos blocos processados e, considerando que, em 2017, foram processados 152 milhões de toneladas de rochas ornamentais no mundo com uma produção de resíduos finos próxima a 40 milhões de toneladas para o ano de 2018. No Brasil, foram processadas mais de 7 milhões de toneladas de rochas e gerados mais de 2 milhões de resíduos finos em 2017, sendo o estado do Espírito Santo responsável por 50% da produção nacional, por 75% do volume físico e 81% do total do faturamento das exportações brasileiras de rochas⁽³⁾.

Várias organizações internacionais e países focaram em examinar a reciclagem de resíduos para minimizar os efeitos negativos. Ao usar esses subprodutos que não podem ser armazenados em outros setores, o ganho econômico pode ser alcançado e a poluição ambiental pode ser evitada⁽⁴⁾.

O aproveitamento do resíduo de mármore e granito na indústria da construção civil tem sido muito estudado no âmbito acadêmico, uma vez já comprovada a viabilidade técnica de seu uso na obtenção de diversos produtos como cerâmica^{(5),(6)}, porcelanas e vidros ^{(7),(8)}, lâ mineral⁽⁹⁾, concretos em substituição do cimento^{(13),(10),(17),(11),(12)}, ou como agregado miúdo ^{(16),(14),(15)}.

Com tudo que foi relatado o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão dos estudos sobre a utilização do mármore e granito no concreto e identificar as possíveis lacunas do conhecimento. E a pretexto, demonstrar que o uso do resíduo de mármore e granito na produção de concreto é eficaz no combate à poluição ambiental e na melhoria das propriedades do material.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

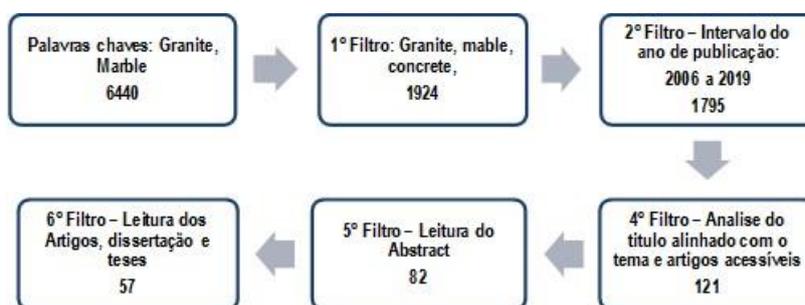
2.1 Método ProKnow-C

A metodologia sistemática aplicada foi o método ProKnow-C - Processo de Desenvolvimento do Conhecimento e Construtivista⁽¹⁸⁾, que consiste em quatro etapas principais: (1) seleção dos documentos que serão analisados; (2) análise bibliométrica; (3) análise sistemática e (4) Identificação de lacunas de literatura.



Essa seleção de portfólio bibliográfico iniciou-se com a busca nas bases de dados do Portal Capes (CAPES, 2019) que possuíam maior relação com o tema - *Scopus* e *Web of Science* - definidas a partir de um estudo prévio sobre o assunto. A primeira pesquisa foi realizada com o uso das duas palavras chaves: *granite* e *marble*. Essa busca gerou um banco de artigos, teses e dissertações bruto de 6440 referências. Foram aplicadas nestas referências cinco filtros conforme observa-se na Figura 1 chegando ao total de 57 títulos, no qual existem 20 dissertações e teses e 37 artigos.

Figura 1 - Metodologia utilizada para a seleção dos artigos.

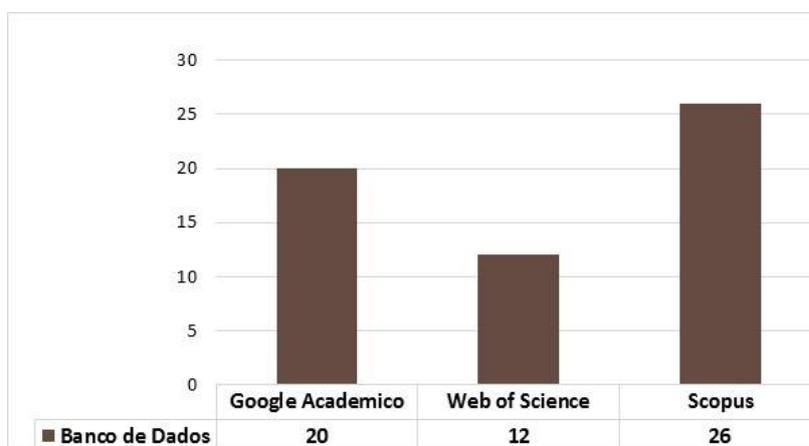


Fonte: Os Autores (2019).

3. ESTUDO DE BIBLIOMETRIA

Os resultados do mapeamento bibliométrico foram classificados com relação a diversos aspectos, a fim de se obter um melhor entendimento sobre o perfil das publicações mais recentes sobre o assunto. O gráfico 1 ilustra as publicações por base de dados pesquisadas após aplicação dos filtros, conforme figura 1. Observou-se que a base de dados *Scopus* e *Web of Science* possuem maior relevância como fonte de pesquisa para artigos (37), assim como o Google Acadêmico para busca de artigos, dissertações e teses (20).

Gráfico 1 Publicações analisadas por base de dados sobre o uso do resíduo de mármore e granito no concreto.

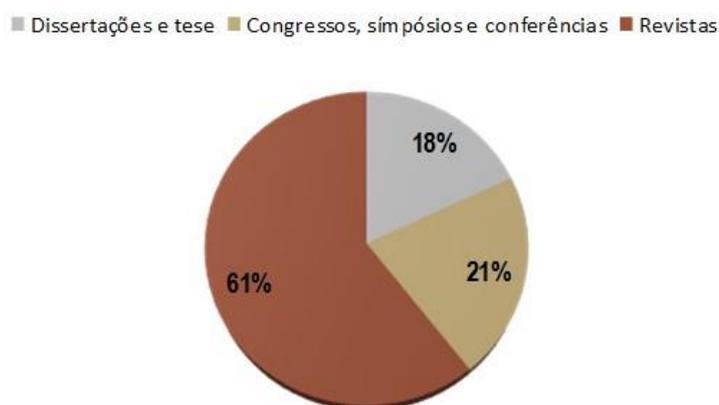


Fonte: Os Autores (2019).



De acordo com o gráfico 2, que classifica os tipos de publicações vinculados ao tema sobre o uso do resíduo de mármore e granito no concreto, percebe-se que das 58 publicações levantadas, 61% das referências estudadas são provindas de revistas, 21% de congresso, simpósios e conferências e 18% de dissertações e teses nesse artigo. Observa-se que as publicações em revistas deram a maior contribuição para o estudo.

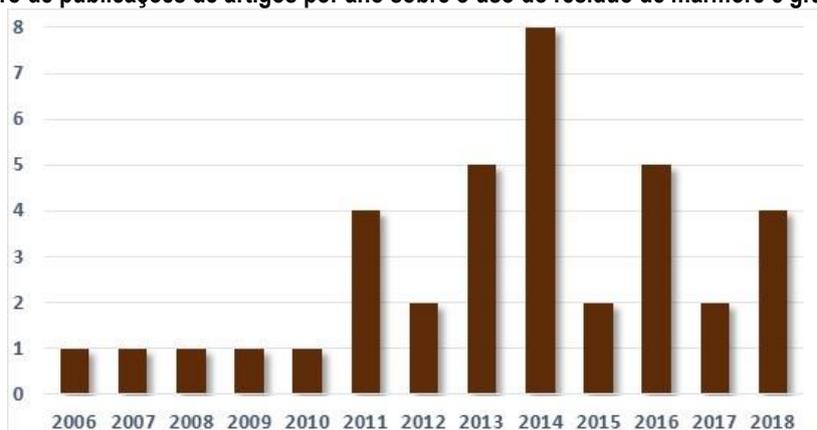
Gráfico 2 Tipos de publicações com o uso do resíduo de Mármore e granito no concreto.



Fonte: Os Autores (2019).

O gráfico 3 apresenta as publicações de artigos vinculados ao tema por ano, no período de 2006 a 2018. Observa-se um crescimento de publicações a partir do ano de 2014 com maiores picos entre os anos de 2016 e 2018 sobre o uso do resíduo de mármore e granito no concreto.

Gráfico 3 Número de publicações de artigos por ano sobre o uso do resíduo de mármore e granito no concreto.

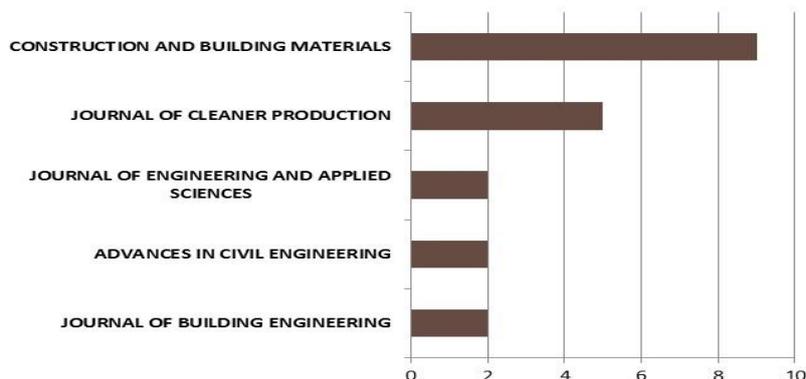


Fonte: Os Autores (2019).

Os periódicos com maior número de produções científicas estão apresentados no gráfico 4. Destacam-se principalmente Construction and Building Materials e Journal of Cleaner Production, periódicos especializados na divulgação de pesquisas e no desenvolvimento da área de materiais de construção e suas aplicações. Não foram incluídas no gráfico 4 as 17 revistas com uma publicação sobre o tema.



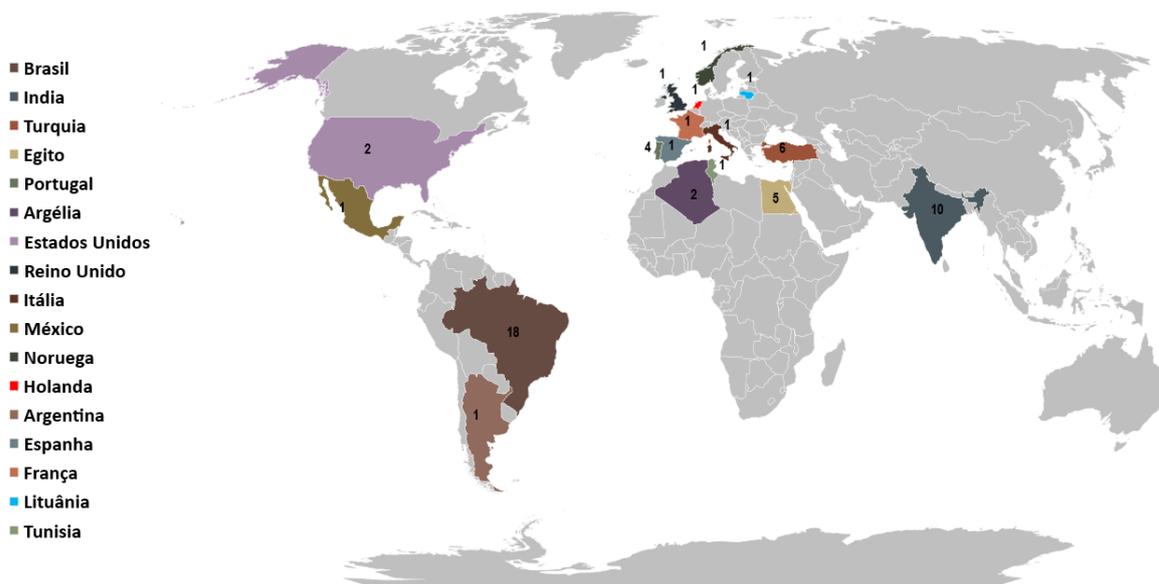
Gráfico 4 Revistas com o número de artigos publicados sobre o tema.



Fonte: Os Autores (2019).

O gráfico 5 mostra a distribuição da produção científica no mundo, em publicações de artigos, teses e dissertações, do uso do mármore e granito no concreto. Dentre os selecionados para revisão o Brasil compartilhou o maior número de estudos (18), seguido pela Índia (10), Turquia (6), Egito (5), Portugal (4). A Argélia e Estados Unidos contribuíram com dois estudos e , Reino Unido, Itália e México, Noruega, Holanda, Argentina, Espanha, França, Lituânia e Tunísia com um estudo no período de 2006 a 2018.

Gráfico 5 Distribuição geográfica de estudos da utilização de mármore e granito com aplicação no concreto.

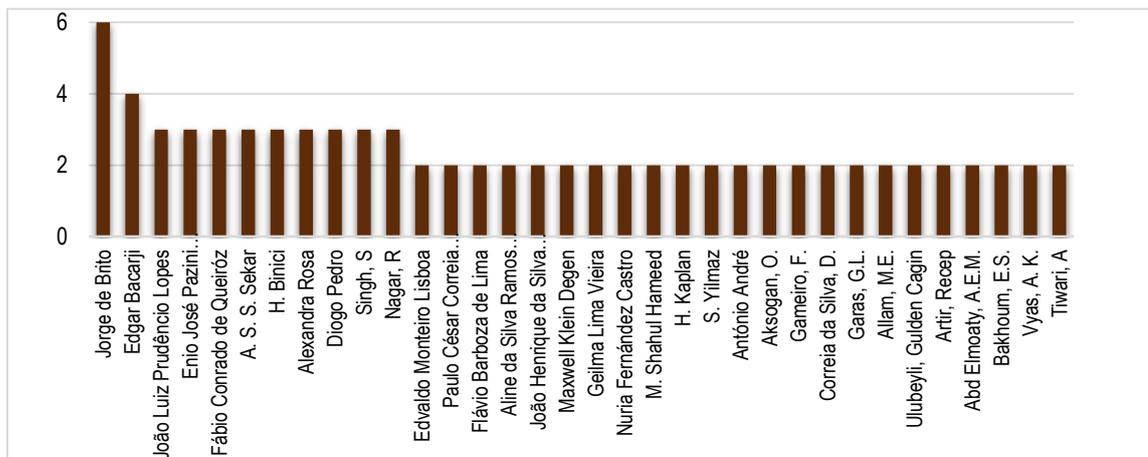


Fonte: Os Autores (2019).

O nome dos autores com maior número de produções relativas ao uso do resíduo de mármore e granito aplicado no concreto encontra-se no gráfico 6, com destaque para o pesquisador português Jorge de Brito. Dentre os dez maiores pesquisadores, observa-se seis pesquisadores são brasileiros.



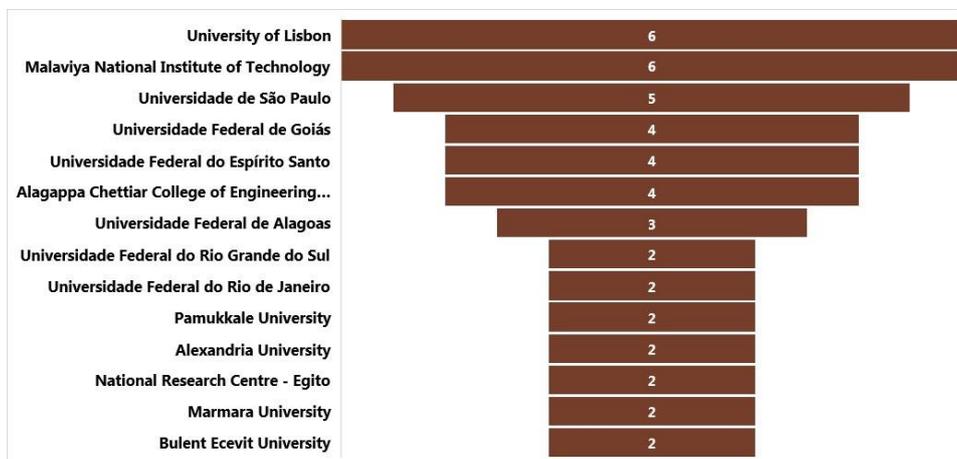
Gráfico 6 Publicações de artigos por autores sobre a utilização de mármore e granito no concreto.



Fonte: Os Autores (2019).

O gráfico 7 evidencia as instituições de origem com maior número de publicações em relação ao tema. A *University of Lisbon*, *Malaviya National Institute of Technology* e Universidade de São Paulo apresentam maior contribuição, o que indica grande empenho no estudo do resíduo com foco na busca por alternativas de reuso.

Gráfico 7 Instituição de origem e o número de publicações de artigos sobre o uso do resíduo no concreto.



Fonte: Os Autores (2019)

4. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO COM O USO DO RESÍDUO DE MÁRMORE E GRANITO.

As análises feitas para esse estudo concentraram-se em realizar uma revisão do uso do resíduo de mármore e granito no concreto convencional e auto adensável. De acordo com a tabela 1 a maioria



dos pesquisadores trabalharam com o concreto convencional, utilizando o resíduo de mármore e granito em substituição ou adição em materiais convencionais como cimento e agregado.

Tabela 1 – Pesquisa sobre a utilização de mármore e granito em diferentes tipos de concreto.

Concreto auto adensável	Concretos convencionais		
Uysal, M e Yilmaz, K (2011)	Gonçalves et. al. (2002)	Abd Elmoaty (2013)	Allam et. al. (2016)
Geseoglu et. al. (2012)	Lopes et. al (2006)	Soliman (2013)	Singh et. al(2016)
Hameed et. al (2012)	Binici et. al (2007)	André et. al (2014)	Kore e Vyas (2016)
Karmegam, Kalidass e Ulaganathan (2014)	Gomes e Bacarji (2008)	Aliabdo et. al (2014)	Belagraa et. al. (2017)
Ural, Karakurt e Cömert (2014)	Binici et. al (2008)	Martins et. al (2014)	Vigneshpandian et. al. (2017)
Sadek et. al. (2016)	Ergun (2011)	Silva, Gameiro e Brito (2014)	Binici et. al (2018)
Djebri et. al. (2017)	Hebhoub et.al(2011)	Talah; Kharchi Chaid (2015)	Shamsabadi et. al (2018)
	Hameed et. al (2012)	Elçi et. al. (2015)	Sivakumar et. al. (2018)
	Bacarji et.al(2013)	Singh et. al (2016)	
	Vijayalakshmi et. al. (2013)	Sattainathan S. et. al. (2016)	

Fonte: Os Autores (2019).

Os artigos acima foram classificados de acordo com a incorporação do resíduo na fabricação do concreto e organizados na tabela 2. Na literatura, 35% e 32% dos estudos se concentraram no uso do resíduo como substituto do cimento e substituto do agregado miúdo, respectivamente. A adição ao cimento, possui 11% do número de estudos, o que representa o menor resultado.

Tabela 2 – Estudos revisados baseado nos tipos de incorporação dos resíduos de mármore e granito.

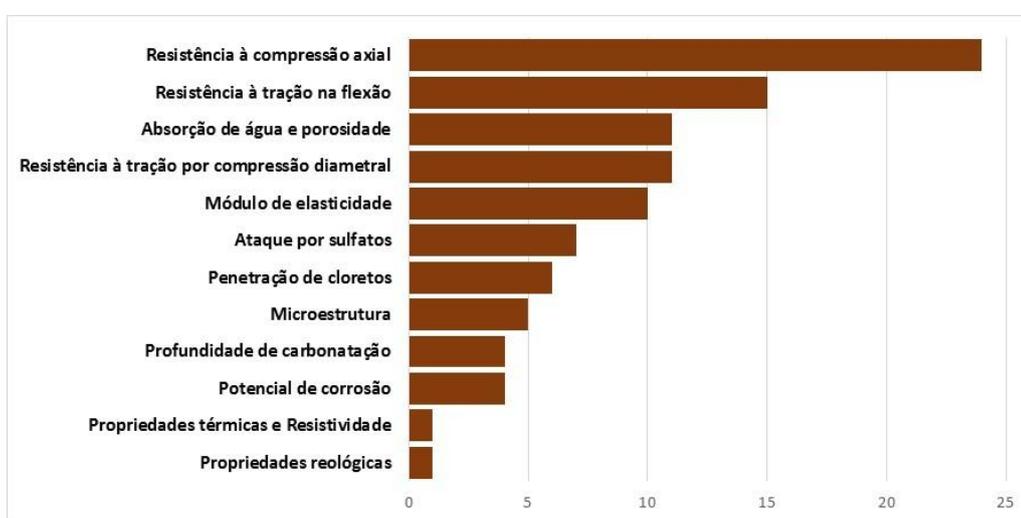
Estudos sobre a substituição do cimento por resíduo de mármore/granito no concreto	Estudos sobre a adição ao cimento por resíduo de mármore/granito no concreto	Estudos sobre a substituição do agregado graúdo pelo resíduo de mármore/granito no concreto	Estudos sobre a substituição do agregado miúdo pelo resíduo de mármore/granito no concreto
Lopes et. al 2006)	Ural, Karakurt e Cömert (2014)	Binici et. al (2008)	Binici et. al (2007)
Uysal, M e Yilmaz, K (2011)	Sadek et. al. (2016)	Hebhoub et.al. (2011)	Gomes e Bacarji (2008)
Ergun (2011)	Belagraa et. al. (2017)	André et. al (2014)	Hebhoub et.al (2011)
Geseoglu et. al. (2012)	Alyousef et. al. (2018)	Martins et. al. (2014)	Hameed et. al (2012)
Abd Elmoaty (2013)		Elçi et. al. (2015)	Vijayalakshmi, Sekar e Prabhu (2013)
Soliman (2013)		Kore e Vyas (2016)	Aliabdo et. al (2014)
Bacarji et.al (2013)		Ulubeyli; Bilir; Artir (2016)	Silva, Gameiro e Brito (2014)
Karmegam, Kalidass e Ulaganathan (2014)		Sattainathan S. et. al. (2016)	Garas; Allam; Bakhoum (2014)
Aliabdo et. al (2014)			Elçi et. al. (2015)
Talah; Kharchi Chaid (2015)			Allam et. al. (2016)
Allam et. al. (2016)			Singh et.al(2016)
Djebri et. al. (2017)			Vigneshpandian et. al. (2017)
Serelis et. al. (2018)			Binici et. al (2018)
Shamsabadi et. al (2018)			

Fonte: Os Autores (2019)



As principais propriedades estudadas do concreto no estado fresco e endurecido foram listadas no Gráfico 8 assim como a quantidade de artigos que analisou determinado parâmetro. A trabalhabilidade do material foi analisada em todos os trabalhos com ensaios padronizados. A durabilidade foi analisada de diferentes maneiras, com destaque para a relação indireta com a resistência à compressão axial, absorção de água, ataque por sulfatos, penetração de cloretos e profundidade de carbonatação. Apenas um autor analisou as propriedades térmicas e propriedades reológicas do material com a incorporação do resíduo de mármore e granito.

Gráfico 8 Quantidade de trabalhos de acordo com as propriedades estudada no concreto.



Fonte: Os Autores (2019)

4.1 Resistência à compressão axial

A resistência à compressão axial, com a adição de resíduo de corte de granito, e concluíram que os concretos com 10% de adição de resíduo de corte de granito obtiveram um ganho médio de 8%, enquanto para os concretos com adição de 20% houve um aumento de 19,6% em relação ao concreto de referência⁽¹⁹⁾.

Misturas de concretos foram produzidas com substituição de 5%, 10% e 20% do resíduo de beneficiamento de mármore e granito no cimento. Os resultados mostraram que a resistência à compressão do concreto diminuiu com os teores de substituição em 10% e 20%, porém com 5% de substituição não houve variações significativas⁽²⁰⁾.

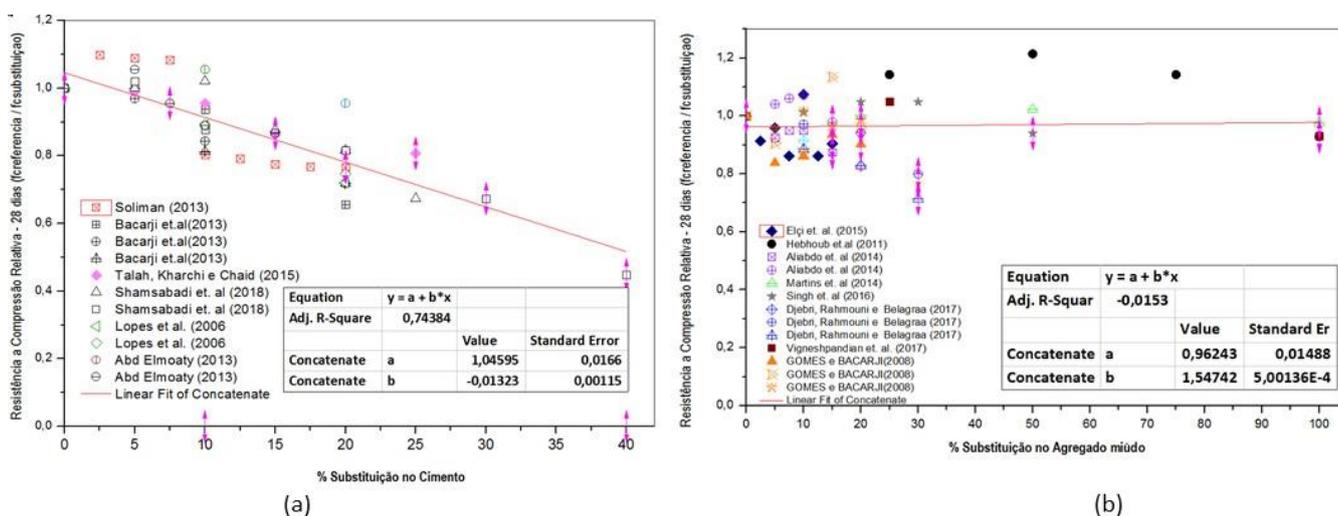
Segundo⁽²²⁾ obtiveram resultados para resistência a compressão em relação a substituição do agregado miúdo por resíduo de mármore, e concluiu que houve diminuição, em todas as idades de cura, quando comparada ao concreto de referência.



Os gráficos 9 e 10 para cada um dos ensaios selecionados, originou-se uma curva de dispersão no software origin, no qual cada ponto representou um valor encontrado por determinado(s) autor(es), sendo a coordenada abscissa correspondente a porcentagem de resíduo utilizado no concreto, já a coordenada ordenada representa o valor relativo da propriedade estudada, isto é, os valores encontrados com a substituição, por cada autor em relação aos valores dos corpos de prova de referência ou controle de cada autor. Esses gráficos serviram como base para as discussões presentes nos resultados.

No Gráficos 9(a) percebe-se que o uso do resíduo de mármore e granito no concreto convencional em substituição do cimento em relação a resistência à compressão é comparado com base em diferentes estudos. Os resultados sugeriram que a relação da resistência de referência com 0% de substituição no cimento(f_{cr}/f_{cs}) até o percentual de 10% não ocorreu variação, a partir de 10% e 20% de substituição percebesse um decrescimento em torno de 10% a 20% da relação f_{cr}/f_{cs} , respectivamente. Percebeu-se ainda que a maioria dos pesquisadores realizou um estudo até um teor de 20% de substituição no cimento. Em relação a substituição no agregado miúdo (Gráfico 9(b)) percebeu-se que até o percentual de 10% não ocorreu grandes variações, a partir de 20% a 30% de substituição percebesse um decrescimento em torno de 20% da relação f_{cr}/f_{cs} .

Gráfico 9 Relação da resistência a compressão axial relativa do concreto convencional com o uso do resíduo mármore e granito no concreto.

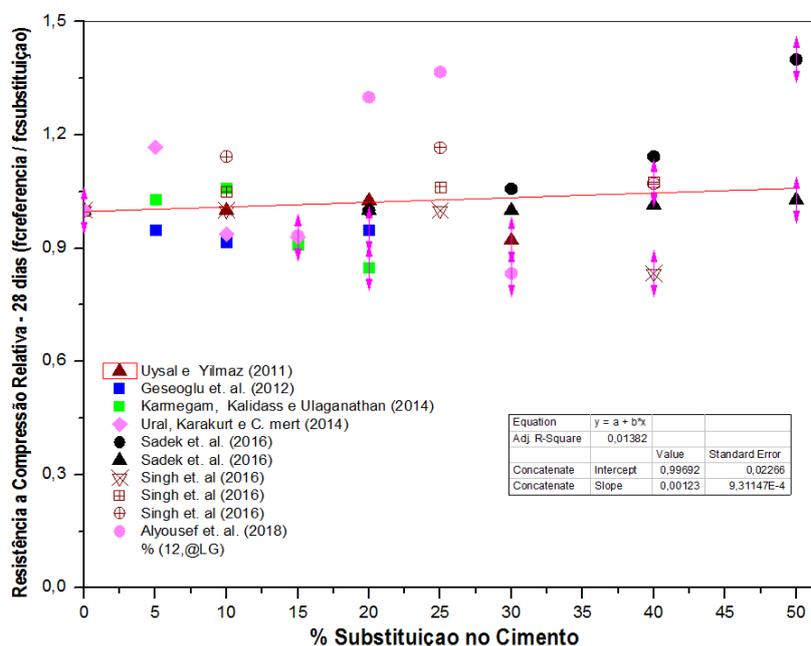


Em relação a análise de regressão realizada conforme Gráfico 8, percebeu-se que na substituição do resíduo no cimento o $R^2 = 0,74384$ (correlação boa) e mostrando que até 10% de substituição do resíduo com o cimento é significativo, enquanto que na substituição do resíduo pelo agregado miúdo obteve-se uma péssima correlação, no qual tem uma tendência a existir divergências entre as pesquisas analisadas.



Em relação a concreto auto adensável só foi avaliado quando o resíduo foi substituindo no cimento. Percebe-se no Gráfico 10 que os principais estudos observaram um ganho na resistência a compressão quando substituído até 50%. Em alguns estudos (embora poucos), o valor foi observado que em 10% ocorreu um decréscimo da resistência a compressão em relação a de referência, observando que não existe um consenso nas pesquisas estudadas, por ter valores relativos superiores e inferiores a referência relativa.

Gráfico 10 Relação da resistência a compressão axial relativa no concreto auto adensável com o uso do resíduo mármore e granito em substituição ao cimento.



Fonte: Os Autores (2019)

4.2 Resistência à tração por compressão diametral

Os concretos com 10% de adição de resíduo de granito apresentaram melhor comportamento da resistência à tração por compressão diametral, em relação ao concreto de referência. No concreto com 20% de adição, houve uma redução⁽¹⁹⁾.

A resistência a tração por compressão diametral com os teores de 5% e 10% não houve variação significativa⁽²¹⁾.

Os pesquisadores ⁽²⁴⁾ descreveram que para a resistência à tração por compressão diametral, os traços mais pobres, com relação 1:6,5, apresentaram maior resistência com a adição de resíduos.

Segundo os pesquisadores ⁽²²⁾ o resíduo de mármore, com teor de substituição de 10%, promoveu melhorias na resistência à tração por compressão diametral do concreto.



4.3 Resistência à tração na flexão

Conforme ⁽¹⁹⁾ os concretos com adição de 10% e 20% de resíduo de granito apresentaram um comportamento semelhante na resistência à tração na flexão em relação ao concreto de referência.

Segundo os pesquisadores ⁽²⁵⁾ os resultados obtidos melhoraram a resistência a tração na flexão com a utilização do mármore triturado, especialmente para a granulometria ótima.

Os pesquisadores ⁽¹⁵⁾ investigaram o uso combinado de mármore, granito e escória de alto forno é um substituto adequado para o agregado convencional. Os valores de resistência à tração na flexão para todos os concretos com resíduo foram superiores comparado-se com o concreto convencional.

4.4 Modulo de elasticidade

De acordo com os resultados o maior módulo elástico estático foi obtido com a adição de 20% em substituição ao cimento e o maior módulo elástico dinâmico foi obtido com a adição de 10%. Em geral, o aumento das taxas de substituição de aditivos minerais diminuiu os módulos de elasticidade estáticos e dinâmicos ⁽²⁶⁾.

Conforme estudos realizados ⁽²⁶⁾ foi observado que os concretos com rejeito de mármore triturado apresentam maior módulo de elasticidade e coeficiente de poisson que os concretos com agregado miúdo.

4.5 Propriedades Reológicas

A influência do pó de mármore nas propriedades reológicas de pastas de cimento para prever o efeito de sua adição em misturas de concreto auto adensáveis foi investigado e devido à sua finura bastante elevada, a adição de pó de mármore é eficaz em assegurar uma coesão muito boa em argamassa e concreto, desde que a a/c seja o inferior a 0,5 ⁽²⁷⁾.

4.6 Parâmetros de Durabilidade

A influência foi avaliada na substituição de agregados graúdos convencionais por agregados graúdos de mármore nas proporções de 20%, 50% e 100%. Em termos de durabilidade, foi demonstrado que o agregado graúdo de mármore produz concretos com características semelhantes às aquelas feitas com agregados graúdos de basalto, calcário e granito ⁽²⁸⁾.

Os efeitos do resíduo de mármore ⁽¹⁾ em algumas propriedades de durabilidade avaliaram, como absorção de água e permeabilidade, penetração de cloretos, carbonatação, ataque por sulfatos, resistência à abrasão, e por último desempenho em alta temperatura e ciclos de congelamento e



descongelamento do concreto convencional ou auto adensável. Constatou que o uso do resíduo de mármore no concreto convencional ou auto adensável como aditivos minerais ou agregado miúdo/gráuado afetaram positivamente as propriedades de durabilidade do concreto.

4.7 Penetração de Cloretos

Segundo os pesquisadores ⁽¹⁹⁾ concluíram que devido a presença do resíduo de corte de granito, criou-se uma barreira física e assim houve maior dificuldade na penetração dos íons cloretos na matriz.

A influência do pó de mármore foi estudado como substituto parcial do cimento Portland. Notou-se que a adição conferiu uma grande potência de nucleação e contribuiu efetivamente para a redução da penetração do íons cloreto e permeabilidade ao oxigênio⁽³⁰⁾.

4.8 Potencial de corrosão

Uma investigação experimental sobre a resistência à corrosão do concreto modificado com pó de granito com o uso de 5,0% de pó de granito aumentou o tempo de corrosão e não se observou redução significativa no tempo de fissuração no conteúdo com pó de granito superior a 5,0%⁽³¹⁾.

4.9 Resistividade do concreto

A resistividade elétrica volumétrica e superficial dos concretos foram analisadas e para ambas comprovaram que tanto a adição da lama de marmoraria no concreto quanto a substituição do cimento pelo pó da lama não aumentaram as resistividades elétrica, sendo que para a volumétrica a dosagem com substituição de 20% e apresentou menor valor de resistividade elétrica se comparado a dosagem de referência. ⁽²³⁾

4.10 Profundidade de carbonatação

Segundo estudos que avaliaram a adição de resíduo de corte de mármore e granito ao concreto auto adensável a propagação da carbonatação apresentou um desempenho 6 % melhor que a do concreto de referência e 18% melhor que concreto com aditivo inibidor de corrosão composto⁽³²⁾.

De acordo com estudos que produziram concretos com agregados obtidos a partir de resíduos de mármore. O resultado de carbonatação no concreto contendo agregado de mármore mostrou quase a mesma tendência do concreto convencional⁽³³⁾.

4.11 Microestrutura



De acordo com estudos que investigaram a aplicabilidade do resíduo de mármore e granito como alternativa sustentável para substituição do cimento⁽³⁴⁾. A análise de difração de raios-X mostrou uma natureza cristalina e uma reatividade não-pozolânica para o resíduo de mármore e granito.

Estudos realizados em amostras de pasta de cimento com 0%, 7,5% e 15,0% de pó de granito como substituto do cimento⁽³¹⁾. Mostraram a alta porcentagem de quartzo em pastas de cimento modificadas com pó de granito e na análise do MEV mostraram que não há alterações significativas entre as pastas de cimento com e sem pó de granito.

Os efeitos do volume da pasta cimento com pó de mármore sobre a reologia no estado fresco e as propriedades endurecidas (resistência à compressão) do concreto autoadensável por meio de uma análise microestrutural em amostras de pastas com diferentes quantidades de pó de mármore foram estudado⁽³⁶⁾ em ensaios microscópio eletrônico de varredura (MEV) e difração de raios-X (DRX) na pasta.

5. CONCLUSÕES

Constatou-se em todos os textos a importância do tema ao relatar o grave problema da geração de resíduos no setor de rochas ornamentais em vários países assim como o grande potencial do setor industrial da construção civil em incluir esse resíduo nos seus processos produtivos.

A utilização do resíduo de mármore e granito como material de construção em substituição ao cimento e aos agregados tem sido extensivamente estudados nos últimos anos para ser utilizado no concreto. A revisão da literatura sugere que o resíduo de mármore e granito pode ser um substituto eficaz em materiais de construção convencionais em substituição ao cimento com resultados satisfatórios até o teor de incorporação de 20% e em substituição ao agregado miúdo de 10% .

Existem lacunas do conhecimento em algumas propriedades do concreto com o uso do resíduo de mármore e granito, no qual precisam ser analisadas como as propriedades reológicas, térmicas e análises de microestrutura. Os parâmetros de durabilidade mais analisados são porosidade e absorção de água. As análises feitas sobre ataques por sulfatos, penetração de íons cloretos e carbonatação necessitam de aprofundamento através de ensaios menos agressivos (reduzindo-se a concentração da solução e ampliando-se o tempo de observação). Os ensaios de permeabilidade ao oxigênio, desempenho em altas temperaturas e ciclos de congelamento e descongelamento foram pouco estudados.



Em relação aos trabalhos estudados, a utilização do resíduo de mármore e granito proporcionou ao concreto uma resistência a compressão axial adequada quando substituído em teores de até 20% no cimento com uma boa correlação entre os dados estudados para um teor de 10% e até 10% em relação aos agregados miúdos, porém sem uma boa correlação entre os dados pesquisados, existindo assim uma lacuna para ser estudada.

Dentre os parâmetros mecânicos estudados o módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson precisam ser mais pesquisados. Um estudo da avaliação de ciclo de vida necessita ser realizados em diferentes cenários geográficos e de aplicação.

A interação da utilização do resíduo de mármore e granito com outras adições foram menos exploradas, destacando-se para as adições cinza volante, pedra calcária e escória de alto forno.

6. REFERÊNCIAS

1. ULUBEYLI, G. C.; BILIR, T.; ARTIR, R. **Durability properties of concrete produced by marble waste as aggregate or mineral additives**. Procedia engineering, v. 161, p. 543-548, 2016.
2. SOUZA, D. V. D., VIDAL, F. W. H., e CASTRO, N. F.. **Estudo comparativo da utilização de teares multilâmina e multifio no beneficiamento de rochas ornamentais**. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, Anais. Rio de Janeiro: CETEM, 2012
3. MONTANI, CARLO. **XXIX Rapporto marmo e pietre nel mondo 2018**. Carrara (Itália): Aldus Casa di Edizione, In Carrara, 2018. 326 p. 2 v.
4. DEMIREL, B e ALYAMAÇ, K, E. **Waste marble powder/dust**. In: Waste and Supplementary Cementitious Materials in Concrete. 2018. p. 181-197.
5. Babisk, M. P., Vidal, F. W. H., Ribeiro, W. S., Aguiar, M. C., Gadioli, M. C. B., & Vieira, C. M. F.. **Incorporação de resíduo de quartzitos em cerâmica vermelha**. *HOLOS*, 6. (2012).
6. GIORI, A.J.N. **Influência da variabilidade composicional dos resíduos de rochas ornamentais em propriedades físicas e microestruturais de cerâmica vermelha**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, 2018.
7. TORRES, P., FERNANDES, H. R., AGATHOPOULOS, S., TULYAGANOV, D. U. e FERREIRA, J. M. F. **Incorporation of granite cutting sludge in industrial porcelain tile formulations**. Journal of the European Ceramic Society, v. 24, n. 10-11, p. 3177-3185, 2004.
8. BABISK, M. P.. **Desenvolvimento de vidros sodo-cálcicos a partir de resíduos de rochas ornamentais**. *Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, RJ*, v. 90, 2009.
9. ALVES, J.O. **Processo de reciclagem de escória de aciaria e do resíduo de corte de granito visando a produção de lâ mineral**. 2008. 100 f. il. Dissertação (Mestrado) – REDEMAT. Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais (Brasil).
10. ALLAM, M. E., BAKHOUM, E. S., EZZ, H., e GARAS, G. L. **Influence of using granite waste on the mechanical properties of green concrete**. ARPN J EngApplSci, v. 11, n. 5, p. 2805-2811, 2016.



11. DJEBRI, N; RAHMOUNI, Z. E., BELAGRAA, L. **Experimental Investigation on the Effect of Marble powder on the performance of Self-Compacting Concrete (SCC)**. *Mining Science*, v. 24, 2017.
12. ASADI SHAMSABADI, E., GHALEHNOVI, M., DE BRITO, J. e KHODABAKHSHIAN, A. **Performance of Concrete with Waste Granite Powder: The Effect of Superplasticizers**. *Applied Sciences*, v. 8, n. 10, p. 1808, 2018..
13. ALIABDO, A. A., ELMOATY, A. E. M. A. e AUDA, E. M. **Re-use of waste marble dust in the production of cement and concrete**. *Construction and building materials*, v. 50, p. 28-41, 2014.
14. VIGNESH PANDIAN, G. V. et al. **Utilisation of Waste Marble Dust as Fine Aggregate in Concrete**. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2017. p. 012007
15. BINICI, Hanifi; AKSOGAN, Orhan. **Durability of concrete made with natural granular granite, silica sand and powders of waste marble and basalt as fine aggregate**. *Journal of Building Engineering*, v. 19, p. 109-121, 2018.
16. ELÇI, H., TÜRK, N. e İŞINTEK, İ. **Limestone dimension stone quarry waste properties for concrete in Western Turkey**. *Arabian Journal of Geosciences*, v. 8, n. 10, p. 8951-8961, 2015.
17. AREL, H. Ş. **Recyclability of waste marble in concrete production**. *Journal of Cleaner Production*, v. 131, p. 179-188, 2016.
18. ENSSLIN, L., GIFFHORN, E., ENSSLIN, S. R., PETRI, S. M., e VIANNA, W. B.. **Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão-construtivista**. *Pesquisa Operacional*, v. 30, n. 1, p. 125-152, 2010.
19. GONÇALVES, J. P.; MOURA, W. A.; DAL MOLIN, C. D. **Avaliação da influência da utilização do resíduo de corte de granito (RCG), como adição, em propriedades mecânicas do concreto**. *Revista Ambiente Construído*. v. 2, n. 1, p. 53-68, 2002.
20. LOPES, J.L.M.P.; BACARJI, E.; FIGUEIREDO, E.P.; RÊGO, J.H.S. **Influence of the Marble and Granite Benefication of Residue (MGBR) as filler on the properties of concrete**. *American Concrete Institute*. 2008.
21. DEGEN, M. K; VIEIRA, G. L.; CALMON, J. L.; ULIANA, J. G.; BASTOS, R. S. **Concretos produzidos com resíduos provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais como substituto parcial de cimento**. *Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto*. IBRACON. 2013.
22. MATIAS, M. A. P.; BEZERRA, L. E. F.; MENDONÇA, A. M. G. D. **Estudo das propriedades físicas e mecânicas do concreto produzido com agregado reciclado**. III CONAPESC. Campina Grande, 2018.
23. ARAÚJO, F. M.; COSTA, J. M.; CHAHUD, E.; JUNIOR, D.P. **Estudo da resistividade elétrica em concretos com resíduo de lama de marmoraria**. *Revista Construindo*, 2018. v. 10. P 30 - 45.
24. PETRY, N. S.; DELONGUI, L.; MULLER, A. L.; MASUERO, A. B.; DAL MOLIN, D. C. C. **Avaliação do uso de resíduos de marmoraria na produção de concretos**. *Revista de Arquitetura IMED*, 2017.
25. COURA, C. V. G.; **Análise experimental sobre a substituição do agregado miúdo por mármore triturado na confecção de concreto**. Tese. (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal Fluminense, 2009.



26. UYSAL, Mucteba; YILMAZ, Kemalettin. **Effect of mineral admixtures on properties of self-compacting concrete.** Cement and Concrete Composites, v. 33, n. 7, p. 771-776, 2011.
27. CORINALDESI, V.; MORICONI, G.; NAIK, T.R. **Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete.** Construction and Building Materials, 2010.
28. ANDRÉ, A.; BRITO, J.; ROSA, A.; PEDRO, D. **Durability performance of concrete incorporating coarse aggregates from marble industry waste.** Journal of Cleaner Production, 2014.
29. VIJAYALAKSHMI, M.; SEKAR, A. S. S.; PRABHU, G. G. **Strength and durability properties of concrete made with granite industry waste.** Construction and Building Materials, 2013.
30. TALAH, A.; KHARCHI, F.; CHAID, R. **Influence of Marble Powder on High Performance Concrete Behavior.** 1st International Conference on Structural Integrity (ICSI), 2015.
31. ABD ELMOATY, A.E.M. **Mechanical properties and corrosion resistance of concrete modified with granite dust.** Construction and Building Materials, 2013.
32. BARROS, P. G. S.; **Avaliação das propriedades de durabilidade do concreto auto adensável obtido com resíduo de corte de mármore e granito.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2008.
33. KORE, Sudarshan D.; VYAS, A. K. **Impact of marble waste as coarse aggregate on properties of lean cement concrete.** Case Studies in Construction Materials, v. 4, p. 85-92, 2016.
34. BACARJI, E; TOLEDO, R.D.; KOENDERS, E.A.B.; FIGUEIREDO, E.P.; LOPES, J.L.M.P. **Sustainability perspective of marble and granite residues as concrete fillers.** Construction and Building Materials, 2013.
35. KARMEGAM, A.; KALIDASS, A.; ULAGANATHAN, D. **Utilization of granite sawing waste in self compacting concrete.** Materials Research-Ibero-American Journal of Materials, 2014.
36. ALYOUSEF, R.; BENJEDDOU, O.; KHADIMALLAH, M. A.; MOHAMED, A. M., & SOUSSI, C. (2018). **Study of the Effects of Marble Powder Amount on the Self-Compacting Concretes Properties by Microstructure Analysis on Cement-Marble Powder Pastes.** Advances in Civil Engineering, 2018.