

ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE PISOS INTERTRAVADOS PRODUZIDOS COM REJEITOS BRITADOS PROVENIENTES DA SERRAGEM DE MÁRMORE

Igor Vieira Fernandes ¹
Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça ²

RESUMO

O setor das rochas ornamentais, fortemente relacionado com a indústria da construção civil, configura-se como uma das atividades industriais que mais tem crescido nas três últimas décadas e, conseqüentemente, tem aumentado a geração de rejeitos. A produção de rochas ornamentais, em grande parte das empresas brasileiras, é feita a partir da serragem, em chapas, de grandes blocos de pedra, em equipamentos chamados teares. Na serragem, cerca de 25% a 30% de cada bloco de granito ou mármore é perdido, gerando resíduos que são, geralmente, depositados nos pátios das empresas. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físicas dos pisos intertravados produzidos com rejeitos do beneficiamento de mármore como agregado graúdo na produção de pisos intertravados. Foram realizados ensaios de caracterização física do resíduo, dos agregados convencionais e do cimento e, posteriormente, moldados corpos de prova prismáticos nas dimensões de 20 cm x 10 cm x 6 cm, com substituição do agregado graúdo convencional por rejeitos de mármore nos teores de 20% e 40%. Por fim, foi realizada a determinação das propriedades físicas nas idades de cura de 7, 14 e 28 dias. Observou-se que ocorreram modificações nas propriedades físicas dos pisos intertravados incorporados com o resíduo de mármore, mas os valores obtidos satisfazem os parâmetros normativos.

Palavras-chave: Concreto, Piso intertravado, Resíduo, Propriedades.

INTRODUÇÃO

A construção civil é uma atividade importantíssima em todo mundo. Está ligada a infraestrutura de um país e proporciona grande geração de emprego e rendas pela grande soma de recursos aplicados, sendo um dos índices de desenvolvimento de uma nação. Representa a criação de investimentos de longo prazo em empresas diversas nas áreas de indústria, serviço e agropecuária (CHAGAS FILHO, 2013).

O crescimento socioeconômico implica em maior consumo de bens minerais, tornando importante garantir a disponibilidade de recursos demandados pela sociedade. Tem-se assim, uma relação intrínseca entre o desenvolvimento econômico, qualidade de vida e de bens minerais. Dessa forma, atualmente o descarte de resíduos é um problema que tem se

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, igorvf95@gmail.com;

² Professora orientadora: Doutora, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB, ana.duartemendonca@gmail.com.

configurado como um grande desafio mundial, uma vez que a produção dos mesmos se eleva conforme o crescimento da população e das economias (DERISIO, 2016). Assim, a crescente conscientização sobre o meio ambiente tem contribuído para as preocupações relacionadas com a eliminação e reuso dos resíduos gerados.

A gestão de resíduos sólidos é uma das principais preocupações ambientais do mundo, devido ao custo com a sua disposição ser cada vez maior, a utilização de resíduos tem se tornado uma alternativa atraente para sua disposição (SIDDIQUE et al, 2008). Além do mais, segundo DONAIRE (1996), a sobrevivência das empresas e a oportunidade de bons negócios está cada vez mais atrelada às atitudes tomadas para a redução, ou não poluição do meio ambiente.

Dentro deste aspecto da produção de resíduos, a construção civil se mostra tanto como vilã, como também com grande potencial para ser consumidora de vários resíduos produzidos. Isto se dá por, segundo JOHN (2000), ser um dos maiores consumidores de matérias-primas (consome cerca de um terço do total de recursos consumidos pela sociedade) e, ao mesmo tempo, como mostra GONÇALVES (2000), possuir um mercado que se apresenta como uma das alternativas mais eficazes para consumir materiais reciclados. Podendo, então, contribuir consideravelmente para a solução de um problema que ela própria agravava.

Então, nos últimos anos, a construção civil, tem sido alvo da incorporação dos mais diversos tipos de materiais, em virtude de alguns possuírem composição similar às matérias-primas naturais. A busca por materiais alternativos para a construção civil com finalidade de reduzir custos é imperiosa, diante do crescimento populacional existente, limitação de recursos econômicos e escassez de recursos naturais pelas altas demandas de consumo.

O estudo de novas tecnologias para o reaproveitamento dos resíduos industriais poderá propiciar o desenvolvimento de novos produtos com conseqüente diminuição do descarte de resíduos e maximização da cadeia produtiva da indústria (MENDONÇA, et al, 2013).

No Brasil, o setor das rochas ornamentais configura-se como uma das atividades industriais que mais tem crescido nas três últimas décadas e, conseqüentemente, tem aumentado à geração de rejeitos (MOTHÉ FILHO; POLIVANOV; MOTHÉ, 2005). Os mármore e os granitos destacam-se por representarem 90% da produção mundial de rochas ornamentais. Os granitos correspondem às rochas silicáticas e, se comparados aos mármore, possuem menor porosidade, elevada resistência e dureza. Por outro lado, os mármore constituem-se como rochas carbonáticas, cuja durabilidade e nobreza conferem-lhe valor, ainda que sejam menos resistentes a riscos e vulneráveis a ataques químicos ácidos (ALENCAR; CARANASSIOS; CARVALHO, 1996).

Em suma, considerando que a utilização de resíduos tem se mostrado como uma boa alternativa na redução do impacto causado pelo consumo desordenado de matérias-primas naturais, pela redução das áreas de disposição, considerando o crescente volume de resíduos descartados a cada ano em todo o mundo, bem como para agregar valor ao resíduo indesejável, houve a motivação para desenvolver este trabalho.

METODOLOGIA

Os materiais utilizados na pesquisa se dividem nos grupos abaixo:

Agregado graúdo: Brita de origem granítica, proveniente da pedreira explorada pela CONTEC, situada no município de Pocinhos-PB, apresentando diâmetro máximo característico de 9,5 mm, módulo de finura de 5,98, massa unitária (aparente) de 1,43 g/cm³, massa específica real de 2,59 g/cm³ e absorção de 0,5%.

Agregado miúdo: O agregado miúdo utilizado na pesquisa foi do tipo natural, areia quartzosa retirada do leito do Rio Paraíba, com diâmetro máximo característico de 4,8 mm e módulo de finura 2,36, massa unitária solta de 1,5 g/cm³ e massa específica real de 2,59 g/cm³.

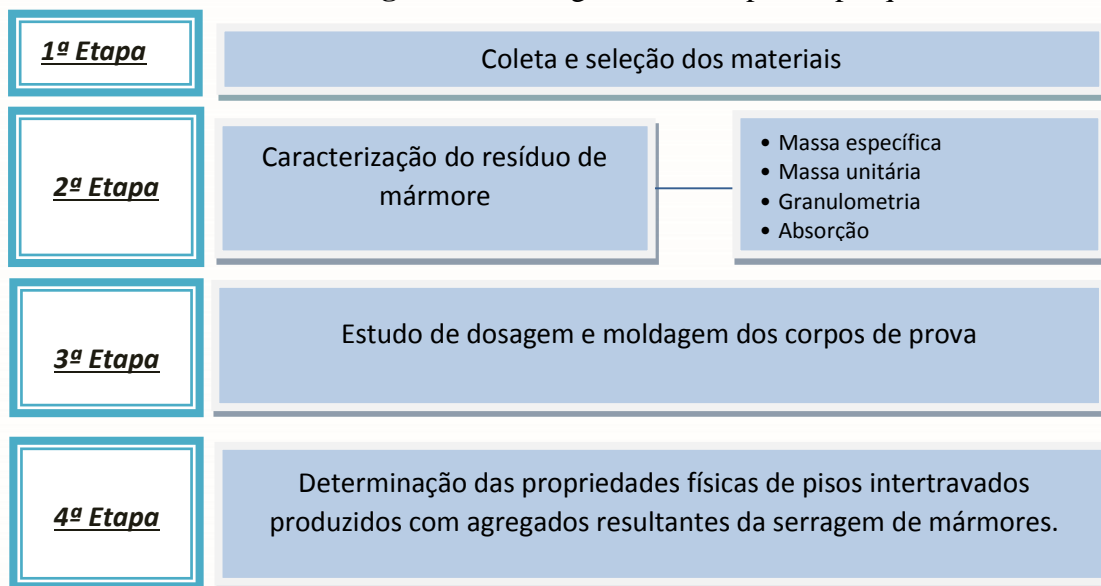
Cimento Portland CP II F32: O cimento Portland utilizado para moldagem dos corpos de prova foi obtido no comércio de Campina Grande-PB, cujo fabricante é a empresa Montes Claros, apresentando índice de finura igual a 2,84% e massa específica real igual a 2,91 g/cm³.

Resíduo de mármore: O resíduo de mármore utilizado no desenvolvimento deste projeto, foi um agregado proveniente da britagem de mármore, que foi fornecido pela indústria GRANFUJI situada na Alça Sudoeste, no distrito industrial de Campina Grande-PB.

Água: Destinada ao consumo humano fornecida pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA).

Para realização deste estudo foram desenvolvidas etapas sequenciais para uma melhor organização e obtenção dos resultados. A Figura 1 ilustra o Fluxograma das etapas da pesquisa.

Figura 1 - Fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Seleção dos materiais: Nesta etapa foram selecionadas e caracterizadas as matérias-primas convencionais utilizadas para a produção do concreto simples (cimento, agregado graúdo e agregado miúdo).

Caracterização do resíduo de mármore: Para caracterização física do resíduo foram realizados ensaios de massa específica, massa unitária, análise granulométrica e absorção.

Estudo da dosagem dos materiais: A dosagem dos materiais foi realizada de acordo com a metodologia da ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, a partir da caracterização do agregado graúdo, miúdo e do cimento e do estabelecimento do fator água/cimento. Na primeira etapa foi realizada a caracterização dos materiais (agregados e cimento). Na segunda etapa foi realizado o estudo da dosagem, determinando-se a proporção dos materiais, onde estabeleceu-se o seguinte traço 1:1,40:1,62:0,43. O valor do abatimento de tronco cone foi fixado entre (40 – 60 mm). A Tabela 1 apresenta o consumo dos materiais utilizados para produção dos corpos de prova utilizados neste estudo.

Tabela 1: Consumo dos materiais utilizados.

Percentual	0%	20%	40%
Cimento	7,8 kg	7,8 kg	7,8 kg
Agregado Miúdo	10,92 kg	10,92 kg	10,92 kg
Agregado Graúdo (Brita 9,5)	12,64 kg	10,10 kg	7,60 kg
Água	3,4 L	3,4 L	3,4 L
Resíduo de Mármore	0 kg	2,53 kg	5,06 kg

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Moldagem dos corpos de prova: Foram moldados corpos de prova prismáticos de 20 cm x 10 cm x 6 cm com substituição do agregado convencional por rejeitos de mármore nos teores de 20% e 40%. Após 24 horas da moldagem, estes foram desmoldados e imersos em água para realização da cura.

Determinação das propriedades físicas dos pisos intertravados incorporados com resíduo de mármore: Foi realizado o ensaio de absorção de água, que tem como objetivo a determinação da absorção de água, que, por sua vez, representa o incremento de massa de um corpo sólido poroso devido à penetração de água em seus poros permeáveis, em relação a sua massa em estado seco. O ensaio de absorção foi realizado seguindo a norma ABNT NBR 9781:2013.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resíduo de mármore

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a caracterização física do rejeito britado proveniente das sobras da serragem de mármore.

Tabela 2: Caracterização física do rejeito britado proveniente do corte de mármore

Parâmetro determinado	Média dos valores
Massa unitária (g/cm ³)	1,33
Massa específica real (g/cm ³)	2,76
Absorção (%)	1,61

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Comparando-se os resultados obtidos para a caracterização física do rejeito de mármore com os que foram obtidos para o agregado graúdo convencional, observa-se que os valores encontrados para a massa unitária e massa específica de ambos são valores próximos. Mas para a absorção percebe-se um aumento considerável. Segundo Neville (2016), o rejeito de mármore utilizado neste estudo, pertencente ao grupo Calcário, no qual a porosidade pode variar até 37,6%, podendo contribuir para o aumento da absorção, e que a massa específica real possui valores entre 2,5 e 2,8 g/cm³, que condiz com o valor determinado neste trabalho, de 2,76 g/cm³.

Na Tabela 3 está apresentada a composição granulométrica do rejeito britado resultante das sobras da serragem de mármore.

Tabela 3: Composição granulométrica do rejeito britado resultante do corte de mármore

Composição Granulométrica				
Peneira (mm)	Material Retido			% Que passa da amostra total
	Massa (g)	% Amostra Total	% Acumulada	
25,4	0	0	0	100
19,1	0	0	0	100
9,5	128,56	4,29	4,29	95,71
4,8	2871,44	95,71	100	0

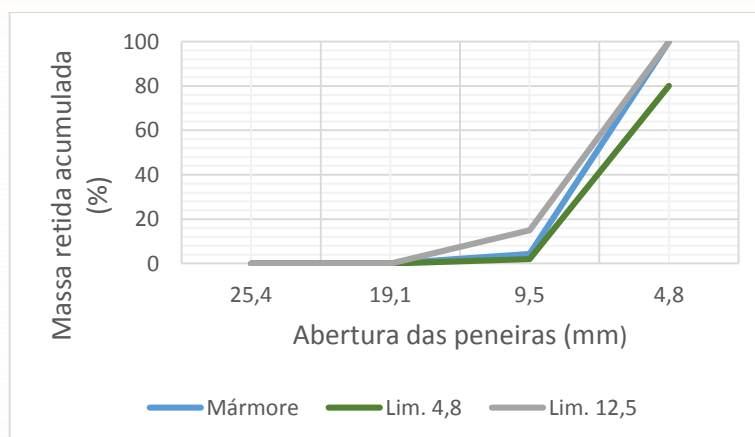
Diâmetro Máximo = 9,5 mm

Módulo de finura = 6,04

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

A Figura 2 ilustra a curva granulométrica obtida para o rejeito britado resultante das sobras da serragem de mármore.

Figura 2: Curva granulométrica do rejeito britado resultante do corte de mármore



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

De acordo com a classificação da ABNT NBR 7211:2009, o rejeito britado proveniente das sobras da serragem de mármore se encontra dentro dos limites estabelecidos para brita 0. A curva granulométrica representada possui diferença em relação à da brita convencional utilizada, devido ao processo de beneficiamento através do peneiramento.

Caracterização física do piso intertravado com substituição do agregado graúdo por rejeito britado proveniente do corte de mármore e granito

Para o piso intertravado de referência, têm-se os seguintes valores do ensaio de absorção:

Tabela 4: Absorção do piso intertravado de referência

Piso intertravado de referência							
Tempo de cura (dias)	Peso Bruto Úmido (g)		Peso Bruto Seco (g)		Diminuição do teor de água (%)		Absorção média (%)
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2	
	7	760,9	702,1	728,6	673,0	4,43	
14	1279,3	1193,0	1232,8	1148,3	3,77	3,89	3,83
28	800,8	680,5	767,7	652,4	4,21	4,31	4,26

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Para o piso intertravado com adição de 20% de resíduo de mármore, têm-se os seguintes valores do ensaio de absorção:

Tabela 5: Absorção do piso intertravado com 20% de resíduo de mármore

Piso intertravado com 20% de resíduo de mármore							
Tempo de cura (dias)	Peso Bruto Úmido (g)		Peso Bruto Seco (g)		Diminuição do teor de água (%)		Absorção média (%)
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2	
	7	635,6	667,6	617,7	646,8	2,90	
14	578,2	762,0	558,8	737,1	3,47	3,38	3,43
28	480,45	807,4	457,6	773,0	4,99	4,45	4,72

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Para o piso intertravado com adição de 40% de resíduo de mármore, têm-se os seguintes valores do ensaio de absorção:

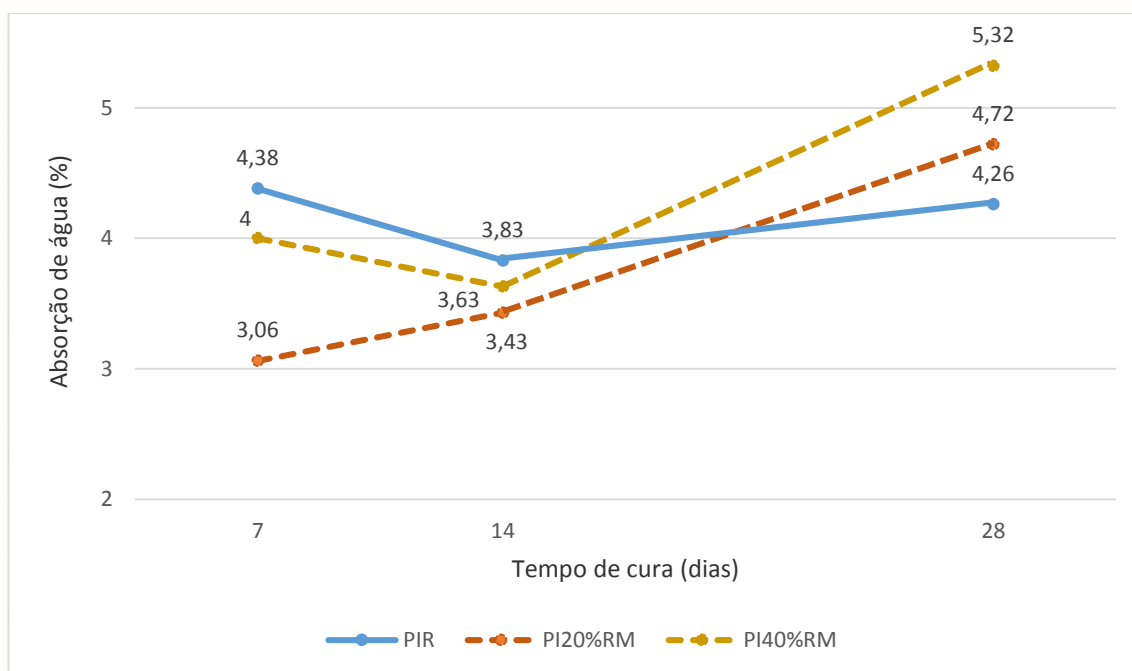
Tabela 6: Absorção do piso intertravado com 40% de resíduo de mármore

Piso intertravado com 40% de resíduo de mármore							
Tempo de cura (dias)	Peso Bruto Úmido (g)		Peso Bruto Seco (g)		Diminuição do teor de água (%)		Absorção média (%)
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2	
	7	446,6	376,5	430,7	360,9	3,69	
14	675,2	563,8	652,2	543,6	3,53	3,72	3,63
28	497,2	777,7	472,4	738,0	5,25	5,38	5,32

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A Figura 3 ilustra um resumo dos resultados obtidos para a absorção do piso intertravado de referência – PIR e dos pisos intertravados com 20% de rejeitos de mármore – PI20%RM, e 40% de rejeitos de mármore – PI40%RM.

Figura 3: Gráfico de Absorção de água do piso intertravado de referência – PIR e do piso intertravado com rejeitos de mármore nos teores de 20% - PI20%RM e com 40% - PI40%RM



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

O PI20%RM apresentou aos 28 dias uma absorção de 10,8% superior ao PIR, e o PI40%RM obteve uma absorção de 24,88% superior ao de referência.

Gomes (2018) avaliou o desempenho do concreto produzido com substituição do agregado gráudo convencional por rejeitos provenientes do corte de mármore e granitos e, a respeito da absorção, observou que ocorreu uma elevação dos resultados quando comparados aos obtidos para o concreto de referência, mas que satisfizeram os parâmetros normativos.

Segundo Rodrigues (2015), valores de absorção situados entre 4% e 5% servem de indicação de concretos com permeabilidades mínimas, sendo materiais que se utilizados em estruturas dificilmente apresentarão falhas devido adensamento incompleto e exsudação.

Portanto, no presente trabalho, como esperado em virtude da absorção do rejeito de mármore ser maior, houve elevação da absorção dos pisos intertravados providos desse resíduo. Entretanto, satisfizeram os parâmetros exigidos na ABNT NBR 9781/2013, pois tanto o PI20%RM e o PI40%RM apresentaram aos 28 dias os valores de 4,72% e 5,32%, respectivamente, menores que o máximo exigido de 6 %.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

Em termos de massa unitária e massa específica, o rejeito britado de mármore se assemelha ao agregado convencional, mas difere consideravelmente na absorção. Pelos ensaios de caracterização e com a revisão da literatura, compreendeu-se que isso se dá devido à maior porosidade desse resíduo.

Observou-se que a absorção do rejeito de mármore influenciou na absorção do concreto, pois os pisos intertravados com teores do resíduo apresentaram elevação nos valores desta propriedade, mas satisfizeram os parâmetros normativos segundo a ABNT NBR 9781/2013.

A utilização do rejeito britado de mármore em concreto, visando à substituição parcial do agregado gráudo, contribui significativamente para redução do descarte deste material no meio ambiente, além de agregar valor ao resíduo indesejável. Ademais, por se apresentar como nova alternativa, contribui para redução do consumo de matérias-primas naturais.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, C.R.A.; CARANASSIOS, A.; CARVALHO, D. (1996) **Tecnologias de lavra e beneficiamento**: estudo econômico sobre rochas ornamentais. Fortaleza: Ed. Instituto Euvaldo Lodi. 225 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7211: **Agregados para concreto** - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- _____.NBR 9781: **Peças de concreto para pavimentação** - Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- _____.NBR 11579: **Determinação do índice de finura do cimento**. Rio de Janeiro, 2012.
- _____.NBR NM 23: **Cimento Portland e outros materiais em pó** – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.
- _____.NBR NM 45: **Agregados** - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- _____.NBR NM 52: **Agregado miúdo** - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.
- _____.NBR NM 53: **Agregado Graúdo** - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.
- _____.NBR NM 67: **Concreto** – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- _____.NBR NM 248: **Agregados** - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- CHAGAS FILHO, M. B. **Estudo de agregados lateríticos para utilização em concretos estruturais**. Tese (doutorado). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB. 2013.
- DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.
- DONAIRE, D. A internalização da gestão ambiental na empresa. **Revista de Administração**, v. 31, n. 01, p. 44-51, 1996.
- GOMES, P.M.V. **Aproveitamento de rejeitos provenientes do corte de mármore e granito para produção de concreto**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GONÇALVES, J. P., **Utilização do Resíduo de Corte de Granito (RCG) como adição para produção de concretos.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos para metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo: Escola Politécnica da USP/ Departamento de Engenharia de Construção Civil (Tese de livre Docência). São Paulo, 2000.

MENDONÇA, A. M. G. D; MONTEIRO H. B. S; CHAGAS FILHO, M. B. Avaliação das resistências de concretos com adição de resíduo oleoso da indústria de e & p de petróleo sob influência da umidade. In: **X Congresso de Iniciação Científica da UFCG**, 2013.

MOTHÉ FILHO, H.F.; POLIVANOV, H.; MOTHÉ, C.G. (2005) Reciclagem dos Resíduos Sólidos de Rochas Ornamentais. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 28, n. 2, p. 139-151.

NEVILLE, A. M.; CREMONINI, R. A. **Propriedades do Concreto.** Porto Alegre: Bookman, 2016.

RODRIGUES, M. A. **Utilização dos resíduos de cortes de placas de mármore e granitos como adição na fabricação de concreto autoadensável.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Amazonas, Manaus.

SIDDIQUE, R.; KHATIB, J.; KAUR, I. **Use of recycled plastic in concrete:** a review. *Waste Management*, v. 28, p. 1835–52, 2008.