



AVALIAÇÃO DO USO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM PRODUTOS DE MATRIZ CIMENTÍCIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Giulia Costa Ghirardi¹; Luara Batalha Vieira²; Larissa da Silva Paes Cardoso³; Edna dos Santos Almeida⁴

¹ Senai - Cimatec; Salvador/BA; costa_giulia@hotmail.com

² Senai – Cimatec; Salvador/BA

³ Senai – Cimatec; Salvador/BA

⁴ Senai – Cimatec; Salvador/BA

Resumo: O reaproveitamento de resíduo sólido, é uma responsabilidade de todas as indústrias. Desta forma, este trabalho analisa as contribuições das pesquisas produzidas acerca do uso de resíduos da indústria de Rochas Ornamentais em produtos de matriz cimentícia para construção civil. Essa análise foi feita através de uma revisão sistemática da literatura nas bases de dados, ScienceDirect e Portal de Periódicos Capes. O estudo permitiu concluir que o uso de resíduos da indústria de Rochas Ornamentais em produtos de matriz cimentícia é possível, pois a composição química do resíduo é similar à das matérias-primas já usadas tradicionalmente, desde que observados os teores de incorporação. Contudo, é necessário que novas pesquisas sejam feitas para verificar a possibilidade de incorporar um teor maior de resíduos nos produtos, sem comprometimento técnico.

Palavras-Chave: Resíduo de mármore; Resíduo de granito; Rocha ornamental; Materiais cimentícios;

EVALUATION OF THE USE OF ORNAMENTAL ROCK INDUSTRY WASTE IN CIMENTITIOUS MATRIX PRODUCTS: A SYSTEMATIC REVIEW

Abstract: The reuse of solid waste is a responsibility of all industries. In this way, this work analyzes the contributions of the researches produced about the use of Ornamental Stones industry residues in cementitious matrix products for civil construction. This analysis was made through a systematic literature review in the databases ScienceDirect and Portal Capes Journals. The study concluded that the use of ornamental stone industry residues in cementitious matrix products is possible because the chemical composition of the waste is similar to that of traditionally used raw materials, provided that the incorporation levels are observed. However, further research is needed to verify the possibility of incorporating a higher residue content into the products without technical compromise.

Keywords: Marble waste; Granite waste; Ornamental rock; Cementitious materials;



1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das indústrias propulsoras do desenvolvimento econômico do país, gerando emprego e movimentando o mercado financeiro. Entretanto, essa indústria utiliza grandes quantidades de matéria-prima proveniente de jazida natural e esses materiais utilizados são não renováveis e, portanto, finitos. Neste contexto, conforme informa o Departamento Nacional de Produção Mineral, a produção de argamassa é responsável pelo maior consumo de agregados (areia e brita), já a produção de concreto usinado consome 25% de areia utilizada para a construção civil e 17% de brita [1].

Além do consumo de recursos naturais, esta produção está atrelada a um passivo ambiental, pois a atividade de mineração da areia (um dos insumos da argamassa), por exemplo, pode causar danos ambientais, tais como, alteração dos cursos d'água; assoreamento e desmatamento; descaracterização do relevo [2].

Diante deste cenário, é preciso analisar a indústria da Construção Civil e os materiais demandados pela mesma para buscar soluções alternativas que poupem o uso de matéria-prima natural, nos ciclos produtivos. Neste sentido, a Política Nacional de Resíduos Sólidos prevê a reutilização de resíduos como matéria-prima, através do instrumento da logística reversa, que responsabiliza de forma compartilhada os geradores de resíduos (fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes e consumidores em todo o ciclo de vida do produto) e estabelece procedimentos e meios que viabilizam a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, visando uma destinação final ambientalmente adequada [3].

Neste contexto, cabe a análise do caso da indústria de Rochas Ornamentais. Esta é fornecedora de insumo para construção civil e responde por uma grande produção de materiais rochosos naturais para ornamentação. Essa produção gera um alto volume de resíduo e diante desta problemática, a reinserção do resíduo de mármore e granito na cadeia produtiva da construção civil pode ser uma solução alternativa para mitigar esse passivo ambiental.

Para que se tenha uma dimensão deste passivo, a produção brasileira de peças de mármore e granito na indústria de Rochas Ornamentais, segundo Chiodi Filho [4], foi estimada em 2017, em 9,2 milhões de toneladas. Este processo produtivo é composto por algumas fases: extração do maciço rochoso (lavra), beneficiamento primário, beneficiamento secundário e beneficiamento terciário. Em todas essas etapas são gerados resíduos em forma de pedra, pó e/ou lama. Segundo Sant'ana e Gadioli [5], estima-se que no Brasil foram geradas mais de 22 milhões de toneladas de resíduo de rochas ornamentais em 2012.

Desta forma, o desenvolvimento de produtos de matriz cimentícia, utilizando resíduos industriais, como os provenientes da indústria de Rochas Ornamentais, é de grande interesse tanto para o setor empresarial, como para a sociedade. Por isso, alguns estudos [6-11] vêm sendo desenvolvidos para avaliar o potencial da aplicação desses resíduos na construção civil e esses estudos justificam-se porque a reciclagem de resíduos da indústria de Rochas Ornamentais para produção de produtos de matriz cimentícia tem o potencial para proporcionar um ganho econômico tanto para a



construção civil, como para o a indústria de Rochas Ornamentais, além do evidente benefício ambiental, tanto pela diminuição do depósito de resíduos gerados, quanto pela preservação dos recursos naturais.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar as contribuições das pesquisas produzidas acerca do uso de resíduos da indústria de Rochas Ornamentais em produtos de matriz cimentícia, com vistas a aplicação desse resíduo na construção civil.

3. METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido por meio de uma pesquisa da literatura e contemplou aspectos relacionados ao uso de resíduos da indústria de Rochas Ornamentais em produtos de matriz cimentícia.

A construção deste estudo passou pelas seguintes etapas: identificação do objeto de estudo; identificação das bases de dados a serem consultadas; definição dos descritores; definição dos critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos; análise e avaliação de todos os estudos incluídos na revisão; produção de uma síntese das informações e resultados encontrados; e apresentação da revisão.

Os trabalhos foram pesquisados nas seguintes bases de dados: ScienceDirect e Portal de Periódicos Capes. Os descritores utilizados foram os seguintes: *Waste; marble; Mortar; Cement; Concrete; Cementitious matrix product; Experimental; Recycled aggregate; Marble Powder*.

Os critérios de inclusão das publicações foram: artigos, livros, teses e dissertações, que abordavam a temática do uso de resíduos da indústria de Rochas Ornamentais em produtos de matriz cimentícia, publicados entre o período de 2006 a 2019, em inglês e/ou português e artigos disponibilizados na íntegra. Foram excluídos todos os trabalhos publicados fora do período e dos idiomas definidos, e os artigos com disponibilidade apenas mediante pagamento. A busca foi realizada através do acesso *online*, nos meses de Fevereiro, Março, Abril, Maio, Junho e Julho deste ano de 2019.

Os descritores foram combinados de seis maneiras distintas, e foi utilizado o conectivo *and*. A seleção dos artigos foi feita primeiramente pelo título dos trabalhos, sendo incluídos trabalhos cujos títulos se referiam com o tema. A seguir, pelo resumo, em que foram excluídos aqueles que não contribuiriam muito para a revisão.

As seis combinações dos descritores utilizadas foram as seguintes: Mortar and Marble powder; Waste and Cementitious matrix product and Marble; Waste and Mortar and Marble and Recycled aggregate; Waste and Mortar and Concrete and Cement and Marble and Experimental; Waste and Mortar and Concrete and Cement and Marble and Experimental.



Foram encontrados 511 trabalhos, desses 10 foram repetidos, 4 estavam disponíveis apenas mediante pagamento. Pelo critério da aderência do título ao tema foram incluídos 25 trabalhos. Após a leitura dos resumos foram excluídos sete trabalhos, resultando nos 18 trabalhos que compõem esta revisão sistemática.

Dos 18 estudos incluídos na revisão sistemática, 16 são artigos científicos, uma dissertação de mestrado e um livro. Dentre os autores estudados, K.I. Syed Ahmed Kabeer e Ashok Kumar Vyas, destacam-se por ter o maior número de trabalhos publicados juntos, dentre os selecionados na revisão, totalizando três artigos científicos dos referidos autores. Os trabalhos encontrados avaliaram o uso desses resíduos em argamassas, concretos e cimentos. Não foram encontrados trabalhos que avaliassem o uso desses resíduos em blocos.

Primeiramente foi analisada a composição química desses resíduos baseados nos trabalhos escolhidos, a fim de se verificar a compatibilidade química desses resíduos com as matérias-primas já usadas para fabricação dos produtos de matriz cimentícia. Depois os artigos foram separados de acordo com o produto de matriz cimentícia que era trabalhado (argamassa, cimento ou concreto), para melhor análise dos dados. Foi analisado o teor de resíduo incorporado e as lacunas dos trabalhos atuais.

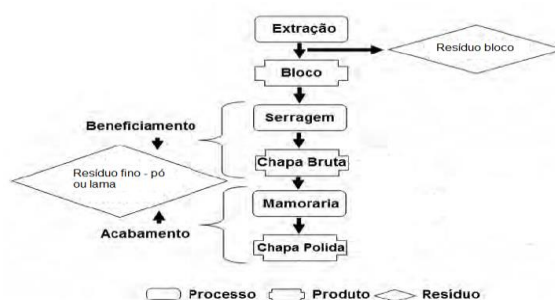
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características dos resíduos da indústria de Rochas Ornamentais

Com base na literatura analisada, os resíduos gerados durante a produção de peças para ornamentação são classificados como não perigosos pertencentes à classe II A, estabelecida pela NBR 10.004 [12]. Os resultados mostraram que há um predomínio de óxido de cálcio, CaO , nesses resíduos, na maioria dos estudos. Contudo, o teor de cada elemento, está ligado a uma série de fatores, inclusive ao método utilizado para serrar os blocos, já que existem empresas que utilizam cal, gralha e água e outras que utilizam apenas água [13, 14].

Os estudos encontrados trabalharam com resíduo da fase de serragem, polimento e/ou acabamento. A Figura 1 descreve os processos de produção de peças de mármore e granito para ornamentação, na primeira fase, de extração, os resíduos gerados são blocos com volume de até 10 m^3 , nas outras fases o resíduo é gerado em forma de lama e/ou pó.

Figura 1 – Processo de produção da indústria de Rochas Ornamentais





Fonte: Adaptado de Campos *et al.* [13]

A composição química desses resíduos está diretamente ligada à rocha que se originaram. As rochas ornamentais podem ser sedimentares, metamórficas ou ígneas. Os granitos originam-se, de rochas ígneas, as quais são formadas por proporções variáveis de minerais silicáticos (feldspatos, micas, anfibólios) e alto teor de sílica (SiO_2). Já os mármore originam-se de rochas metamórficas, podendo ter na sua composição um predomínio de carbonato de cálcio e/ou dolomita. Alguns desses elementos podem reagir com os álcalis existentes na pasta de cimento Portland [15, 16].

A comparação da composição química dos resíduos da indústria de Rochas Ornamentais de alguns dos trabalhos analisados está detalhada na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química do resíduo da indústria de Rochas Ornamentais

COMPOSTO	R1(%)	R2(%)	R3(%)	R4(%)	R5(%)	R6(%)	R7(%)
SiO_2	1,57	37,6	3,75	5,2	8,38	4,66	0,04
CaO	32,19	17,7	33,12	-	41,83	28,67	55,52
MgO	19,85	8,21	17,91	-	10,36	22,3	0,32
Al_2O_3	0,18	9,04	Traços	-	0,67	0,21	0,01
Fe_2O_3	1,18	4,89	0,13	-	0,65	0,49	-
TiO_2	-	0,78	-	-	-	-	-
P_2O_5	-	0,33	-	-	-	-	0,01
Na_2O	-	1,79	-	-	0,6	0,06	0,07
K_2O	-	2,5	-	-	0,07	0,05	0,01
MnO	-	0,07	-	-	-	-	-
SO_3	-	-	-	-	0,33	-	-
BaO	-	-	-	-	-	-	-
Carbonato de cálcio	-	-	-	56,2	-	-	-
Dolomita	-	-	-	38,5	-	-	-
Perda ao fogo	-	17,29	45,07	-	-	43,7	43,33

Fonte: [11, 6, 7, 10, 17, 18, 19]

Em relação à granulometria, os resíduos das fases de beneficiamento e acabamento da indústria de Rochas Ornamentais, são bastante finos, o que pode fazer com que eles hajam como *filler* nos produtos de matriz cimentícia, fazendo com que tenha um melhor empacotamento das partículas e tamponamento dos poros [6, 8, 9].

4.1 Características da argamassa contendo resíduos da indústria de Rochas Ornamentais

Dos 18 trabalhos que compõem essa revisão sistemática, oito analisaram a incorporação de resíduos da indústria de Rochas Ornamentais em argamassas.

As argamassas produzidas com incremento de resíduos das fases de beneficiamento e acabamento, da indústria de Rochas ornamentais à mistura, no estado fresco, apresentaram maior coesão e consistência, em relação às argamassas de referência [6, 7]. Dois estudos mostraram que para atingir níveis de trabalhabilidade satisfatórios, foi necessário menor incremento de água, para teores em torno de 20% de incorporação de resíduo nas argamassas [10, 11].



Em relação às características analisadas no estado endurecido, as argamassas com incorporação de resíduo da indústria de Rochas Ornamentais absorvem mais água, devido ao aumento do teor de finos à mistura [10, 11, 21].

Em relação às resistências mecânicas, os resultados não apresentaram uma tendência. Em alguns estudos [6, 7, 14, 21], os melhores resultados para resistência à compressão foram apresentados pelos traços com teores mais baixos de incorporação. Já em outros trabalhos [10, 11], teores com até 60% de incorporação de resíduo de mármore, apresentaram resultados de resistência equivalente aos apresentados pelas argamassas tradicionais. Essas variações nos valores de resistência mecânica podem estar ligadas ao aumento de absorção de água, que abaixa o valor de a/c (relação água/cimento) [14].

A durabilidade dessas argamassas foi avaliada por dois autores [10, 20], e é uma característica importante de se avaliar, pois a adição deste resíduo à mistura pode provocar uma reação tardia dos silicatos (reações álcali-silicatos), e isso pode gerar uma reação expansiva na argamassa, resultando em fissuras [6]. Os estudos mostraram que incorporação de até 30% de resíduo é viável tecnicamente no que diz respeito à durabilidade.

4.2 Características do cimento contendo resíduos da indústria de Rochas Ornamentais

Apenas dois trabalhos [19, 22], avaliaram o uso de resíduo da indústria de Rochas Ornamentais em cimento, e eles atestaram que os valores de resistência mecânica decaem com o aumento da incorporação do resíduo. Teores mais baixos de incorporação, resultam em valores de resistência mais próximos dos valores de referência. Isso pode estar ligado ao aumento da porosidade dos cimentos com a incorporação do resíduo, além da formação da zona de transição interfacial, que segundo Nežerka *et al.* [22], contribui de forma negativa à resistência do cimento.

De acordo com Ruiz-Sánchez [19], é viável o uso de resíduo da indústria de Rochas Ornamentais em cimento, devido à compatibilidade química que o mesmo possui em relação à matéria-prima empregada tradicionalmente em cimento, e segundo esse autor o teor ideal de incorporação é de 10%.

O uso desse resíduo em cimento, entretanto, deve ser melhor estudado, pois teores elevados desse resíduo à mistura podem causar reações de expansão no cimento e posterior fissuração no concreto. Isso pode ocorrer devido à reação álcali-agregado no cimento, em consequência da presença de óxido de sódio (Na_2O) e também devido à hidratação tardia do óxido de magnésio (MgO), ambos encontrados na composição química do resíduo da indústria de Rochas Ornamentais [15].

4.3 Características do concreto contendo resíduos da indústria de Rochas Ornamentais

Dos 18 trabalhos que compõem essa revisão sistemática, oito analisaram a incorporação de resíduos da indústria de Rochas Ornamentais em concretos.

Em relação à trabalhabilidade dos concretos com resíduos da indústria de Rochas Ornamentais, a literatura mostra que o aumento do incremento de resíduo à



mistura, diminui a trabalhabilidade do concreto. Isso pode estar relacionado à elevada finura do resíduo [17,18, 22].

Em relação aos valores de resistência à compressão, na maioria dos estudos analisados [17, 22, 23], teores de incorporação em torno de 15% de resíduo no concreto, apresentaram altos valores de resistência à compressão, e de acordo com Ashish [17], esses resultados positivos podem ser explicados pela reação da sílica presente no resíduo de mármore, com o hidróxido de cálcio, resultando em um aumento na resistência à compressão do concreto.

No estudo de Vardhan [18], foi possível a incorporação de até 40% de resíduo no concreto, o que resultou em valores satisfatórios de resistência à compressão. O autor atribui isso ao melhor efeito de enchimento proporcionado pelo resíduo de mármore, devido à elevada finura.

5. CONCLUSÃO

Os trabalhos analisados mostraram que os resíduos provenientes da indústria de Rochas Ornamentais têm composição química compatível com as matérias-primas tradicionalmente usadas em produtos à base de cimento. Dentre os estudos analisados nesta revisão, não há um consenso, em relação ao teor ótimo de incremento do resíduo nos produtos. Alguns estudos mostraram, entretanto, que incorporações de teores mais baixos (até 15%) resultam em melhoria de algumas propriedades das argamassas, cimentos e concretos produzidos com esse resíduo.

Desta forma, observa-se que a pesquisa nessa área ainda não está consolidada. São necessários estudos para elaboração e aperfeiçoamento do traço, a fim de se buscar um valor ótimo de incorporação; influência do teor de óxido de magnésio e de sódio dos resíduos na resistência mecânica das argamassas e concretos; e avaliação do uso de algum tipo de aditivo ou algum produto similar, para que se possa incorporar maiores teores de resíduos da indústria de Rochas Ornamentais em produtos de matriz cimentícia.

6. REFERÊNCIAS

¹ Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário mineral**. Coordenadores: Thiers Muniz Lima e Carlos Augusto Ramos Neves. Brasília: DNPM, 2014

² PEREIRA JUNIOR, Antonio; LIMA, Natalia Caroline Alves de. avaliação qualitativa dos impactos ambientais durante o processo produtivo da mineração de areia no rio Xingú. Altamira-PA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p.230-259, 27 abr. 2018. Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018230-259>.

³ BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**: institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010.

⁴ CHIODI FILHO, Cid. **O setor brasileiro de rochas ornamentais**. 2018. ABIROCHAS. Disponível em: <http://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2018/06/abinoticias/Setor_de_Rochas_Ornamentais.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2019.

⁵ SANT'ANA, Maria Angélica Kramer; GADIOLI, Mônica Castoldi Borlini. **Estudo da viabilidade técnica da utilização de resíduos de rochas em massas cerâmicas**. 2018. CETEM. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2225/1/STA-104.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2019.



- ⁶ APOLINÁRIO, Elenice Carmo de Abreu. **Influência da adição do resíduo proveniente do corte de mármore e granito (RCMG) nas propriedades de argamassas de cimento Portland**. 2014. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental Urbana, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.
- ⁷ SALES, Angela Teresa Costa; SÁ, Bárbara Ramos Carvalho de; SANTOS, Débora de Gois. Argamassas com substituição parcial do agregado miúdo por pó de mármore. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Maceió, v. 15, n. 1, p.2472-2481, 11 nov. 2014. <http://dx.doi.org/10.17012/entac2014.235>.
- ⁸ QUEIRÓZ, Fábio Conrado de; CASTRO, Nuria Fernández. Utilização de resíduos de rochas ornamentais como Ecofíler de concreto autoadensável. **VII Jornada do Programa de Capacitação Institucional – PCI/CETEM**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 5, p.1-8, nov. 2018.
- ⁹ TUNC, Esra Tugrul. Recycling of marble waste: A review based on strength of concrete containing marble waste. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 231, p.86-97, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.034>.
- ¹⁰ KHYALIYA, Rajendra Kumar; KABEER, K.i. Syed Ahmed; VYAS, Ashok Kumar. Evaluation of strength and durability of lean mortar mixes containing marble waste. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 147, p.598-607, ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.199>.
- ¹¹ KABEER, K.i. Syed Ahmed; VYAS, Ashok Kumar. Utilization of marble powder as fine aggregate in mortar mixes. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 165, p.321-332, mar. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.061>.
- ¹² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação**. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2004. 76 p.
- ¹³ CAMPOS, Antônio Rodrigues de et al. Resíduos: tratamento e aplicações industriais. In: VIDAL, Francisco W. H.; AZEVEDO, Hélio C. A.; CASTRO, Nuria F. **Tecnologia de rochas ornamentais**. Rio de Janeiro: CETEM, 2014. Cap. 9. p. 435-492.
- ¹⁴ BARROS, Alexandre R. et al. Estudos e resultados sobre a utilização do resíduo do corte do mármore e granito em materiais à base de cimento. **XI ENTAC-Encontro Nacional do Ambiente Construído**. Florianópolis, 2006.
- ¹⁵ METHA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M.. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo: Nicole Pagan Hasparyk, 2014. 751 p.
- ¹⁶ CHIODI FILHO, Cid. **Tipologia das Rochas Ornamentais**. 2018. ABIROCHAS. Disponível em: <http://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2018/06/SobreRochas/Tipologia_das_Rochas_Ornamentais.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2019.
- ¹⁷ ASHISH, Deepankar Kumar. Concrete made with waste marble powder and supplementary cementitious material for sustainable development. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 211, p.716-729, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.245>.
- ¹⁸ VARDHAN, Kirti; SIDDIQUE, Rafat; GOYAL, Shweta. Strength, permeation and micro-structural characteristics of concrete incorporating waste marble. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 203, p.45-55, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.079>.
- ¹⁹ RUIZ-SÁNCHEZ, A.; SÁNCHEZ-POLO, M.; ROZALEN, M.. Waste marble dust: An interesting residue to produce cement. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 224, p.99-108, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.031>.
- ²⁰ LI, L.g. et al. Use of marble dust as paste replacement for recycling waste and improving durability and dimensional stability of mortar. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 166, p.423-432, mar. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.154>.
- ²¹ BUYUKSAGIS, Ismail Sedat; UYGUNOGLU, Tayfun; TATAR, Ertunc. Investigation on the usage of waste marble powder in cement-based adhesive mortar. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 154, p.734-742, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.014>.
- ²² ASHISH, Deepankar Kumar. Feasibility of waste marble powder in concrete as partial substitution of cement and sand amalgam for sustainable growth. **Journal Of Building Engineering**, [s.l.], v. 15, p.236-242, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobbe.2017.11.024>.
- ²³ ALYAMAC, Kursat Esat; GHAFARI, Ehsan; INCE, Ragip. Development of eco-efficient self-compacting concrete with waste marble powder using the response surface method. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 144, p.192-202, fev. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.156>.