



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSAS
INCORPORADAS COM RESÍDUO DE MÁRMORE**

THYAGO EMMANUEL NAVARRO DE SOUSA

Orientadora: Prof^a. Dr^a Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça.

CAMPINA GRANDE – PB
JUNHO / 2017.

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSAS
INCORPORADAS COM RESÍDUO DE MÁRMORE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPINA GRANDE – PB

JUNHO / 2017.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL**

THYAGO EMMANUEL NAVARRO DE SOUSA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Campina Grande como
requisito para obtenção do grau de bacharel em
Engenharia Civil.

Área de habilitação: Estruturas.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça.

CAMPINA GRANDE – PB
JUNHO / 2017.

FOLHA DE APROVAÇÃO

THYAGO EMMANUEL NAVARRO DE SOUSA

ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSAS INCORPORADAS COM RESÍDUO DE MÁRMORE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em 17/07/2017
perante a seguinte Comissão Julgadora:

Profª. PhD. Ana Maria G. Duarte Mendonça
Orientador
Departamento de Engenharia Civil
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. José Bezerra da Silva
Examinador Interno
Departamento de Engenharia Civil
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Universidade Federal de Campina Grande

Profª. Msc. Loredanna Melyssa Costa de Souza
Examinador Externo
Departamento de Engenharia Civil
Universidade Estadual da Paraíba

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada.

Em especial a minha avó, Maria do Carmo Feitosa Navarro, que durante toda a graduação morei na casa dela e não me faltou nada. E nesse momento de conclusão ela não está presente fisicamente, a ela devo minha total gratidão para o resto da vida.

Aos meus pais Fernando Luiz Gonçalves de Sousa e Tamara Feitosa Navarro de Sousa, a minha avó Cacilda Gonçalves, aos meus tios Sandro Alves e Salomé Navarro, aos meus irmãos Luiz Fernando Navarro de Sousa e Thamyres Fernanda Navarro de Sousa, a minha namorada Jarlany Ferreira Vasconcelos que, com muito carinho e apoio, não medem esforços para que eu chegue ao meu sonho de ser Engenheiro Civil;

A professora Dr^a. Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça que aceitou prontamente o convite de orientação e se dedicou bastante para me ajudar em tudo que precisei;

A UFCG, prezada instituição a qual estou na formação em Engenharia Civil;

Aos meus amigos, que aliviaram muitos estresses da universidade.

A Jaqueline Cássia de Amorim do departamento de Mineralogia, por colaborar para trabalharmos com os equipamentos do departamento.

Por fim, a todos que passaram em minha vida durante toda a graduação, tudo colaborou para se chegar até aqui.

DEDICATÓRIA

Por todo o esforço desde minha vinda para Campina Grande, por ter me incentivado e dado totais condições a estudar sempre, aconselhando para os melhores caminhos. Dedico este trabalho a minha avó, pois hoje ela me protege do céu e nunca vou esquece-la!

*“Abra os olhos para ver o muro em que você estagnou
E a partir daí, crie uma nova engenharia de pensamentos
Para enxergar além desse muro,
e assim, terás novas perspectivas”
Mauricio Nuper*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Argamassa.....	5
Figura 2: Etapas para produção de argamassa	7
Figura 3: Chapisco	8
Figura 4: Colocação das taliscas do emboço.....	8
Figura 5: Execução das mestras do emboço	9
Figura 6: Sarrafeamento do emboço	9
Figura 7: Revestimento da alvenaria	10
Figura 8: Massa única.	10
Figura 9: Taliscamento do contrapiso.	11
Figura 10: Polvilhamento da base.....	11
Figura 11: Execução das mestras do contrapiso	12
Figura 12: Sarrafeamento do contrapiso.....	12
Figura 13: Assentamento de alvenaria.....	13
Figura 14: Argamassa colante.....	13
Figura 15: Argamassa de rejunte	14
Figura 16: Resíduos gerados nas construções e demolições antes e após ser preparado para o reaproveitamento.	16
Figura 17: Curva granulométrica do agregado miúdo.....	37
Figura 18: Distribuição granulométrica por difração a laser da cal hidratada.	40
Figura 19: Difratoograma de raios-X do resíduo de mármore em pó.....	42
Figura 20: Análise termodiferencial e termogravimétrica do resíduo de mármore em pó.	43
Figura 21: Resistência à compressão da argamassa incorporada com 10% de resíduo de mármore em pó.....	44
Figura 22: Resistência à compressão da argamassa incorporada com 20% de resíduo de mármore em pó.....	45
Figura 23: Resistência à compressão da argamassa incorporada com 10% e 20% de resíduo de mármore em pó.....	46
Figura 24: Moagem do mármore.....	57
Figura 25: Moldagem dos corpos de prova.	58
Figura 26: Desmoldagem e submersão dos corpos de prova.	58
Figura 27: Rompimento dos corpos de prova dosados com 0% de resíduos de mármore.	58

Figura 28: Rompimento dos corpos de prova dosados com 10% de resíduos de mármore.	59
Figura 29: Rompimento dos corpos de prova dosados com 20% de resíduos de mármore.	59
Figura 30: Amostras dosadas com 10% de resíduo de mármore rompidas.	59
Figura 31: Amostras dosadas com 20% de resíduo de mármore rompidas.	60
Figura 32: Amostras rompidas.	60

Lista de Tabelas

Tabela 1: Composição do entulho de algumas cidades brasileiras, em porcentagem..	15
Tabela 2: Principais núcleos mundiais de exploração de mármore.	21
Tabela 3: Principais variedades de mármore do mundo.	21
Tabela 4: Produção Mundial das Rochas Ornamentais.....	22
Tabela 5: Principais aglomerações produtivas do setor de rochas no Brasil.....	24
Tabela 6: Perfil da produção brasileira por tipo de rocha, 2012.	25
Tabela 7: Distribuição regional da produção bruta de rochas ornamentais no Brasil, 2012.	25
Tabela 8: Consumo interno aparente de rochas ornamentais e de revestimento no Brasil, 2012.	26
Tabela 9: Distribuição do consumo interno aparente de rochas ornamentais no Brasil, por estados e regiões, 2012.	26
Tabela 10: Composição granulométrica do agregado miúdo.....	36
Tabela 11: Caracterização física do agregado miúdo.....	37
Tabela 12: Caracterização física do cimento.	38
Tabela 13: Composição química da cal.	39
Tabela 14: Caracterização química por fluorescência de raios-X do resíduo de mármore.	40
Tabela 15: Composição granulométrica do resíduo de mármore em pó.....	41
Tabela 16: Resistência à compressão da argamassa de assentamento e revestimento.	47
Tabela 17: Tolerância de tempo para ruptura.	47
Tabela 18: Resultados das resistências de compressão das argamassas.....	57

RESUMO

Com o crescimento populacional no planeta, a preocupação com as questões ambientais vem aumentando e fazendo surgir estudos para tentar diminuir o desgaste ambiental. Os resíduos gerados pela indústria quando depositados na natureza além de poluir o solo, água e ar podem desencadear doenças naquela região, prejudicando a população, a fauna e a flora. Para garantir a saúde do planeta estão aumentando a quantidade de estudos para reaproveitamento desses resíduos e a construção civil grande consumidor de matéria prima é um setor de grande capacidade para estudos desses reaproveitamentos. Os resíduos gerados pelo beneficiamento do mármore vêm aumentando cada vez mais pelo grande crescimento do uso do mármore. Este trabalho tem como objetivo principal, avaliar as propriedades mecânicas de argamassas incorporadas com 10% e 20% de resíduos de mármore em substituição parcial ao agregado miúdo. Foram moldados corpos de prova nas dimensões de 5 cm x 10 cm e submetidos à determinação da resistência a compressão simples nas idades de controle de 7, 14 e 28 dias. Observou-se que a substituição parcial de 10% ao agregado miúdo por resíduo de mármore promoveu uma pequena redução da resistência dos blocos quando comparados aos valores obtidos para os blocos de referência, já para a substituição parcial de 20% observou-se uma pequena elevação da resistência.

Palavras-chave: Propriedades, material alternativo, construção civil, reutilização, resistência.

ABSTRACT

With population growth on the planet, concern for environmental issues has been increasing and studies have emerged to try to reduce environmental stress. The waste generated by the industry when deposited in the nature besides polluting the soil, water and air can trigger diseases in that region, damaging the population, fauna and flora. To ensure the health of the planet are increasing the amount of studies for reuse of this waste and the construction large consumer of raw material is a sector of great capacity for studies of these reuse. The waste generated by the processing of marble is increasingly being increased by the great growth in the use of marble. The main objective of this work was to evaluate the mechanical properties of mortars incorporated with 10% and 20% of marble residues in partial replacement to the small aggregate. 5 cm x 10 cm specimens were molded and subjected to simple compressive strength determination at control ages of 7, 14 and 28 days. It was observed that the partial replacement of 10% to the small aggregate by marble residue promoted a small reduction of the resistance of the blocks when compared to the values obtained for the reference blocks, and for the partial replacement of 20% a small elevation was observed resistance.

Keywords: Properties, alternative material, civil construction, reuse, resistance.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
3. JUSTIFICATIVA	4
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
4.1. Argamassa	5
4.1.1. Materiais da argamassa.....	6
4.1.1.1. Cimento Portland	6
4.1.1.2. Água	6
4.1.1.3. Areia	6
4.1.1.4. Cal Hidratada	6
4.1.1.5. Aditivos.....	7
4.1.2. Revestimentos de argamassa	7
4.1.2.1. Revestimento da alvenaria	8
4.1.2.1.1. Chapisco	8
4.1.2.1.2. Emboço.....	8
4.1.2.1.3. Reboco	10
4.1.2.1.4. Massa única (Reboco Paulista)	10
4.1.2.3. Argamassa para revestimento de piso	11
4.1.2.3.1. Contrapiso	11
4.1.3. Argamassa de assentamento de alvenaria	12
4.1.4. Argamassa colante	13
4.1.5. Argamassa de rejunte.....	14
4.2. Uso de resíduos em argamassas.....	14
4.2.1. Resíduos de Construção e Demolição – RCD	14

4.2.2. Resíduos oleoso de Petróleo (ROP)	16
4.2.3. Resíduos de Caulim	16
4.3. Rochas ornamentais	17
4.4 Mármore	20
4.4.1. Produção mundial de mármore.....	20
4.4.2. Produção de mármore no Brasil.....	23
4.5. Resíduos de Mármore	26
5. MATERIAIS E MÉTODOS	30
5.1 Materiais	30
5.2 Metodologia.....	30
5.2.1. Seleção de materiais.....	31
5.2.2. Caracterização química, física e mineralógica.	31
5.2.2.1. Caracterização física dos agregados e do cimento.	31
5.2.2.2. Caracterização química, física e mineralógico do resíduo de mármore e da cal.	33
5.2.2.3. Dosagem dos materiais	34
5.2.2.4. Determinação das propriedades mecânicas da argamassa.	35
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
6.1. Caracterização do agregado miúdo, cimento e cal	36
6.1.1 Caracterização do agregado miúdo	36
6.1.2 Caracterização do cimento	38
6.1.3 Caracterização da cal.....	38
6.2. Caracterização do resíduo de mármore.	40
6.3 Determinação das propriedades mecânicas da argamassa.	43
7. CONCLUSÕES	48
8. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	49
REFERÊNCIAS.....	50
ANEXOS.....	57

1. INTRODUÇÃO

O cenário da Construção Civil mostra-se dinâmico e em constante avanço tecnológico no que se refere aos métodos construtivos. Esta avalanche tecnológica está sendo incorporada em diversas etapas construtivas, com o objetivo de oferecer melhorias e modernização à construção, tal como a utilização de formas de gerenciamento, uso de novos equipamentos, de novos materiais e técnicas construtivas (SANTOS, et al., 2014).

Com a grande produção de concreto e argamassa, a Construção Civil é um grande consumidor de recursos naturais. Com o concreto e argamassa sendo largamente utilizados nos mais diferentes fins, se torna necessário o desenvolvimento de estudos das propriedades, buscando novidades técnicas e tecnológicas (AMADEI, 2011).

A produção brasileira estimada pela Abirochas (Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais), atingiu 10,5 Mt em 2013 (+13% em relação a 2012) e foi determinada pela combinação do crescimento do mercado interno e externo. A participação dos granitos e similares correspondeu a cerca de 49,5% da produção nacional, tendo as ardósias e quartzitos foliados produção ainda em declínio, devido à queda nas exportações. A região Sudeste foi responsável por 64,5% da produção nacional e a região Nordeste 24,7% desta produção (Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, 2013).

As transações comerciais na cadeia produtiva de rochas ornamentais estão estimadas pela Abirochas em 5,5 bilhões de dólares, gerando cerca de 130.000 empregos diretos, em aproximadamente 10.000 empresas. A Abirochas também estima que o parque produtivo de beneficiamento tenha capacidade anual de processamento da ordem de 85 milhões de m² (serragem e polimento: processamento especial) e 50 milhões de m² para processamento simples (materiais delamináveis manualmente) (Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, 2013).

Com esse grande potencial de produção e o grande consumo o reaproveitamento dos resíduos torna-se uma alternativa que influencia economicamente e ecologicamente, já que proporcionaria um destino adequado e definitivo de uma grande quantidade de material. Os processos de lavra, beneficiamento e toda essa etapa de transformação pode ocasionar

cerca de 30 a 40% de perda da massa inicial, sem incluir os rejeitos da etapa de polimento (SOUSA, 2007).

Em consequência desse conjunto de problemas, tornam-se de total importância estudos que apontem uma solução, seja em nível de reutilização, reciclagem, processamento ou mesmo disposição final correta dos resíduos. Empregando o pó do mármore como agregado em argamassas, seria diminuída a quantidade de componentes que possuem jazidas limitadas, evitando-se assim técnicas de extração danosa e economicamente dispendiosas (SANTOS, et al., 2012).

Com pouco valor e importância, os resíduos são despejados na natureza ou locais inapropriados. Com o objetivo de conferir uma destinação final adequada a este abundante resíduo, seu emprego como matéria-prima alternativa, sobretudo no âmbito dos materiais de construção, vem sendo investigado por diversos pesquisadores.

Este trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades mecânicas de argamassas incorporadas com resíduos de mármore.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como principal objetivo estudar as propriedades mecânicas de argamassas incorporadas com resíduo de mármore.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar química, física e mineralogicamente o resíduo de mármore;
- Determinar a resistência a compressão de argamassas incorporadas com o resíduo de mármore nos teores de 10% e 20%.
- Diminuir o impacto ambiental.

3. JUSTIFICATIVA

Neste trabalho de conclusão de curso pretende-se desenvolver uma argamassa incorporada de resíduo de mármore com a resistência mecânica dentro da norma.

O resíduo de mármore é um poluente ambiental, e é um produto descartado e produzido em grande escala devido a expansão da utilização de rochas ornamentais e possuir um baixo valor comercial.

Argamassas são constituídas por materiais com propriedades de aderência e endurecimento obtidos através da mistura de aglomerantes, agregado miúdo e água, é um produto utilizado em grande quantidade em quase todas as obras, então, incorporando o resíduo de mármore na argamassa, mantendo as características segundo a norma, o descarte no meio ambiente diminui e acarretará a redução do valor da produção da argamassa.

Ajudando assim a reduzir o impacto ambiental gerado pelo descarte irracional desses resíduos no meio ambiente.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. Argamassa

As argamassas possuem papéis fundamentais na Construção Civil, são utilizadas para assentamento de tijolos, blocos cerâmicos e de concreto, cerâmicas de revestimento de piso e parede, revestimento de paredes e tetos (emboço e reboco), regularização de pisos e reparos em peças de concreto (Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP).

A argamassa é uma mistura homogênea de um ou mais aglomerantes (cimento, cal e gesso), agregados miúdos (areia) e água, com a possibilidade de ter de adicionar aditivos para uma melhoria em determinada propriedade. A grande característica é ter a aderência aos materiais e endurecer após um tempo (Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP).

Os componentes das argamassas possuem características próprias que influenciam no desempenho do conjunto. São utilizados diferentes traços e componentes a depender do objetivo do uso, condições de exposição, tipo de superfície e os equipamentos utilizados (Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP).

A Figura 1 ilustra a representação de uma argamassa a ser utilizada por um pedreiro.

Figura 1: Argamassa



Fonte: Caruzo (2012).

4.1.1. Materiais da argamassa

4.1.1.1. Cimento Portland

Tem a função aglomerantes desenvolvida através da reação com a água, que contribui principalmente para a resistência mecânica. Quanto maior a quantidade de cimento, maior a retração e maior a aderência à base (ABCP).

4.1.1.2. Água

Permite as reações entre os componentes, principalmente com o cimento. É necessária água na quantidade correta para obter a trabalhabilidade desejada obedecendo o traço estabelecido e sendo potável (ABCP).

4.1.1.3. Areia

Possuem origem de rios, cava ou britagem. Conhecido como agregado miúdo, possui influencia na trabalhabilidade, retenção de água, retração, porosidade, aderência, resistência mecânica e impermeabilidade (ABCP).

4.1.1.4. Cal Hidratada

Quando a argamassa possui a cal sem o cimento, a cal serve como aglomerante. Nesta argamassa as propriedades que se destacam é a trabalhabilidade e a capacidade de absorver as deformações. Mas é reduzida a resistência mecânica e aderência (ABCP).

Quando é a argamassa mista, composta de cal e cimento há uma maior retenção de água contribuindo para hidratação do cimento, trabalhabilidade e absorção das deformações (ABCP).

4.1.1.5. Aditivos

São colocados em pequena quantidade, com objetivo de melhorar uma ou mais propriedades determinadas. Através do aditivo consegue-se diminuir a retração na secagem, aumentar o tempo de pega e manter por mais tempo a trabalhabilidade, aumentar a retenção de água e aderência (ABCP). A Figura 2 ilustra as etapas para produção de argamassa.

Figura 2: Etapas para produção de argamassa



Fonte: Eddy HG (2012).

4.1.2. Revestimentos de argamassa

“É o revestimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se e, acabamento final” (conforme NBR 13529/1995).

As funções mais aplicadas ao revestimento de argamassa são de proteger a base (alvenaria e estrutura) contra as agressividades, contribuindo para isolamento térmica, acústica e a estanqueidade à água e aos gases e permitir para o acabamento uma base regular (ABCP).

4.1.2.1. Revestimento da alvenaria

4.1.2.1.1. Chapisco

É a primeira camada nas alvenarias ou nos elementos estruturais, com objetivo de tornar a base mais rugosa e na uniformização da absorção. Pode ser aplicado com colher de pedreiro, com desempenadeira dentada e rolo para textura acrílica (ABCP). A Figura 3 ilustra a aplicação do chapisco.

Figura 3: Chapisco



Fonte: Weber produtos quartzolit (2010).

4.1.2.1.2. Emboço

É a argamassa de regularização da superfície que proporciona a aplicação do acabamento e a impermeabilização das alvenarias. Para sua aplicação é necessário ter ocorrido a aplicação do chapisco, preferencialmente elementos embutidos como as tubulações e o contrapiso executado. (ABCP)

As etapas do emboço são:

- Colocação das taliscas: pequenas peças que serão fixadas na alvenaria para servir de referência para o prumo das mestras (Figura 4) (JUNIOR, 2010).

Figura 4: Colocação das taliscas do emboço



Fonte: Técnica (2011).

- Execução das mestras: Preenche verticalmente os espaços entre as taliscas com a mesma argamassa do emboço, isso são chamadas de mestras. São utilizados de guia para a execução do emboço (Figura 5) (JUNIOR, 2010).

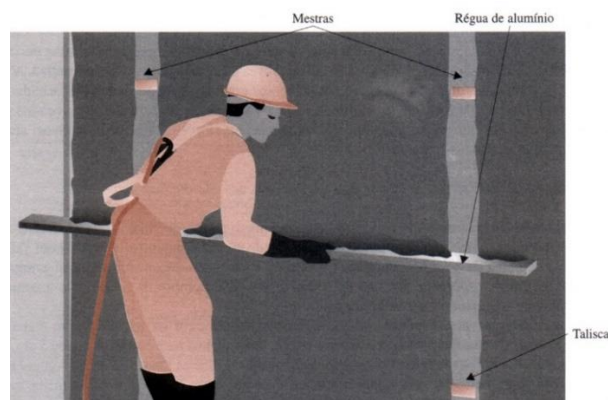
Figura 5: Execução das mestras do emboço



Fonte: Danielk (2016).

- Preenchimento dos vãos entre as mestras com a argamassa (JUNIOR, 2010).
- Sarrafeamento: usando uma régua desempenadeira de baixo para cima, retirando o excesso de material e deixando em prumo com as mestras (Figura 6) (JUNIOR, 2010).

Figura 6: Sarrafeamento do emboço



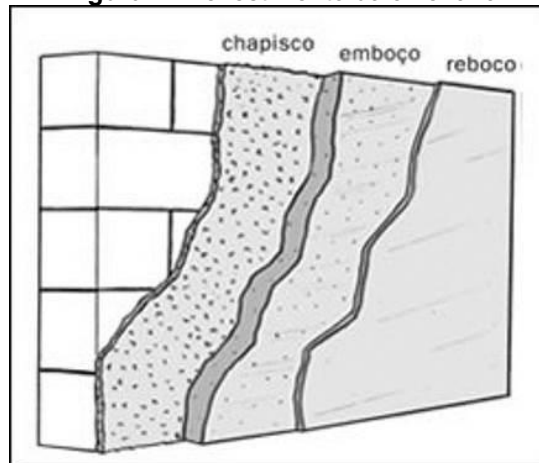
Fonte: USP (1999).

4.1.2.1.3. Reboco

Camada de revestimento que cobre o emboço, permite o acabamento final ou que se torne o próprio acabamento final (ABCP).

A Figura 7 ilustra as camadas de argamassa no revestimento da alvenaria.

Figura 7: Revestimento da alvenaria



Fonte: Portal do Conhecimento (2016).

4.1.2.1.4. Massa única (Reboco Paulista)

Único tipo de argamassa, com função do emboço e reboco que é aplicado à base com chapisco (ABCP).

A Figura 8 ilustra a massa única.

Figura 8: Massa única.



Fonte: Coutinho (2017).

4.1.2.3. Argamassa para revestimento de piso

4.1.2.3.1. Contrapiso

Revestimento com função de regularização da superfície para receber o acabamento final, função semelhante à do emboço mudando apenas o local, contrapiso regulariza o piso e o emboço a alvenaria (ABCP).

As etapas do contrapiso são:

- Limpeza: A base precisa ser limpa, retirando restos de argamassa ou concreto (JUNIOR, 2010).
- Taliscamento: Colocação das taliscas no ambiente, deixando niveladas para execução das mestras (Figura 9) (JUNIOR, 2010).

Figura 9: Taliscamento do contrapiso.



Fonte: Nosso canto, nosso jeito (2012).

- Polvilhamento com Cimento: Antes da execução das mestras, polvilhar com aproximadamente 0,5kg de cimento por m² (Figura 10) (JUNIOR, 2010).

Figura 10: Polvilhamento da base



Fonte: Campos (2007).

- Execução das mestras: Preencher com a mesma argamassa do contrapiso os espaços entre as taliscas que estiverem na mesma direção, servindo como guia para o preenchimento do piso (Figura 11) (JUNIOR, 2010).

Figura 11: Execução das mestras do contrapiso



Fonte: Proplan (2012).

- Enchimento do piso: Preencher a área entre duas mestras e compacta-la (JUNIOR, 2010).
- Sarrafeamento: Utilizar régua para deixar o piso com mesmo nível das mestras (Figura 12) (JUNIOR, 2010).

Figura 12: Sarrafeamento do contrapiso



Fonte: Construfácil RJ (2013).

4.1.3. Argamassa de assentamento de alvenaria

De grande importância para a elevação de alvenarias de tijolos ou blocos. As funções desta argamassa na alvenaria são principalmente unir os blocos dando resistência aos esforços laterais, distribuir uniforme as cargas

atuantes, absorver as deformações como as de origem térmica, “impermeabilizar” a alvenaria (ABCP). A Figura 13 ilustra o assentamento de alvenaria.

Figura 13: Assentamento de alvenaria



Fonte: Peixoto (2009).

4.1.4. Argamassa colante

Utilizada para colar o revestimento cerâmico com a camada inferior. É necessário que possua uma boa trabalhabilidade, possua uma boa aderência e que possua capacidade de absorver deformações (ABCP). A Figura 14 ilustra a aplicação da argamassa colante.

Figura 14: Argamassa colante

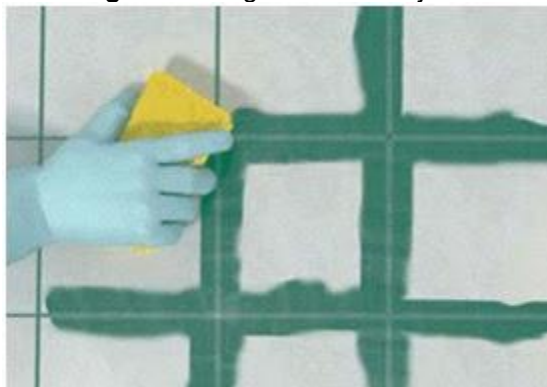


Fonte: Logvinovich (2016).

4.1.5. Argamassa de rejunte

Necessária para vedar os espaços entre as cerâmicas assentadas, facilitar na substituição das mesmas, ajustar os defeitos de alinhamento e absorver as deformações do sistema (ABCP). A Figura 15 ilustra a aplicação da argamassa de rejunte.

Figura 15: Argamassa de rejunte



Fonte: Lino (2013).

4.2. Uso de resíduos em argamassas

A sociedade atual vem exigindo, cada vez mais, não só um bom desempenho dos materiais ou da construção, sob o ponto de vista técnico e funcional, mas principalmente, de suas interações com o meio ambiente, em busca daquela cuja obtenção ou utilização se faça com o mínimo consumo energético e menor impacto ecológico (OLIVEIRA; MENDES, 2008).

O beneficiamento do mármore, granito e o caulim, as construções, as demolições, os resíduos oleosos de petróleo entre outros geram uma grande quantidade de resíduos, igualmente a este trabalho as pesquisas estão se aprofundando cada vez mais para o reaproveitamento desses resíduos (OLIVEIRA; MENDES, 2008).

4.2.1. Resíduos de Construção e Demolição – RCD

Também denominados como entulho, tem se tornado um dos alvos do meio técnico-científico, utilizando o mesmo como agregado para inúmeros usos

na construção civil e também na pavimentação rodoviária, entrando como substituto às matérias-primas hoje utilizadas nestes setores (OLIVEIRA; MENDES, 2008).

O entulho é constituído de restos de praticamente todos os materiais de construção (argamassa, areia, cerâmicas, concretos, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas, etc.). No entanto, a maior fração de sua massa é formada por material não mineral (madeira, papel, plásticos, metais e matéria orgânica) (OLIVEIRA; MENDES, 2008).

O grande desperdício de materiais na construção civil brasileira é real, e bem elevado. Sua quantidade varia de 54% a 70% dos resíduos sólidos urbanos de cidades brasileiras como o Rio de Janeiro e Belo Horizonte, representando uma geração per capita entre 0,4 e 0,76 t /hab./ano (OLIVEIRA; MENDES, 2008).

Com relação à geração de entulho, a situação da cidade de Goiânia não é diferente. Segundo a prefeitura, a geração de entulho na capital de Goiás gira em torno de 586.276 t/ano, sendo que desse total 60% é entulho passível de reutilização (OLIVEIRA; MENDES, 2008). A Tabela 1 ilustra a composição do entulho de algumas cidades brasileiras, em porcentagem.

Tabela 1: Composição do entulho de algumas cidades brasileiras, em porcentagem.

Material	Origem (%)			
	São Carlos	São Paulo	Ribeirão Preto	Salvador
Concreto e argamassa	69	33	59	53
Solo e areia	-	32	-	22
Cerâmica	29	30	23	14
Rochas	1	-	18	5
Outros	1	5	-	6

Fonte: Oliveira; Mendes (2008).

A Figura 16 ilustra o antes e o depois dos resíduos gerados nas construções e demolições e que é preparado para o reaproveitamento.

Figura 16: Resíduos gerados nas construções e demolições antes e após ser preparado para o reaproveitamento.



Fonte: Duarte (2015).

4.2.2. Resíduos oleoso de Petróleo (ROP)

A indústria petrolífera tem crescido em todo o mundo e tornou-se um dos principais setores da economia mundial. E o Brasil, não está fora dessa realidade. De acordo com a brasileira Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2010), em 2009 o Brasil alcançou o 14º lugar entre os maiores produtores mundiais de petróleo (2 milhões de barris / dia).

Refinarias de petróleo e indústrias petroquímicas geram grandes quantidades de resíduos sólidos. Uma preocupação especial é a borra oleosa que se acumula no fundo dos tanques de armazenagem de petróleo bruto ou é gerada em sistemas de separação de água-óleo (MAIT et al., 2008). A borra oleosa contém grandes quantidades de benzeno aromático, fenol e hidrocarbonetos policíclicos que têm efeitos altamente tóxico, mutagênico e carcinogênico sobre os seres humanos e que poluem o ambiente. Esses elementos são, portanto, classificados como poluentes ambientais prioritários pela Environmental EUA Protection Agency (EPA, 1986).

4.2.3. Resíduos de Caulim

A indústria de extração e beneficiamento do caulim apresenta comportamento de manipulação e tratamento de resíduos semelhante ao observado em grande parte da indústria mundial, considerando seus resíduos

apenas como materiais que precisam ser descartados, independentemente do modo de destinação final (ROCHA et al., 2007).

O caulim é um mineral com grande gama de aplicações, como, por exemplo, nas indústrias de papel, borracha, plásticos, tintas, inseticidas e pesticidas, alimentos e rações, cimentos, fertilizantes e fármacos. Entretanto, apesar da grande importância tecnológica do caulim, sua extração e beneficiamento produzem enorme quantidade de resíduos, em virtude do seu processamento ter rendimento de, aproximadamente, apenas 30% do total extraído (ROCHA et al., 2007).

Esses resíduos, ainda não têm valor econômico no mercado atual e nem destino de reutilização, por isso tenta-se reduzir os custos do seu manejo com transporte, pelo descarte mais próximo possível da usina de beneficiamento que acaba ficando cercada de grandes montes de material não aproveitado. Então esses resíduos constituem um problema para os municípios produtores e o meio ambiente. Além de precisar de grandes áreas para seu depósito, seus finos são transportados, pela ação do vento, a grandes distâncias, contaminando as populações vizinhas (NÓBREGA, 2007).

4.3. Rochas ornamentais

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, nos termos da norma 15.012:2003 define rocha ornamental como: material rochoso natural, submetido a diferentes graus ou tipos de beneficiamento, utilizado para exercer uma função estética. A rocha para revestimento corresponde à rocha natural que, submetida a processos diversos de beneficiamento, é utilizada no acabamento de superfícies, especialmente pisos, paredes e fachadas, em obras de construção civil. A pedra de revestimento corresponde ao material rochoso natural selecionado, beneficiado e acabado em formatos e tamanhos específicos, para atender a requisitos dimensionais exigidos para fins estruturais ou arquitetônicos (DIAS et al., 2013).

O uso da pedra pelo homem remonta aos tempos pré-históricos, quando foi utilizada para a confecção de utensílios domésticos, armas para caça,

guerra e como objetos sacros. Posteriormente, por volta de 8.000 a.C., registra-se o seu uso como elemento construtivo nas edificações de habitações e de defesa da cidade, que surgia então como unidade política e social (DIAS et al., 2013).

Os primeiros registros de utilização da rocha como elemento estético e ornamental datam, entretanto, do terceiro milênio antes de Cristo, na região da Mesopotâmia e no Egito, onde eram utilizados basicamente dois tipos de materiais para perpetuar as figuras dos faraós, deuses e outras personalidades importantes na forma de grandes esculturas (DIAS et al., 2013).

Foram os gregos que levaram o uso do mármore para o domínio público, seja em escultura ou em arquitetura. Por outro lado, deve-se aos romanos a sua aplicação em construções privadas, como símbolo de status e riqueza de seu proprietário (DIAS et al., 2013).

Com o advento da arquitetura colonial como um ramo do neoclássico, o uso do mármore branco se difundiu intensamente na região mediterrânea e também na América do Norte, que declarara há pouco sua independência, surgindo no cenário mundial como uma terra rica e promissora (DIAS et al., 2013).

No século XIX, o consumo de mármore aumentou significativamente, mas tal incremento não resultou na utilização qualitativa do material. De modo geral, a ampliação do emprego do mármore esteve relacionada com sua intensa utilização na construção de habitações suburbanas para a classe média que se consolidava (DIAS et al., 2013).

Até o final do século XIX, início do século XX, quando se introduz a mecanização na extração e no beneficiamento do mármore, através do uso do fio helicoidal na extração e, em seguida, do tear, no desdobramento do bloco em chapas, o uso do mármore na arquitetura permanecia mais intenso na parte estrutural do que como elemento ornamental (DIAS et al., 2013).

Ao contrário do corte do mármore, a evolução do corte do granito não passou, inicialmente, por um ponto de ruptura ou pela introdução de uma inovação tecnológica tão importante como foi para o mármore o uso das lâminas diamantadas. A serragem do granito iniciou-se nas mesmas máquinas desenhadas para a serragem do mármore. Mas, desde a “especialização” dos processos, ocorrida na mesma década de 1950, o desenvolvimento do

processo de serragem de granito tem transcorrido de forma contínua, em virtude de aperfeiçoamentos e melhorias nas máquinas, equipamentos, acessórios, ferramentas e insumos utilizados (DIAS et al., 2013).

A grande inovação, de fato, neste campo apareceu no final da década de 1970, com o surgimento da máquina politriz multicabeças de esteira para granito, baseada no modelo para mármore. A ideia, criativa e inovadora, foi simplesmente aumentar o número de cabeçotes de polimento e diminuir a pressão de trabalho em cada um deles, garantindo, assim, que a chapa não se quebrasse durante a operação (DIAS et al., 2013).

Nesse desenvolvimento a evolução da informática desempenhou papel relevante, com o surgimento de softwares específicos para os controles operacionais dos equipamentos (DIAS et al., 2013).

Ainda no início dos anos 1990, ocorreu uma grande “revolução” no setor das rochas com a possibilidade de aplicação das resinas de poliéster e, sobretudo, as de base epóxi. A aplicação destas resinas durante o processo de polimento alterou bastante a base de aproveitamento das rochas ornamentais, pois permitiu a extração de uma gama enorme de granitos e mármore que antes não teriam possibilidade de beneficiamento, ampliando a possibilidade da utilização de materiais considerados exóticos e super exóticos (DIAS et al., 2013).

A produção mundial noticiada de rochas ornamentais e de revestimento evoluiu de 1,8 milhão t/ano, na década de 1920, para um patamar atual de 123,5 Mt/ano. Cerca de 52 Mt de rochas brutas e beneficiadas foram comercializadas no mercado internacional em 2012. O notável crescimento do intercâmbio mundial caracterizou as décadas de 1980 e 1990 como a “nova idade da pedra” e o próprio setor de rochas como uma das mais importantes áreas emergentes de negócios minero-industriais. Em âmbito mundial, estima-se que o setor de rochas esteja, atualmente, movimentando transações comerciais de US\$ 120 bilhões por ano (FILHO; KISTEMANN, 2014).

A produção mundial estimada de rochas ornamentais, no ano de 2012, totalizou 123,5 milhões de toneladas, correspondentes a cerca de 43 milhões de metros cúbicos ou 1,35 bilhões de metros quadrados equivalentes de chapas com dois centímetros de espessura. Esta produção envolveu 72,25 Mt

(58,5%) de rochas carbonáticas, 45,75 Mt (37,0%) de rochas silicáticas e 5,5 Mt (4,5%) de ardósias e outras rochas xistosas (FILHO; KISTEMANN, 2014).

4.4 Mármore

A durabilidade e beleza dos mármore é incontestável, basta olhar as obras e estruturas ainda existentes construídas há milênios pelos gregos e romanos. Naquela época, era utilizado com função estrutural, mas com o decorrer dos tempos a função passou a ser de revestimentos e assim ganhando o nome de rochas ornamentais (DIAS et al., 2013).

Quando utilizado como estrutura, a forma utilizada era em blocos e quando passou a ser utilizada em revestimentos passou para forma de placas com espessuras de 20 a 30mm (DIAS et al., 2013).

O preço final oferecido ao consumidor de mármore e granitos é, sem dúvida, o principal inibidor de um maior consumo, embora seja inquestionável a aceitação desses produtos. Mesmo com a modernização as marmorarias têm nos custos insumos básicos, que limitam a diminuição de preço (DIAS et al., 2013).

4.4.1. Produção mundial de mármore

Um jazigo mineral marmóreo pode ser analisado do ponto de vista do seu interesse econômico como rocha ornamental, com base nos seguintes parâmetros: Cor, textura e tamanho do grão, orientação e inclinação das camadas, grau e características da fraturação, volume e distribuição espacial do material com qualidade ornamental, grau de alteração do material à superfície, presença de vegetação e solo à superfície, e suas características, condições logísticas da jazida, localização geográfica do maciço marmóreo, características do mercado marmóreo (GUERREIRO, 2000).

Os principais núcleos de extração de mármore que satisfazem os parâmetros, e que por isso se encontram em exploração, foram originados por metamorfismo regional (caracterizado por alta pressão e baixa ou média temperatura). Os melhores exemplos deste tipo de depósito são o Anticlinal de Estremoz – Borba – Vila Viçosa em Portugal, onde se extrai o “Rosa Portugal”

(mármore rosa) e os Alpes Apuan em Itália (Carrara) nos quais se explora o “Bianco Carrara” (mármore branco) (GUERREIRO, 2000).

Difícilmente se encontra, nas jazidas de mármore, um único tipo de material, sendo comum o aparecimento de minerais de diferentes cores, texturas e grãos, dando origem à presença de diversas variedades de mármore comercial (GUERREIRO, 2000). A Tabela 2 ilustra os principais núcleos mundiais de exploração de mármore.

Tabela 2: Principais núcleos mundiais de exploração de mármore.

NÚCLEOS IMPORTANTES	NÚCLEOS COM ALGUMA EXPRESSÃO	NÚCLEOS SEM EXPRESSÃO
Grécia	Argentina	Angola
Índia	Brasil	Moçambique
Itália (Carrara)	Espanha	
Portugal (Anticlinal de Estremoz)	Estados Unidos da América	
	Jugoslávia	
	Namíbia	
	Noruega	
	Roménia	
	Rússia	
	Turquia	
	Zâmbia	

Fonte: Guerreiro (2000).

A Tabela 3 ilustra as principais variedades de mármore do mundo.

Tabela 3: Principais variedades de mármore do mundo.

Países	CORES DOS MÁRMORES					
	Branco	Rosas	Cinzentos	Amarelos	Verdes	Azuis
Argentina						Azul cielo
Brasil	Branco neve	Chocorosa		Afyon yellow		
E.U.A.	Imperial danby				Vermont green	
Espanha	Blanco macael				Vermont green	
Grécia	Taxos white					
Índia	Ambaji white					
Itália	Bianco carrara; Statuario		Bardiglio carrara; Blu venato d'Itália	Giallo siena	Cipollino apuano; Verde issorie; Verdi	

					issogne	
Jugoslávia	Bianco sivec					
Namíbia	White savana					
Noruega		Norwegian rose				
Portugal	Branco estremo	Rosa portugal	Azul lagoa, Ruivina		Verde viana	
Turquia	Marmara White		Salomé, Surpren			
Zâmbia		Rosa west				

Fonte: Guerreiro (2000).

A Tabela 4 ilustra a produção mundial das rochas ornamentais desde 1926 até 2012.

Tabela 4: Produção Mundial das Rochas Ornamentais.

Ano	Perfil Histórico						Total 1.000 t
	Mármore		Granitos		Outros*		
	1.000 t	%	1.000 t	%	1.000 t	%	
1926	1.175	65,6	175	9,8	440	24,6	1.790
1976	13.600	76,4	3.400	19,1	800	4,5	17.800
1986	13.130	60,5	7.385	34,0	1.195	5,5	21.710
1996	26.450	56,9	17.625	37,9	2.425	5,2	46.500
1998	29.400	57,6	19.000	37,3	2.600	5,1	51.000
2000	34.500	57,8	21.700	36,3	3.450	5,9	59.650
2002	39.000	57,8	25.000	37,0	3.500	5,2	67.500
2004	43.750	53,9	33.000	40,6	4.500	5,5	81.250
2006	53.350	57,5	34.800	37,5	4.600	5,0	92.750
2008	61.000	58,0	38.300	36,5	5.700	5,5	105.000
2010	65.230	58,5	40.500	36,3	5.750	5,2	111.500
2012	72.250	58,5	45.750	37,0	5.500	4,5	123.500

Fonte: Filho; Kistemann (2014).

A China foi a maior produtora mundial em 2012, com 38,0 Mt. Além disso, já desde o final da década de 1990, a China tornou-se a maior exportadora de rochas processadas e maior importadora de rochas brutas. O segundo maior produtor mundial é a Índia, com 17,5 Mt em 2012. Seguem, com uma produção ao redor de 9,0-11,0 Mt, a Turquia e o Brasil (FILHO; KISTEMANN, 2014).

Ao longo da década de 2000, cresceu significativamente a produção de países extraeuropeus, caso da China, Índia, Irã, Turquia e Brasil, enquanto permaneceu inalterada, ou até com leve declínio, a produção dos players

européus tradicionais, como a Itália, Espanha, Portugal e Grécia. O crescimento mais expressivo foi o da China, cuja produção evoluiu de 14,0 Mt, em 2002, para os referidos 38,0 Mt em 2012 (FILHO; KISTEMANN, 2014).

4.4.2. Produção de mármore no Brasil

O Brasil possui uma grande quantidade de jazidas de pedras ornamentais com grande potencial exportador. Isso o coloca na 8ª posição no ranking de países exportadores de blocos e o 5º maior exportador de rochas ornamentais acabadas. Atualmente, o mercado de rochas no país movimenta cerca de 2,1 bilhões de dólares por ano, incluindo a comercialização no mercado interno e externo e as transações de máquinas, equipamentos, insumos e materiais de consumo e serviços. São mais de 1.200 variedades de rochas ornamentais encontradas em solo brasileiro e exploradas por 12.000 empresas instaladas por todo o território nacional, gerando 100 mil empregos diretos (SEBRAE/ES, 2012).

Mais de 90% dos investimentos do parque industrial brasileiro do setor de rochas ornamentais são realizados no Espírito Santo. O Estado se tornou referência mundial em mármore e granito e líder absoluto na produção nacional de rochas, apresentando um potencial geológico imensurável, amplamente desenvolvido por meio de investimentos em pesquisas geológicas, tecnologias de extração e beneficiamento (SEBRAE/ES, 2012).

O Espírito Santo tem lavras de diversos tipos de rochas, empresas para beneficiamento primário (serragem) e secundário (polimento e produtos acabados), fabricantes de máquinas, equipamentos e insumos industriais, prestadores de serviço, centros de tecnologia, entre outros. O município que mais se destaca é o de Cachoeiro do Itapemirim. Ele tem a maior reserva de mármore e o maior parque industrial de rochas ornamentais do país (SEBRAE/ES, 2012).

O principal mercado para os produtos de rochas ornamentais é, sobretudo, a indústria da construção civil (mais de 80% do volume). No caso de marmorarias menores há uma grande participação da produção de bancadas para cozinhas, banheiros e tampos de mesa feitos sob encomenda

(SEBRAE/ES, 2012). A Tabela 5 ilustra as principais aglomerações produtivas do setor de rochas no Brasil, separando em região e estado.

Tabela 5: Principais aglomerações produtivas do setor de rochas no Brasil.

Região	Aglomerações Identificadas	UF	Nº Munic.
Sudeste	Pedra Paduana	RJ	1
	Ardósias Papagaio	MG	8
	Mármore e Granitos Cachoeiro de Itapemirim	ES	8
	Granitos Nova Venécia	ES	6
	Quartzitos São Thomé	MG	6
	Granitos Baixo Guandu	ES	4
	Granitos Medina	MG	4
	Granitos Candeias - Caldas	MG	16
	Granitos Bragança Paulista	SP	4
	Quartzitos e Pedra-Sabão Ouro Preto	MG	4
Região Centro-Oeste	Quartzitos Alpinópolis	MG	2
	Quartzitos Pirenópolis	GO	2
Região Sul	Basaltos Nova Prata	RS	7
	Ardósias Trombudo Central	SC	1
Região Nordeste	Travertinos Ourolândia	BA	2
	Granitos Teixeira de Freitas	BA	2
	Pedra Cariri	CE	2
	Pedra Morisca	PI	1
Total	18 Aglomerações Produtivas de Rochas	10	80

Fonte: Filho; Kistemann (2014).

O perfil da produção brasileira, por tipo de rocha, é ilustrado na Tabela 6, observando-se que os materiais comercialmente classificados como granitos correspondem a 50% do total produzido. A distribuição regional dessa produção é ilustrada na Tabela 7, salientando-se que a Região Sudeste do Brasil responde por quase 65% do total (FILHO; KISTEMANN, 2014).

Tabela 6: Perfil da produção brasileira por tipo de rocha, 2012.

Tipo de Rocha	Produção (Milhão t)	Participação (%)
Granito e similares	4,6	49,5
Mármore e Travertino	1,7	18,2
Ardósia	0,6	6,5
Quartzito Foliado	0,6	6,5
Quartzito Maciço	0,6	6,5
Pedra Miracema	0,2	2,1
Outros (Basalto, Pedra Cariri, Pedra-Sabão, Pedra Morisca etc.)	1,0	10,7
Total estimado	9,3	100

Fonte: Filho; Kistemann (2014).

Tabela 7: Distribuição regional da produção bruta de rochas ornamentais no Brasil, 2012.

Região	Produção (106 t)	Participação (%)
Sudeste	6,0	65,0
Nordeste	2,4	26,0
Sul	0,4	4,0
Centro-Oeste	0,4	4,0
Norte	0,1	1,0
Total estimado	9,3	100

Fonte: Filho; Kistemann (2014).

A partir dos dados de produção, exportação e importação, é ilustrado na Tabela 8 o perfil do consumo interno brasileiro, por tipo de rocha, e na Tabela 9 a distribuição regional desse consumo. Os materiais graníticos respondem por 45% do consumo brasileiro. O Estado de São Paulo concentra 45% do total do consumo interno (FILHO; KISTEMANN, 2014).

Tabela 8: Consumo interno aparente de rochas ornamentais e de revestimento no Brasil, 2012.

Tipo de Rocha	Consumo (106 m² equivalentes)*	Participação (%)
Granito	32,4	45
Mármore e Travertino	18,0	25
Ardósia	4,3	6
Quartzitos Maciço e Foliado	7,9	11
Outros	7,2	10
Mármore importados	1,4	2
Aglomerados importados	0,7	1
Total estimado	71,9	100

(*) Chapas com 2 cm de espessura equivalente. **Fonte:** Filho; Kistemann (2014).

Tabela 9: Distribuição do consumo interno aparente de rochas ornamentais no Brasil, por estados e regiões, 2012.

Estado / Região	Consumo (106 m² equivalentes)*	Participação (%)
São Paulo	32,4	45
Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais	16,5	23
Região Sul	10,1	14
Regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste	12,9	18
Total estimado	71,9	100

(*) Chapas com 2 cm de espessura equivalente. **Fonte:** Filho; Kistemann (2014).

4.5. Resíduos de Mármore

A produção de resíduos de mármore consiste quando acontece a extração das pedras brutas das pedreiras e a transformação dessas em chapas polidas. A produção é gerada em grandes quantidades em forma de lama constituída por pó de pedra, cal, água e granalha metálica (DESTEFANI, 2009). No Brasil, no ano de 2007, a produção de rochas ornamentais atingiu 8 milhões de toneladas, que segundo (DESTEFANI, 2009) gerou próximo de 682 mil m³ de resíduos de rochas em volume, equivalente a 1,8 milhões de toneladas de resíduos. A Figura 17, ilustra blocos de mármore e granitos estocados em um pátio.

Figura 17: Blocos de mármore e granito.



Fonte: Dias (2013).

Os resíduos industriais gerados nas serrarias das marmorarias geram um grande impacto ambiental quando depositados de forma incorreta no meio ambiente. Na maioria das serrarias os efluentes gerados no processo são depositados dentro de caixas retentoras juntamente com o resíduo sólido, onde em conjunto passam por caixas de tratamento por decantação, sendo a água retornada ao processo. Para a remoção dos resíduos são utilizadas caçambas que por muitas vezes, pela falta de fiscalização ou pela inexistência de local apropriado descarregam na natureza (PRANDO; BARCELOS; 2009).

A necessidade de buscar novos clientes para as empresas faz com que o administrador pense em novas estratégias e novas ferramentas, onde a gestão ambiental torna-se um diferencial para melhorias da imagem da organização perante novos consumidores. Com avanço do setor da construção civil no Brasil cresce a necessidade de baixar custos de construção e cresce o uso das matérias primas, o que leva o setor a procurar novos materiais e novas tecnologias para suprir a demanda do mercado. Esse crescimento em 2010 representou aproximadamente 15,5% do PIB brasileiro, e apesar de toda a sua importância, esta parte da economia é muito atrasada, com baixos índices de produtividade e gerador de cerca de 25% de resíduos (SANGALLI et al., 2013).

O pó mármore e o pó de granito são uns dos materiais descartados pela indústria e que já apresentam estudos realizados nesta área e mostram que estes resíduos de atividades do seu beneficiamento podem ser utilizados na construção civil como substituição ou incorporação, reduzindo impactos

ambientais decorridos da produção, bem como a destinação do descarte deste material. Com construções cada vez maiores e esbeltas foi preciso buscar mais formas e técnicas de adensamento e compactação do concreto, que são para o caso de uma estrutura com uma grande quantidade de armadura que dificulta o seu acesso e que torna cada vez mais difícil garantir a qualidade do produto final (SANGALLI et al., 2013).

Portanto, a utilização deste resíduo na construção civil constitui uma resposta inteligente na melhoria da gestão ambiental. De um modo geral, a utilização destes resíduos vem crescendo em todo o mundo. Geralmente, a adição do fíler do mármore e granito proporciona concretos de melhor desempenho, tanto no estado fresco, relacionado à trabalhabilidade, como endurecido, relacionado à resistência. CAA (concreto autoadensável) uma evolução do concreto tradicional no qual está associada a vantagens, como por exemplo, a alta capacidade de fluidez, coesividade e resistência à segregação em seu estado fresco, e alta capacidade de preenchimento das formas, mesmo na presença de altas taxas de armadura e sem vibração e outra alternativa seria utilizar este resíduo como agregado em argamassa (SANGALLI et al., 2013).

As Figuras 18 e 19 ilustram a degradação do solo e da paisagem causada pela disposição inadequada da lama do beneficiamento de rochas ornamentais.

Figura 18: Degradação do solo e da paisagem causada pela disposição inadequada da lama do beneficiamento de rochas ornamentais.



Fonte: Prezotti; Muzzi; Silva (2010).

Figura 19: Degradação do solo e da paisagem causada pela disposição inadequada da lama do beneficiamento de rochas ornamentais.



Fonte: Prezotti; Muzzi; Silva (2010).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Materiais

Os materiais usados nesta pesquisa foram:

Cimento: O cimento utilizado na pesquisa foi o cimento Portland CP II Z – 32, fornecido pela fábrica de cimento Zebu, no município de Santa Rita-PB;

Agregado miúdo: O agregado miúdo utilizado na pesquisa foi do tipo natural proveniente de jazida do leito do Rio Paraíba;

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

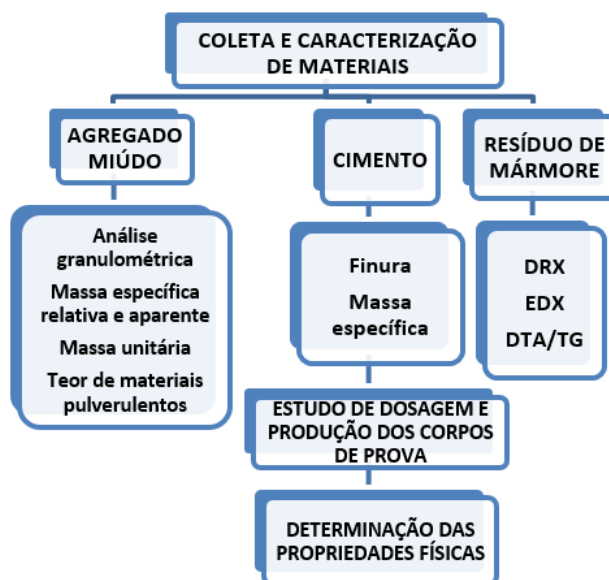
Cal: A cal hidratada utilizada foi da marca bom-cal.

Resíduo de mármore: Fornecido pela empresa Fuji S/A Mármore e Granitos, gerado durante o beneficiamento do mármore.

5.2 Metodologia

A Figura 20 ilustra o fluxograma das etapas da pesquisa.

Figura 20: Fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: Autoria própria (2017).

5.2.1. Seleção de materiais

Nesta etapa foram selecionados os materiais a serem utilizados para o desenvolvimento deste projeto.

5.2.2. Caracterização química, física e mineralógica.

A seguir estão descritos os ensaios de caracterização do agregado graúdo, agregado miúdo e do cimento e do resíduo de mármore utilizado na pesquisa.

5.2.2.1. Caracterização física dos agregados e do cimento.

Granulometria

O ensaio de granulométrica determina a distribuição percentual dos diferentes tamanhos dos grãos do agregado. É representada pela curva de distribuição granulométrica que mostra o percentual de material passando na peneira em questão versus logaritmo do diâmetro da abertura da peneira.

O ensaio de composição granulométrica para o agregado graúdo e agregado miúdo como para o agregado graúdo foi realizado segundo o método de ensaio da ABNT NBR 7217 (ABNT, 1987).

Determinação da massa específica

A massa específica do agregado é a relação da massa e o seu volume, não considerando os vazios permeáveis da água. Este valor teve importância no cálculo do consumo dos materiais determinados no traço de concreto.

A determinação da massa específica da areia foi realizada por meio do frasco de Chapman, segundo a norma ABNT NBR 9776 (ABNT, 1987) e para o cimento, o ensaio foi realizado seguindo a norma DNER – ME 085/1994.

Determinação da massa unitária

A massa unitária do agregado no estado solto corresponde ao quociente da massa do agregado lançado no recipiente e o volume desse recipiente. Este ensaio tem como objetivo principal verificar a massa unitária do agregado miúdo, incluindo os vazios, e umidade que existem entre os grãos, e determinar sua utilização no traço da argamassa. Com essa determinação podem ser feitas transformações dos traços de massa para volume durante o procedimento de dosagem.

O ensaio foi realizado com o agregado miúdo segundo o método de ensaio ABNT NBR 7251 (ABNT, 1982).

Determinação do teor de materiais pulverulentos

Os materiais pulverulentos são partículas minerais que passam na peneira de malha de nº 200 com abertura de 75µm, inclusive os materiais solúveis em água, presente nos agregados.

Este ensaio, que tem como objetivo a determinação do teor de materiais pulverulentos nos agregados destinados ao preparo de argamassa, foi realizado para o agregado miúdo de acordo com a norma ABNT NBR 7219 (ABNT, 1987).

Ensaio de finura

É a determinação da porcentagem, em massa, de cimento Portland cujas dimensões de grãos são superiores a 75 µm através do método de peneiramento manual de acordo com a norma ABNT NBR 11579 (ABNT, 2012).

É importante se conhecer o valor da finura dos cimentos, pois quando esse valor é elevado, indica que ocorreu hidratação do cimento e conseqüentemente, perda de suas características. Quanto mais fino for o cimento melhor será a sua reação de hidratação e a resistência mecânica da argamassa.

5.2.2.2. Caracterização química, física e mineralógico do resíduo de mármore e da cal.

Análise granulométrica

Neste método é combinada a relação proporcional entre a difração a laser e a concentração e o tamanho de partículas. Para realização deste ensaio a amostra do resíduo de mármore foi beneficiada em peneira ABNT n° 80 (0,18mm) e dispersa em 250ml de água destilada em agitador Hamilton Beach modelo N-5000 na velocidade de 17.000rpm por 20 minutos, em seguida, a dispersão foi colocada em um equipamento CILAS modelo 1064, em modo úmido, até atingir a concentração ideal, que é de 150 unidades de difração/área de incidência.

Análise Térmica Diferencial (DTA) e Termogravimétrica (TG) do resíduo de mármore.

As análises térmicas diferenciais (DTA) e termogravimétricas (TG) foram realizadas em equipamento BP Engenharia, Modelo RB 3000, operando a 12,5°C/min. A temperatura máxima utilizada nas análises térmicas foi de 300°C e o padrão utilizado nos ensaios de DTA foi o óxido de alumínio (Al₂O₃) calcinado.

Difração de Raios-X – DRX do resíduo de mármore.

Esta técnica possibilita determinar a estrutura de sólidos cristalinos, conhecer o arranjo dos átomos em retículos cristalinos ou em um único cristal de uma determinada substância, baseado nos padrões de interferência de radiação X difratada por estes retículos, permitindo determinar os principais elementos que compõem o material (solo).

Este ensaio foi realizado em equipamento Shimadzu XDR-6000, utilizando radiação $\text{CuK}\alpha$, tensão de 40kV, corrente de 30mA, varredura de $2^\circ < 2\theta < 30^\circ$ e $\lambda 1,54^{\text{a}}$.

Análise química – EDX do resíduo de mármore.

Este ensaio fornece dados fundamentais de grande utilidade industrial e científica, e consiste em submeter à amostra a uma fluorescência de raios X, onde foram identificados os componentes físico-químicos do material. O material foi beneficiado em peneira ABNT N° 200 (abertura de 0,074mm) e o ensaio foi realizado no equipamento EDX 720 da Shimadzu.

5.2.2.3. Dosagem dos materiais

Escolha da composição granulométrica e determinação da volumetria para obtenção do teor ótimo de resíduo mármore para confecção dos corpos de prova de argamassa.

A dosagem dos materiais foi realizada de acordo com a metodologia estabelecida pela ABCP – Associação brasileira de Cimento Portland, e, conforme as seguintes etapas: Na primeira etapa foram determinados os traços, que foi 1:2:9:2,18. Na segunda etapa foi determinado os teores de substituição e idades de controle que foram utilizados na pesquisa, os teores utilizados foram 0%, 10% e 20% de substituição da areia por resíduo de mármore e as idades de controle foram 7, 14 e 28 dias.

5.2.2.4. Determinação das propriedades mecânicas da argamassa.

Resistência à compressão

Para a caracterização mecânica dos corpos de prova de argamassa incorporada com resíduo de mármore em pó foi realizado o ensaio de resistência à compressão simples, de acordo com a norma ABNT NBR 7215 (ABNT 1996), nas idades de controle de 7, 14 e 28 dias.

Os resultados obtidos são provenientes da média de 6 corpos de prova.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Caracterização do agregado miúdo, cimento e cal

6.1.1 Caracterização do agregado miúdo

Para o agregado miúdo foi utilizado areia quartzosa proveniente do leito do Rio Paraíba. Os resultados obtidos no ensaio de granulometria estão ilustrados na Tabela 10.

Tabela 10: Composição granulométrica do agregado miúdo.

Composição granulométrica (ABNT NBR 7217:1987)

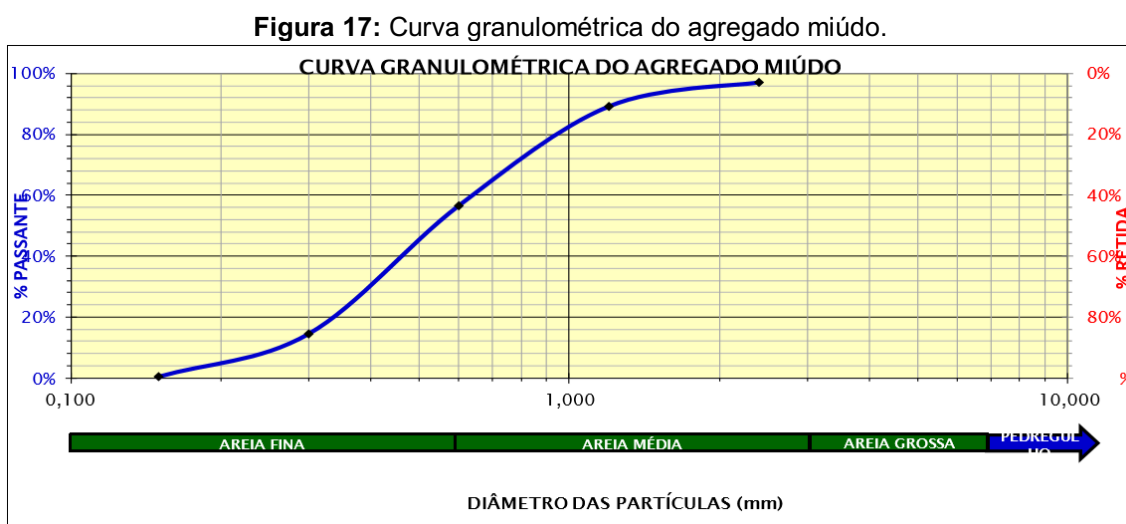
Peneiras (mm)	Material retido (g)	Porcentagem em massa (%)	
		Retida	Acumulada
2,4	28,95	2,90	2,90
1,2	79,09	7,91	10,81
0,6	326,32	32,65	43,46
0,3	420,85	42,11	85,56
0,15	140,28	14,04	99,60
Fundo	4,00	0,40	100,00
Soma	999,49	100,00	-
Módulo de finura		2,42	
Diâmetro máximo		2,36 mm	

Fonte: Autoria própria (2017).

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se para o módulo de finura o valor de 2,4%, estando, portanto, dentro da zona ótima de utilização na qual o módulo de finura pode variar de 2,20 a 2,90. E, portanto, classificado como areia de granulometria média, pois, este valor encontra-se dentro do intervalo de $2,4 < MF < 3,2$ de acordo com a norma da ABNT NBR 7211 (ABNT, 1982). O diâmetro máximo obtido para este agregado é de 2,36 mm. De acordo com os valores obtidos esta areia é considerada bem graduada, favorecendo positivamente sua utilização em argamassas por promover uma melhor trabalhabilidade e uma pequena quantidade de vazios entre os grãos.

A composição granulométrica do agregado miúdo desempenha papel fundamental na preparação de concretos e argamassas. As dimensões do agregado têm efeito direto sobre os vazios, no fator água/cimento e na trabalhabilidade das misturas de concreto.

A curva granulométrica para o agregado miúdo (areia quartzosa) está ilustrada na Figura 16.



Fonte: Autoria própria (2017).

Na Tabela 11, estão ilustrados os resultados obtidos para caracterização do agregado miúdo, seguindo as prescrições estabelecidas pelas normas da ABNT.

Tabela 11: Caracterização física do agregado miúdo.

Ensaio	Valor obtido
Massa Específica (ABNT NBR 9776:1987)	2,618g/cm ³
Massa Unitária no Estado Solto (ABNT NBR 7251:1982)	1,429g/cm ³
Teor de Materiais Pulverulentos (ABNT NBR 7219:1987)	0,07%

Fonte: Autoria própria (2017).

Verifica-se que o resultado obtido para massa específica real foi de 2,61g/cm³, Souza (2008) relata que a massa específica real obtido é de aproximadamente 2,60 g/cm³.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 11, para massa unitária, verifica-se que o valor encontrado foi de 1,429 g/cm³, similar ao valor encontrado por Souza (2008). Este parâmetro é muito importante para o estudo de dosagem do concreto, referindo-se à densidade do agregado com os vazios existentes. Para determinação da massa unitária, foi realizado o procedimento

estabelecido pela norma da ABNT NBR 7251 (ABNT, 1982), adotando todos os cuidados para evitar a segregação das partículas que constituem a amostra.

O teor de materiais pulverulentos encontrados (Tab. 11) foi de 0,07%, sendo inferior a 3,0% a 5,0%, podendo-se afirmar que esta areia apresenta poucos finos, não prejudicando desta forma na quantidade de água a ser utilizada para obtenção da consistência adequada, pois o aumento da quantidade de água intensificaria a retração e diminuiria a resistência de argamassas e concretos.

A presença desses materiais é indesejável na constituição do concreto, já que um alto teor de materiais pulverulentos diminui a aderência do agregado à argamassa e dificulta a reação de hidratação do cimento com os agregados, prejudicando de forma direta a resistência do concreto.

6.1.2 Caracterização do cimento

A Tabela 12 ilustra os resultados para a massa específica e o índice de finura do cimento.

Tabela 12: Caracterização física do cimento.

Ensaio	Valor obtido
Massa específica (DNER – ME 085/1994)	2,91 g/cm ³
Finura (ABNT NBR 11579:2013)	2,84 %

Fonte: Autoria própria (2017).

Analisando os resultados da Tabela 12, verifica-se que a massa específica do cimento é de 2,91 g/cm³. O módulo de finura obtido foi de 2,84%. Este valor satisfaz o limite máximo estabelecido pela norma da ABNT NBR 11579 (ABNT, 2012) que é igual a 12%.

6.1.3 Caracterização da cal

A Tabela 13 apresenta o resultado da composição química da cal.

Tabela 13: Composição química da cal.

Composição Química (%)	
Óxido de cálcio (CaO)	49,35
Óxido de magnésio (MgO)	26,45
Dióxido de silício (SiO ₂)	1,88
Óxido de alumínio (Al ₂ O ₃)	0,26
Óxido de ferro (Fe ₂ O ₃)	0,22
Óxido de potássio (K ₂ O)	0,06
Óxido de estrôncio (SrO)	0,04
Óxido de cobre (CuO)	0,01
Carbono (C)	0,00
Perda ao fogo	21,74

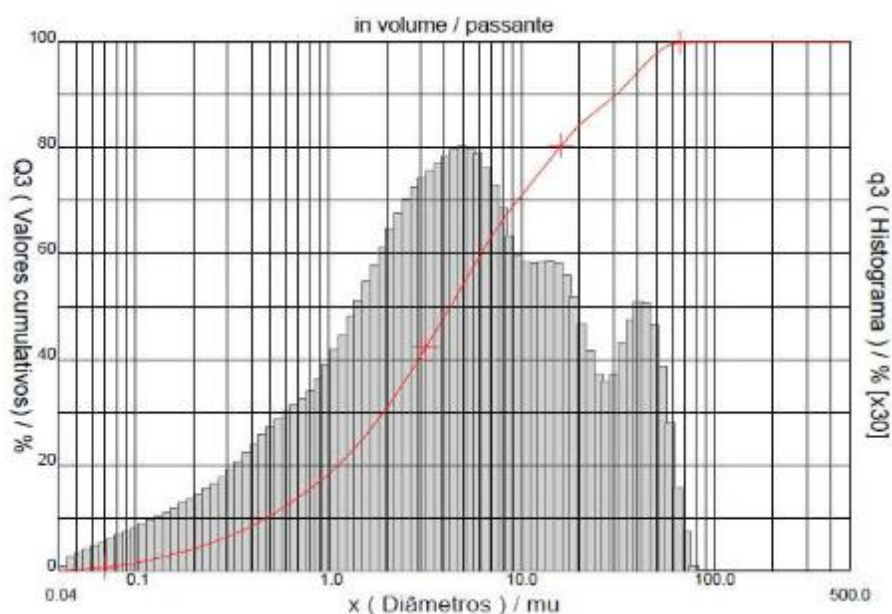
Fonte: Bezerra (2012).

De acordo com esta composição a Cal Hidratada pode ser considerada como sendo dolomítica por apresentar como principais compostos o óxido de cálcio e o óxido de magnésio. Esta composição favorece a utilização desta cal para produção de argamassas de assentamento e revestimento (SILVA, 2006).

Analisando os resultados obtidos, verifica-se que a cal possui um elevado teor de óxido de cálcio (CaO) e baixo teor de óxido de magnésio, sendo os valores de 49,35% e 26,45% respectivamente. Quanto aos demais componentes encontrados na composição química da cal, como principais impurezas, apresentam valores inferiores a 2%.

A Figura 17 ilustra a distribuição granulométrica por difração a laser da Cal hidratada.

Figura 18: Distribuição granulométrica por difração a laser da cal hidratada.



Fonte: Bezerra (2012).

De acordo com o comportamento obtido para distribuição granulométrica da cal, observa-se, pela Figura 17, que a curva apresentou comportamento modal com diâmetro médio de $9,87\mu\text{m}$, com D10 de $0,47\mu\text{m}$, D50 de $4,28\mu\text{m}$ e D90 de $30,84\mu\text{m}$. Para esta cal não existe partículas superiores a $100\mu\text{m}$.

6.2. Caracterização do resíduo de mármore.

A Tabela 14 apresenta os resultados obtidos para a caracterização química por fluorescência de raios-X do resíduo de mármore.

Tabela 14: Caracterização química por fluorescência de raios-X do resíduo de mármore.

Composição	PF	CaO	MgO	SiO ₂	K ₂ O	SO ₃	Outros
Resíduo de Mármore	34,13%	51,02%	10,03%	2,06%	1,22%	0,52%	1,02%

PF: Perda ao Fogo. **Fonte:** Nunes (2016).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 14, verifica-se que o resíduo de pó de mármore apresenta em sua composição majoritária CaO (51%), MgO (10%) e SiO₂ (2%). Verifica-se, que este resíduo apresenta composição característica de um material calcário dolomítico, exibindo teor de 10,03% de MgO, quanto pela relação MgO/CaO em torno de 0,19. Calcários dolomíticos apresentam teores de MgO entre 4,3% e 10,5% e relação MgO/CaO entre 0,08 e 0,25 (SANTOS, 1989). O resíduo apresenta também menores quantidades de dióxido de silício e óxido sulfúrico. Apresentando, ainda uma alta perda de massa na calcinação do resíduo de mármore de 34% correspondente à liberação do CO₂ dos carbonatos durante o aquecimento.

Rodrigues et al., 2011, realizou a caracterização de resíduo de mármore visando sua utilização na produção de materiais vítreos e obteve como principais componentes os óxidos de CaO (58%), MgO (31%).

A Tabela 15 apresenta a composição granulométrica do resíduo de mármore em pó.

Tabela 15: Composição granulométrica do resíduo de mármore em pó.

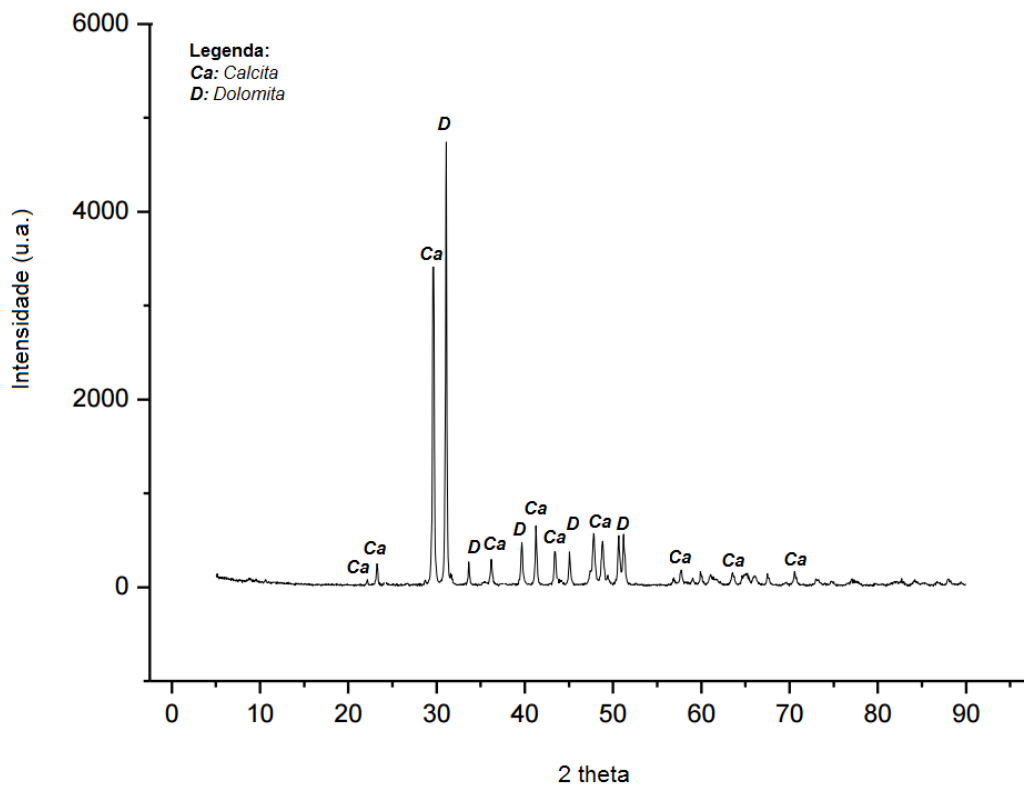
Amostra		Componentes (%)		
		Argila	Silte	Areia fina
Resíduo de mármore		4,6	95	0,4

Fonte: Nunes (2017).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 15, verifica-se que o resíduo de mármore apresenta uma quantidade de fração argila da ordem de 4,6%, teor de silte de 95% e teor de areia fina é cerca de 0,4%.

A Figura 18 ilustra o Difratoograma de raios-X do resíduo de mármore em pó.

Figura 19: Difratoograma de raios-X do resíduo de mármore em pó.



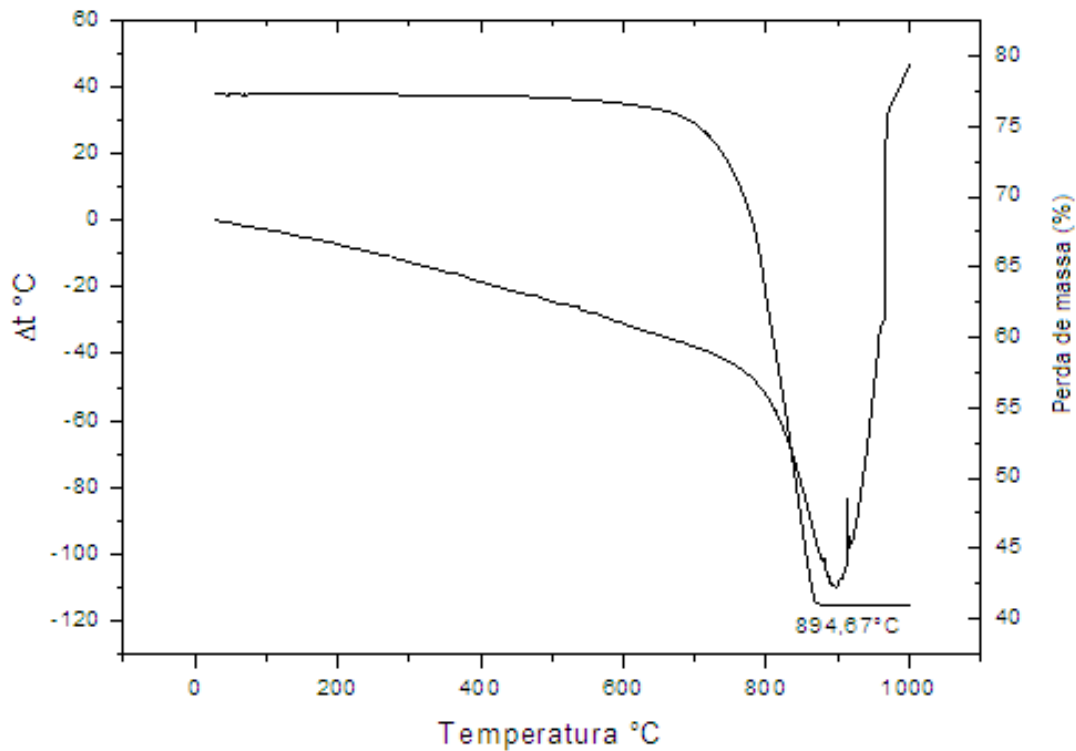
Fonte: Nunes (2016).

De acordo com os resultados obtidos para o Difratoograma de raios-X do resíduo de mármore em pó, verificam-se as seguintes fases mineralógicas: Calcita e Dolomita, principais constituintes das rochas carbonáticas.

Os resultados obtidos corroboram com dados alcançados por Almeida et al., 2015, ao caracterizar um resíduo de mármore em pó visando aplicação em materiais cerâmicos.

A Figura 19 ilustra as curvas de análise termodiferencial e termogravimétrica do resíduo de mármore em pó.

Figura 20: Análise termodiferencial e termogravimétrica do resíduo de mármore em pó.



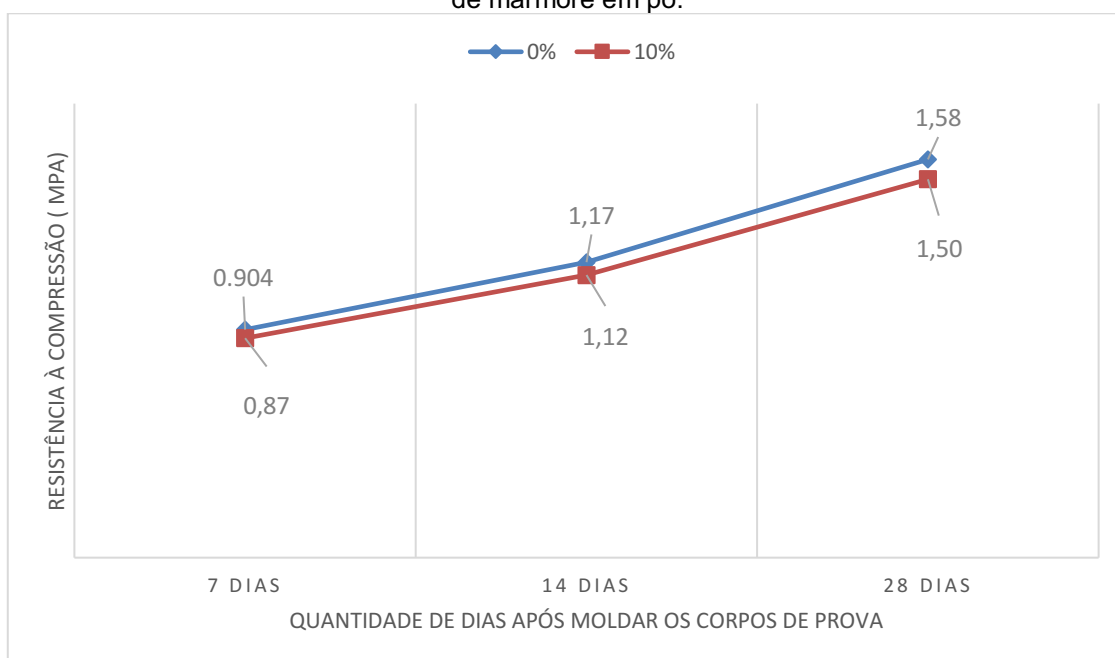
Fonte: Nunes (2016).

De acordo com a Figura 19, referente ao comportamento térmico do resíduo de mármore em pó, verifica-se a ocorrência de um pico endotérmico a 894,67°C, referente a decomposição do Carbonato de Cálcio. De acordo com a curva termogravimétrica, observa-se que houve uma perda de 48,1%, equivalente a 36,31mg.

6.3 Determinação das propriedades mecânicas da argamassa.

A Figura 20 ilustra os valores médios de resistência característica à compressão das argamassas, incorporadas com 10% de resíduos de mármore em pó.

Figura 21: Resistência à compressão da argamassa incorporada com 10% de resíduo de mármore em pó.



Fonte: Autoria própria (2017).

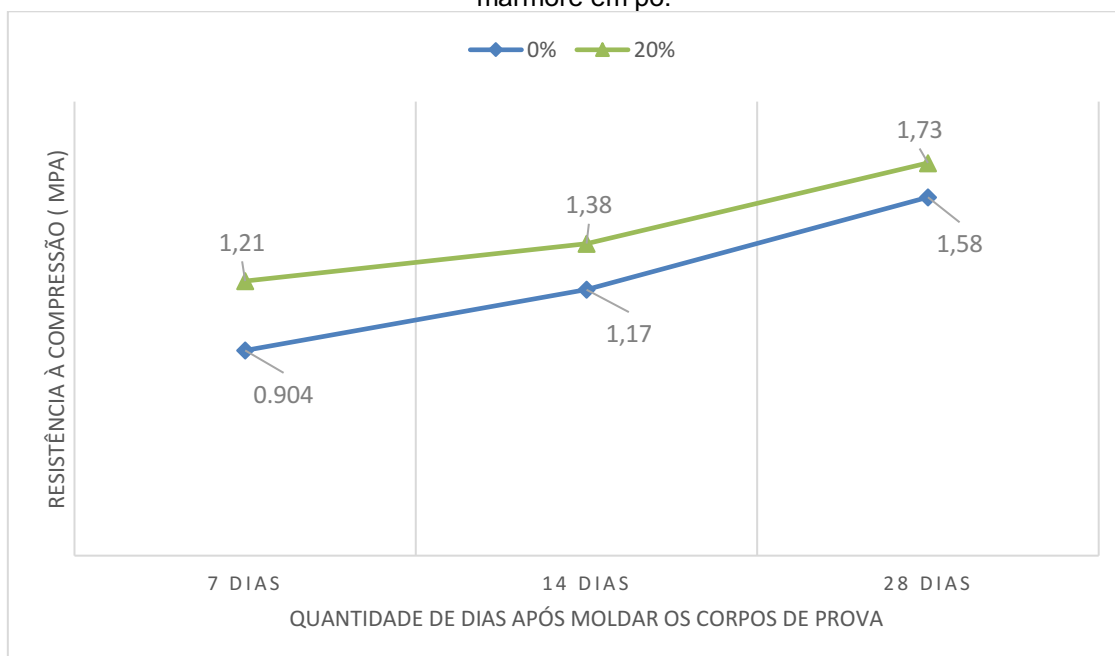
De acordo com os resultados apresentados na Figura 20, verifica-se que a incorporação do resíduo de mármore em pó à argamassa, promoveu a redução da resistência para todas as idades de cura, quando comparada a argamassa de referência.

Observou-se que para substituição do agregado miúdo por resíduo de mármore no teor de 10% ocorreu uma redução de resistência de aproximadamente 5,06% para 28 dias de cura, 4,27% para 14 dias e 4,1% para 7 dias.

De acordo com a norma da ABNT NBR 13279/2005 (Tabela 16) o valor obtido para a resistência característica da argamassa com o teor de 10% de substituição do agregado miúdo por resíduo de mármore, permitem classificá-los como P1 e P2.

A Figura 21 ilustra os valores médios de resistência característica à compressão das argamassas, incorporadas com 20% de resíduos de mármore em pó.

Figura 22: Resistência à compressão da argamassa incorporada com 20% de resíduo de mármore em pó.



Fonte: Autoria própria (2017).

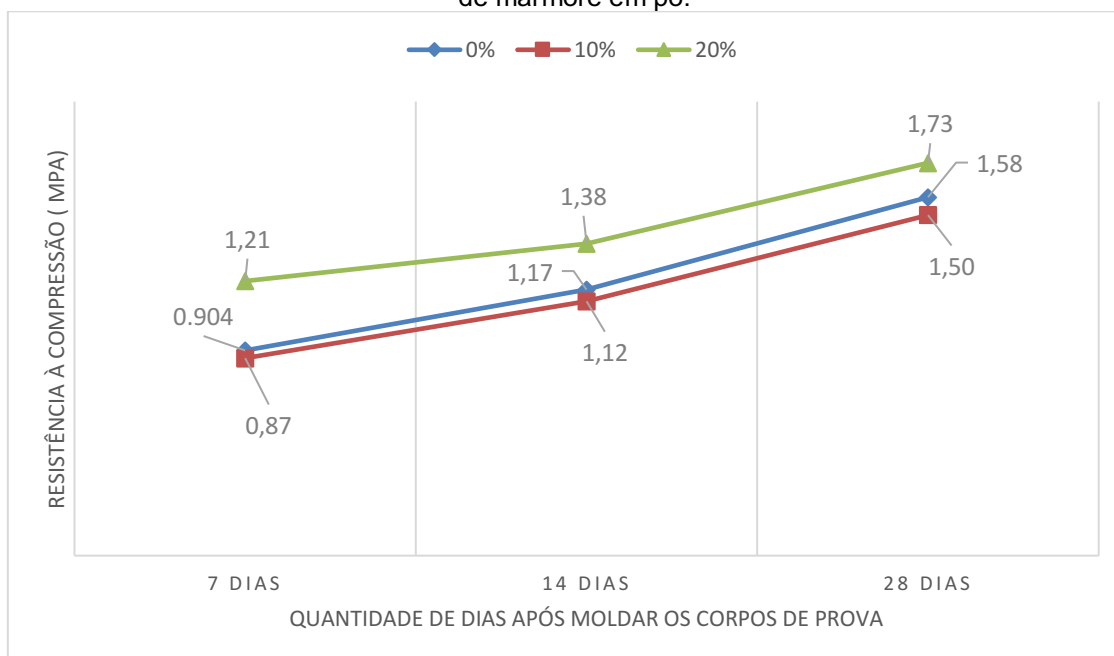
De acordo com os resultados apresentados na Figura 21, verifica-se que a incorporação do resíduo de mármore em pó à argamassa, promoveu a elevação da resistência para todas as idades de cura, quando comparada a argamassa de referência.

Observou-se que para substituição do agregado miúdo por resíduo de mármore no teor de 20% ocorreu uma elevação de resistência de aproximadamente 9,5% para 28 dias de cura, 17,95% para 14 dias e 33,85% para 7 dias.

De acordo com a norma da ABNT NBR 13279/2005 (Tabela 16) o valor obtido para a resistência característica da argamassa com o teor de 20% de substituição do agregado miúdo por pelo resíduo de mármore, permitem classificá-los como P1 e P2.

A Figura 22 ilustra os valores médios de resistência característica à compressão das argamassas, incorporadas com 10% e 20% de resíduos de mármore em pó.

Figura 23: Resistência à compressão da argamassa incorporada com 10% e 20% de resíduo de mármore em pó.



Fonte: Autoria própria (2017).

Sendo assim, neste estudo verificou-se que o melhor resultado foi obtido para a argamassa com substituição do agregado miúdo por 20% de resíduo de mármore.

Assim a incorporação deste percentual na composição de argamassas permite a redução do volume de resíduo a ser descartado no meio ambiente, agrega valor ao mesmo e reduz a extração do agregado miúdo convencional.

Para o rompimento foi obedecido a tolerância de ruptura segundo a ABNT NBR 13279/2005, conforme apresentado na Tabela 17.

Moura, Gonçalves e Leite fizeram em 2002 um estudo da utilização do resíduo de corte de mármore em argamassas, sendo incorporados teores de 5% e 10% de substituição do agregado miúdo. As produções das argamassas foram produzidas de acordo com a NBR 7215/1996. Foram utilizadas as idades de 7 e 28 dias para rompimento do corpo de prova. Na argamassa não foi utilizado cal, foi utilizado o cimento Portland CP I – 32 S e o agregado miúdo trata-se de um solo areno-siltoso, o traço utilizado foi de 1:6. Os resultados dos ensaios de resistência a compressão, mostraram uma elevação da resistência nos dois teores utilizados, para 5% de substituição do agregado miúdo pelo resíduo de mármore esse trabalho apresentou uma elevação de aproximadamente 12,4% para 7 dias e 2,33% para 28 dias, já para o de 10%

também houve uma elevação da resistência e foi de 22,31% para 7 dias e 2,9% para 28 dias.

A Tabela 16 ilustra as características da argamassa de acordo com a resistência à compressão da argamassa de assentamento e revestimento, conforme NBR 13281/2005.

Tabela 16: Resistência à compressão da argamassa de assentamento e revestimento.

Características	Resistência à	
	compressão aos 28 dias (MPa)	Método
P1	≤2,0	NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	> 8,0	

Fonte: ABNT NBR 13281/2005.

A Tabela 17 ilustra a tolerância de tempo para ruptura de acordo com a idade de ruptura, no qual o experimento deve seguir.

Tabela 17: Tolerância de tempo para ruptura.

Idade de ruptura	Tolerância
24 h	1 h
3 dias	2 h
7 dias	4 h
14 dias	6 h
28 dias	8 h
91 dias	24 h

Fonte: ABNT NBR 13279/2005.

7. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos pôde-se concluir que:

- O melhor teor de resíduo de mármore incorporado a argamassa, foi o de 20%, pois nesse teor, a argamassa apresentou, após a cura de 28 dias, uma elevação da resistência, mostrando-se, um resultado superior ao obtido para a argamassa de referência.
- Para o teor de 10% de resíduo de mármore, verificou-se uma redução da resistência à compressão, quando comparado com a argamassa de referência.
- A utilização do resíduo de mármore em pó, em composições de argamassa com referência nas propriedades mecânicas e para os teores de 10% e 20% é possível obter argamassas, com traço de 1:2:9:2,18, classificadas seguindo a norma da ABNT NBR 13279/2005 como P1 e P2, com resistência compreendida em menores que 2 MPa para P1 e entre 1,5 MPa e 3,0 MPa para a característica P2.

8. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

- Realizar ensaios para determinação de características mecânicas para argamassa incorporados com teores de resíduo de mármore diferentes dos utilizados neste estudo;
- Avaliar a durabilidade da argamassa incorporados com o resíduo de mármore;
- Avaliar o custo e efetuar um orçamento para execução de uma edificação, com o uso da argamassa incorporada com o resíduo de mármore;
- Avaliar as condições de aderência da argamassa.
- Utilizar os mesmos teores de resíduos de mármore em pó, substituído o tipo de cimento.

REFERÊNCIAS

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. **Manual de Revestimentos de Argamassa**. 11, 12, 13, 14, 15 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005) NBR 13279. **Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1995) NBR 13529. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas**. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1996) NBR 7215. **Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2003). ABNT NBR 15012. **Rochas para Revestimentos de Edificações – Terminologia**, 10p.

Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), 2010. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro, INSS 1983–5884.

ALMEIDA, Thiago de Freitas. **REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE PÓ DE MÁRMORE E CHAMOTE NA PRODUÇÃO DE MATERIAL CERÂMICO PARA ISOLAÇÃO TÉRMICA**. 2014. 4 - 16 p. Dissertação de

Mestrado (Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ, 2014.

AMADEI, Daysa Ione Braga. **AVALIAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DO MUNICÍPIO DE JURANDA/PR.** 2011. 16, 17 p. Dissertação apresentada à PósGraduação da Universidade Estadual de Maringá (Mestre em Engenharia Urbana) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS, 2013. Disponível em: <http://www.abirochas.com.br/noticia.php?eve_id=3050>. Acesso em 06/02/2017.

CAMPOS, Iberê Moreira. **A importância do contrapiso para a colocação de pisos vinílicos,** 2016. Disponível em: <<http://thecnica.com/conteudo.php?ar=8&a=300&Cod=99&w=1024&op=i>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

CARUZO, Leandro. **Argamassa de revestimento externo,** 2012. Disponível em: <<http://construcomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/130/artigo299616-1.aspx>>. Acesso em: 31 maio 2017.

Construfácil RJ. **Contrapiso: Etapas da Execução e Cuidados,** 2013. Disponível em: <<http://wwwo.metallica.com.br/artigos-tecnicos/contrapiso-etapas-da-execuc-o-e-cuidados>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

DESTEFANI, A. Z. **Utilização do planejamento experimental na adição do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais para produção de blocos prensados de encaixe.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes, 2009.

DIAS, Fábio Ribeiro et al. **Manual de Caracterização, Aplicação, Uso e Manutenção das Principais Rochas Comerciais no Espírito Santo.** Primeira

edição. ed. Cachoeiro, de Itapemirim/ ES: Publicação do Instituto Euvaldo Lodi – IEL-ES, 2013.

Danielk. **Execução de mestras para emboço**, 2016. Disponível em: <http://www.imgrum.org/media/1335639383894615593_3056346009>. Acesso em: 31 maio 2017.

DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. **ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTOS**. 1, 2 p, 2013. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/rochas-ornamentais-de-revestimento-sumario-mineral-2014>>. Acesso em: 07 fev. 2017.

DUARTE, Yago. **RESÍDUOS RCD**, 2015. Disponível em: <<http://eccivil.blogspot.com.br/2015/10/>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

BARROS, Mercia Maria Semensato Bottura; SABBATINI, Fernando Henrique. **Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais**. Boletim Técnico (Departamento de Engenharia Civil). Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2009.

FILHO, Cid Chiodi; KISTEMANN, Denize. **O SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO BRASIL**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014. 493 - 526 P. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/handle/cetem/1739/CCL00180014Cap10LivroRochas.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 31 maio 2017.

GOMES, Adailton de Oliveira. **ARGAMASSAS PARA REVESTIMENTOS DE EDIFICAÇÕES**. Dissertação. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2002.

HG, Eddy. **COMO PREPARAR UMA BOA ARGAMASSA: CONSTRUÇÃO DE CASAS**. Disponível em:

<<http://construcaociviltips.blogspot.com.br/2012/01/como-preparar-uma-boa-argamassa.html>>. Acesso em: 31 maio 2017.

LINO, Alessandra. **Rejunte**. Disponível em: <<http://engarchengenharia.blogspot.com.br/2013/09/rejunte.html>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

LOGVINOVICH, Alexei. **CALCULE A QUANTIDADE DE ARGAMASSA COLANTE PARA ASSENTAR REVESTIMENTOS CERÂMICOS**. Disponível em: <<http://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/calcule-a-quantidade-de-argamassa-colante-para-assentar-revestimentos-ceramicos/>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

MAIT, K., MARCIA, M., ALEKSANDER, M., 2008. **Characterization of oily sludge from a waste water treatment plant flocculation-flotation unit in a petroleum refinery and its treatment implications**. J. Mater. Cycles Waste Manage. 10, 79–86.

MATTA, Vanessa Ribeiro Peixoto da et al. **EFEITOS DA ADIÇÃO DO RESÍDUO DE CORTE DE MÁRMORE E GRANITO (RCMG) NO DESEMPENHO DS ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND NO ESTADO ENDURECIDO**. Artigo. Fórum Ambiental. Alta Paulista – SP, 2013.

MOURA, Washington A.; GONÇALVES, Jardel P.; LEITE, Roneison da Silva. **Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção de lajotas para piso**. 49 - 61 p. Artigo - Universidade Estadual de Feira de Santana – Dep. de Tecnologia, 2002, Feira de Santana - BA.

NÓBREGA, A. F. **Potencial de Aproveitamento de Resíduos de Caulim Paraibano Para o Desenvolvimento de Argamassas de Múltiplo Uso**. 2007.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2007.

Nosso Canto, Nosso Jeito!. **Taliscando os terraços!**, 2012. Disponível em: <<http://nossocantonossojeito.blogspot.com.br/2012/07/taliscando-os-terraços.html>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

OLIVEIRA, Edieliton Gonzaga de ; MENDES, Osmar. **GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO: ESTUDO DE CASO DA RESOLUÇÃO 307 DO CONAMA**. 2008. (Eng^a Ambiental)- Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

PEIXOTO, Egleson. **Alvenaria de Vedação**, 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAiOIAF/alvenaria-vedacao>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

Portal do Conhecimento. **Aprenda fazer Chapisco, Emboço e Reboco**, 2016. Disponível em: <<http://www.mpsnet.net/portal/DicasConstrucao/dicasconstu021.htm>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

PRANDO, Lorenzo Pratti; BARCELOS, Latahanderson de Souza. **TRATAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS PELO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS**. 1 - 7 p. Artigo – VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 2009, Uberlândia – MG.

PREZOTTI, Júlio César Simões; MUZZI, Daniel Wernersbach; SILVA, Priscila Gonçalves da. **RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO DE ROCHAS COM OS PRÓPRIOS RESÍDUOS DO SEU BENEFICIAMENTO (ESTUDO DE CASO)**, 2010. Disponível em:

<<http://manancialprojetos.com.br/site/artigos/9-artigos/4-estudo-de-casos>>.

Acesso em: 01 jun. 2017.

PRODUTOS QUARTZOLIT, Weber. **Aditivo chapix quartzolit**, 2010.

Disponível em:

<<https://www.weber.com.br/impermeabilizantes/produtos/aditivos-para-argamassa/aditivo-chapix-quartzolit.html>>. Acesso em: 31 maio 2017.

PROPLAN, Pró-Reitoria de Planejamento, Orçamento e Desenvolvimento Institucional. **Contra piso do hall do 1º pavimento**, 2012. Disponível em:

<<http://www.unifal-mg.edu.br/planejamento/varginha-predio-d>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

ROCHA, Aretuza K. A. da et al. **Argamassas mistas para alvenaria utilizando resíduo de caulim - Parte I: comportamento mecânico**, 2007. (Engenharia Civil, Ambiental e Materiais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

SANGALLI, Thyciano et al. **Resíduo Proveniente do Pó de Mármore e Granito**, 2013. Disponível em:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgQUQAI/residuo-proveniente-po-marmore-granito>>. Acesso em: 06 fev. 2017.

SANTOS, Robson Arruda dos; LIRA, Belarmino Barbosa; RIBEIRO, Ana Carolina Marinho. **ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO NATURAL POR RESÍDUO DE BRITAGEM DE GRANITO**. 2 - 11 p. Artigo – Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 2012, PB.

SANTOS, Leandro Damiano dos; AMARAL, Fernanda Ferreira; SOMMERFELD, Karin Cristina. **SISTEMA DE REVESTIMENTO COM ARGAMASSA**

INDUSTRIALIZADA: um estudo de caso em Belo Horizonte, Minas Gerais.

2 - 5 p. Artigo – Revista Pensar Engenharia, 2014, Belo Horizonte – MG.

SEBRAE/ES. **MARMORARIA.** 2 - 3 p. Artigo – Unidade de Atendimento Individual, 2012, ES.

SOUSA, JOSÉ GONÇALVES DE. **ANÁLISE AMBIENTAL DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS COM VISTAS A UMA PRODUÇÃO MAIS LIMPA: APLICAÇÃO EM CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM - ES.** 1 - 3 p. Trabalho de Conclusão de Curso o apresentado ao Colegiado do Curso de Especialização em Análise Ambiental – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2007, Juiz de Fora - MG.

Téchné. **Revestimento interno de argamassa,** 2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/176/revestimento-interno-de-argamassa-preparacao-da-superficie-e-aplicacao-286871-1.aspx>>. Acesso em: 31 maio 2017.

USP, Universidade de São Paulo. **Emboço,** 1999. Disponível em: <<http://www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/arqtema/erica/cdrom-erika/execucao-seq6.htm>>. Acesso em: 01 jun. 2017. 1999

ANEXOS

Tabela 18: Resultados das resistências de compressão das argamassas.

	7 dias			14 dias			28 dias		
	0%	10%	20%	0%	10%	20%	0%	10%	20%
Dopante	0%	10%	20%	0%	10%	20%	0%	10%	20%
Amostra 1 (Kg)	180	169	240	220	220	300	310	300	340
Amostra 2 (Kg)	175	173	235	240	220	240	310	290	340
Média	177,5	171	237,5	230	220	270	310	295	340
Resistencia (MPa)	0,904	0,872	1,2096	1,1714	1,1204	1,375	1,5788	1,5024	1,7316

Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 24: Moagem do mármore.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 25: Moldagem dos corpos de prova.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 26: Desmoldagem e submersão dos corpos de prova.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 27: Rompimento dos corpos de prova dosados com 0% de resíduos de mármore.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 28: Rompimento dos corpos de prova dosados com 10% de resíduos de mármore.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 29: Rompimento dos corpos de prova dosados com 20% de resíduos de mármore.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 30: Amostras dosadas com 10% de resíduo de mármore rompidas.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 31: Amostras dosadas com 20% de resíduo de mármore rompidas.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 32: Amostras rompidas.



Fonte: Autoria própria (2017).