

GEOLOGIA AMBIENTAL:

Tecnologias para o desenvolvimento sustentável - Vol. 2

Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)



Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)

**GEOLOGIA AMBIENTAL: TECNOLOGIAS PARA O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 2**

Atena Editora

2017

2017 by Eduardo de Lara Cardozo

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Edição de Arte e Capa: Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza (UEPA)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Profª Drª Adriana Regina Redivo (UNEMAT)

Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Profª Drª Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatric)

Profª Drª Lina Maria Gonçalves (UFT)

Profª Drª Vanessa Bordin Viera (IFAP)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

G345

Geologia ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável
2 / Organizador Eduardo de Lara Cardozo. – Ponta Grossa (PR):
Atena Editora, 2017.

252 p. : 38.026 kbytes – (Geologia Ambiental; v. 2)

Formato: PDF

ISBN 978-85-93243-38-7

DOI 10.22533/at.ed.3870809

Inclui bibliografia.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Geologia ambiental. 3. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Cardozo, Eduardo de Lara. II. Título. III. Série.

CDD-363.70

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

www.atenaeditora.com.br

E-mail: contato@atenaeditora.com.br

Apresentação

No segundo volume da obra **“Geologia Ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável”**, apresentamos estudos ligados à preocupação da relação entre o homem e o meio ambiente, da ocupação e alteração do espaço geográfico e suas consequências. De que maneira utilizar os recursos naturais presentes, tendo como foco o desenvolvimento sustentável.

A população mundial hoje está próxima a 7,5 bilhões de habitantes, no Brasil próximo a 210 milhões de habitantes e constantemente usufruindo dos recursos naturais para o seu desenvolvimento, sua existência. Mas sabemos que os recursos são finitos, precisamos encontrar alternativas, trabalhar os recursos hoje presentes de uma forma sustentável, garantindo a nossa existência, bem como das próximas gerações.

Esta coletânea de artigos trabalha em diferentes temas o uso desses recursos naturais e a preocupação ambiental. Estudos como avaliação de uso de solo laterítico como sub-base em pavimentos urbanos, características geotécnicas de uma argila e um resíduo da construção e demolição visando sua utilização conjunta como barreira capilar, o crescimento do mercado da construção civil e a preocupação ambiental no que diz respeito aos recursos naturais como a areia e a avaliação da permeabilidade intrínseca em alguns solos tropicais representativos do Brasil, são também discutidos.

Questões sobre planejamento, avaliação a partir da Engenharia de Resiliência, processos erosivos lineares do tipo ravina e boçoroca, mapeamento de áreas de riscos geológico na prevenção de perda de vidas e prejuízos econômicos, delimitação de áreas frágeis à ocupação, gestão de riscos urbanos, mapeamento e concepção de soluções para áreas de risco geológico, regularização fundiária de núcleos de ocupação precária e loteamentos irregulares, mapeamento do risco geológico e hidrológico, mapeamento geomorfológico de áreas densamente urbanizadas e mapeamento georreferenciado de deslocamentos horizontais e verticais de muros de contenção em gabião, são outros temas debatidos nesta coletânea.

E para fechar os diferentes temas trabalhados, temos estudos ligados à caracterização de solos das potenciais jazidas de empréstimos selecionadas para projetos das barragens e as investigações geológicas geotécnicas para a implantação da barragem de São Bento do UNA, no Estado de Pernambuco.

Diversos temas e informações integradas sobre a geologia ambiental e o desenvolvimento sustentável. Temas esses presentes em nosso cotidiano, e que nos auxiliam a encontrar maneiras para um desenvolvimento sustentável e a mitigação dos inúmeros impactos ambientais gerados por nós, nessa relação homem e meio ambiente.

Desejo uma excelente leitura e que os artigos aqui apresentados contribuam para o enriquecimento do conhecimento do leitor.

Eduardo de Lara Cardozo.

SUMÁRIO

Apresentação.....	03
<u>CAPÍTULO I</u>	
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E DA DURABILIDADE À MOLHAGEM E SECAGEM DE UM SOLO DE SINOP-MT ESTABILIZADO COM CAL	
<i>Raul Tadeu Lobato Ferreira, Augusto Romanini, Celso Todescatto Junior, Flavio Alessandro Crispim, Julio César Beltrame Benatti e Rogério Dias Dalla Riva.....</i>	07
<u>CAPÍTULO II</u>	
CARACTERIZAÇÃO GEOTECNICA DE UM RCD E UMA ARGILA VISANDO SUA UTILIZAÇÃO COMO BARREIRA CAPILAR	
<i>Julio César Bizarreta Ortega e Tácio Mauro Pereira de Campos.....</i>	19
<u>CAPÍTULO III</u>	
CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ARENITO FURNAS NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA (PR) PARA USO EM ARGAMASSAS	
<i>Melissa Zanferrari Godoy, Fabio Luiz Chemin, Patrícia Kruger e Luiz Carlos Godoy.....</i>	34
<u>CAPÍTULO IV</u>	
AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE INTRÍNSECA EM SOLOS REPRESENTATIVOS DA PAISAGEM BRASILEIRA	
<i>Luiza Silva Betim, Eduardo Antonio Gomes Marques, Klingner Senra Rezende, Brahmani Sidhartha Tibúrcio Paes, Vitor Luiz Reis de Almeida e Luana Caetano Rocha de Andrade.....</i>	56
<u>CAPÍTULO V</u>	
ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA: UMA PRIMEIRA APROXIMAÇÃO COM A GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES SOCIONATURAIS	
<i>Andréa Jaeger Foresti, Luiz Antônio Bressani, Cornelia Eckert e Luiz Carlos Pinto da Silva Filho.....</i>	67
<u>CAPÍTULO VI</u>	
EROSÕES LINEARES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SP	
<i>Gerson Salviano de Almeida Filho, Maria Cristina Jacinto de Almeida, Tatiane Brasil de Freitas e Zeno Hellmeister Júnior.....</i>	87
<u>CAPÍTULO VII</u>	
ESTUDO PRELIMINAR DE RISCOS GEOLÓGICOS EM REGIÃO DO MUNICÍPIO DE ARENÁPOLIS, MT: ETAPA PREPARATÓRIA DE DETALHAMENTO DE CAMPO	
<i>Natália de Souza Arruda, Thiago de Oliveira Faria e Fernando Ximenes de Tavares Salomão.....</i>	103

CAPÍTULO VIII

FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE NO BAIRRO BRIGADEIRO TOBIAS, SOROCABA-SP
Camila Bertaglia Carou, Fernando Nadal Junqueira Villela, Eduardo Soares de Macedo e Marcos Roberto Martines.....114

CAPÍTULO IX

GESTÃO DE RISCOS COMO POLÍTICA PÚBLICA PRIORITÁRIA NA REGIÃO DO GRANDE ABC
Luiz Antonio Bongiovanni e Sandra Teixeira Malvese.....125

CAPÍTULO X

LEVANTAMENTO, MAPEAMENTO E CONCEPÇÃO DE SOLUÇÕES PARA PROBLEMAS NAS ÁREAS DE RISCO DOS BAIROS DE NOVA CAPÃO BONITO, SÃO JUDAS TADEU, VILA APARECIDA E VILA JARDIM SÃO FRANCISCO, MUNICÍPIO DE CAPÃO BONITO, SP
Priscila Taminato Hirata, Fabrício Araujo Mirandola, Eduardo Soares de Macedo, Marcela Penha Pereira Guimarães, Claudio Luis Ridente Gomes e Alessandra Cristina Corsi.....136

CAPÍTULO XI

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO A DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES E DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs) EM NÚCLEOS E LOTEAMENTOS IRREGULARES NO MUNICÍPIO DE SÃO ROQUE, SP
Priscila Ikematsu, Eduardo Soares de Macedo, Alessandra Cristina Corsi, André Luiz Ferreira, Fabrício Araújo Mirandola e Priscilla Moreira Argentin.....151

CAPÍTULO XII

MAPEAMENTO DO RISCO GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CASTELO - ES-BRASIL
Leonardo Andrade de Souza, Marco Aurélio Costa Caiado, Gilvimar Vieira Perdigão, Sílvia C. Alves, Larissa Tostes Leite Belo e Raphael Henrique O. Pimenta.....168

CAPÍTULO XIII

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE ÁREAS DENSAMENTE URBANIZADAS
Alberto Franco Lacerda.....184

CAPÍTULO XIV

MONITORAMENTO GEORREFERENCIADO DE DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS E VERTICAIS DE MUROS DE CONTENÇÃO EM GABIÃO
Nilton de Souza Campelo, Mário Jorge Gonçalves Santoro Filho, Otávio César de Paiva Valadares, Michael Douglas da Costa Paes e Aroldo Figueiredo Aragão.....196

CAPÍTULO XV

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, COMPRESSIBILIDADE E RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE TRÊS MISTURAS DE SOLOS PARA BARRAGENS DE TERRA EM SANTA CATARINA
Nilo Rodrigues Júnior, Vitor Santini Müller, Matheus Klein Flach, Murilo da Silva Espíndola, Daniel Galvão Veronez Parizoto, Gabriela Bessa e Juan Antonio Altamirano

Flores.....209

Capítulo XVI

INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM SÃO BENTO DO UNA - PE

Hosana Emilia Abrantes Sarmento Leite, Diana Damásio e Castro Lopes, Rafaella Teixeira Miranda e Maiara de Araújo Porto.....223

Sobre o organizador.....241

Sobre os autores.....242

CAPÍTULO III

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ARENITO FURNAS NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA (PR) PARA USO EM ARGAMASSAS

**Melissa Zanferrari Godoy
Fabio Luiz Chemin
Patrícia Kruger
Luiz Carlos Godoy**

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ARENITO FURNAS NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA (PR) PARA USO EM ARGAMASSAS

Melissa Zanferrari Godoy

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Curso de Engenharia Civil
Ponta Grossa – Paraná

Fabio Luiz Chemin

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Curso de Engenharia Civil
Ponta Grossa - Paraná

Patrícia Kruger

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Engenharia Civil
Ponta Grossa - Paraná

Luiz Carlos Godoy

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Geociências
Ponta Grossa - Paraná

RESUMO: O crescimento do mercado da construção civil no município de Ponta Grossa, estado do Paraná, representa uma preocupação ambiental no que diz respeito aos recursos naturais como a areia. Sua extração é efetuada exclusivamente em depósitos aluviais do Rio Tibagi, os quais já apresentam muitos e irreparáveis danos ambientais, portanto, é iminente a necessidade de se recorrer a outras fontes deste material. A Formação Furnas, intervalo essencialmente quartzoso do Devoniano Inferior da Bacia do Paraná, aflora numa área aproximada de 480 km² no município e, conforme resultados de sua caracterização geológica/sedimentológica, ela é adequada à classificação de agregado miúdo, porém tem-se a necessidade da confirmação de seu uso nas várias áreas da Engenharia Civil com sua caracterização tecnológica. Os ensaios foram realizados também com areia do Rio Tibagi, para a comparação com o que é utilizado hoje na região. A caracterização tecnológica de argamassas consistiu em ensaios de consistência, retração e resistência à compressão. Os resultados de resistência à compressão tiveram valores consideravelmente superiores para argamassas confeccionadas com areia do Furnas em todas as idades de ruptura. Constatou-se, portanto, que este material pode ser utilizado como fonte alternativa ou substituta de agregado miúdo argamassas.

PALAVRAS-CHAVE: Formação Furnas; Engenharia Civil; agregado miúdo.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico e populacional do Brasil nos últimos anos tornou necessário o aumento da infraestrutura e a ampliação do setor habitacional. Assim, a demanda de recursos naturais e, conseqüentemente, a extração mineral também se expandiu.

Especificamente no município de Ponta Grossa a exploração de areia é feita

basicamente nos depósitos aluviais do Rio Tibagi, muitas vezes em áreas de preservação permanente ou proteção ambiental. A produção média mensal de 62.000 m³ abastece 33 municípios da região e vem modificando o sistema natural das margens e do fundo do rio e, por consequência, vem promovendo a diminuição do número de peixes e outros animais (PRO/AMBIENTES, 2007).

Além disso, de acordo com Guimarães et al. (2009, p. 54), esta atividade influencia a dinâmica fluvial por acelerar processos erosivos e por modificar a localização de áreas de deposição, pondo em risco até mesmo a atividade mineral a médio e longo prazo. Desta forma, faz-se necessário o estudo e a implementação de uma fonte alternativa de agregado miúdo.

A Formação Furnas teve sua origem entre o final do período Siluriano e início do Devoniano, há cerca de 400 milhões de anos (BERGAMASCHI, 1999). Pertence ao Grupo Paraná e, segundo Bigarella et al. (1966, p.2), aflora na porção oriental e marginal do Segundo Planalto paranaense.

No município de Ponta Grossa, a formação ocorre numa faixa de direção N40W com aproximadamente 12 km de largura e 40 km de comprimento, ocupando uma área de cerca de 480 km². Segundo Lobato e Borghi (2004, p.2) esta formação tem espessura média de 200 metros e máxima de 343 m.

É constituída predominantemente de arenitos quartzosos médios a grossos, de coloração clara, cimento caulínico, com grãos angulosos a subangulosos, regularmente selecionados com estratificação cruzada planar, tangencial na base ou acanalada (ASSINE 1996).

Os arenitos já vêm sendo utilizados como agregado miúdo na confecção de argamassas e concretos em outras regiões do país. Segundo Migliato et al. (2012, p. 129), o uso do maciço arenítico da região de São Carlos (SP) na construção civil justifica-se e é apontado como um resultante do aumento de resistência do concreto como um todo.

A areia utilizada na construção civil é definida pela NBR 9935 como agregado miúdo gerado por processos naturais ou artificiais tendo granulometria entre 4,75 mm e 150 µm. Conforme Bauer (2008, p. 63) a areia é um material particulado, incoesivo, com atividade química praticamente nula, sem forma ou volume definido, porém com relativa uniformidade entre as partículas.

A Formação Furnas apresenta elevados teores de quartzo, com valores entre 86% e 96% de SiO₂; teores reduzidos de feldspato-K; predomínio de areia média a grossa; grãos subarredondados a subangulosos na maioria das amostras (CHEMIN et al., 2014; GODOY et al., 2014).

De acordo com Neville e Brooks (2013, p. 65) quanto maior o tamanho da partícula do agregado menor será sua superfície específica, sendo fundamental a determinação da dimensão máxima característica (DMC). Assim, um material com maior DMC demandará mais água na mistura.

O módulo de finura (MF) do agregado miúdo interfere na quantidade de água necessária para a confecção de argamassas e, conseqüentemente, na quantidade de cimento, pois está relacionado à área superficial do agregado. Assim, quanto menor o módulo de finura do agregado, maiores serão as quantias

de água e de cimento para um mesmo fator água-cimento (BAUER, 2008).

O teor de material pulverulento deve estar limitado a pequenas quantidades, pois estes formam uma película superficial nos agregados, prejudicando a aderência entre o agregado e a pasta de cimento. Além disso, devido à sua finura, provocam um aumento na demanda de água da mistura (NEVILLE e BROOKS, 2013).

Assim sendo, a NBR 7211:2009 estipula um valor máximo de material fino (menor que 75 μm) em relação à massa do agregado miúdo de 3% e 5% respectivamente para concreto submetido a desgaste superficial e protegido do desgaste superficial.

A massa específica é definida pela NBR NM 52:2009 como a relação entre a massa de agregado seco e seu volume excluindo os poros permeáveis. Já a massa unitária leva em consideração os poros permeáveis do agregado e, de acordo com Neville e Brooks (2013, p. 52), esta massa é relativa ao nível de compactação do agregado, a qual, por sua vez, depende da granulometria e forma dos grãos.

Conforme Neville e Brooks (2013, p. 56), o inchamento é o aumento de volume da areia causado pelo afastamento das partículas devido ao filme de água em torno dos grãos, alterando sua massa unitária. Esta propriedade é relevante na produção das argamassas sendo que a dosagem dos materiais (traço), geralmente feita em volume, deve ser corrigida.

A argamassa pode ser conceituada como um material complexo, constituído essencialmente de agregados miúdos e de uma pasta com propriedades aglomerantes, composta por minerais e água (materiais ativos), podendo ser composto, ainda, por produtos especiais, denominados aditivos (SABBATINI 1986 apud SILVA 2006, p. 9).

Segundo Sabbatini (1986, p. 3) consistência é a propriedade pela qual a argamassa, no estado fresco, tende a resistir à deformação. Conforme sua consistência, diversos autores classificam as argamassas em secas, plásticas e fluidas. A consistência é determinada pela quantia de água e é influenciada pela relação água-cimento, relação aglomerante/areia, granulometria da areia, natureza e qualidade do aglomerante.

A retração das argamassas deve-se a um mecanismo associado à variação de volume da pasta de aglomerante e apresenta grande importância no desempenho das argamassas depois de aplicadas (CARASEK, 2010). Em argamassas de base cimentícia, destaca-se que a principal causa da retração é a perda de água por secagem pela exposição ao ambiente e/ou sucção da mesma por um substrato poroso (BASTOS et al., 2001).

Quanto à resistência mecânica, o Manual de Revestimentos de Argamassa (2002, p. 18) conceitua essa propriedade como a capacidade que as argamassas apresentam de suportar esforços de tração, compressão ou cisalhamento, provindos de cargas estáticas ou dinâmicas atuantes nas edificações ou decorrentes de agentes ambientais.

Sabbatini (1986, p. 7) afirma que mesmo não sendo muito aceito por alguns autores como parâmetro de qualificação total de uma argamassa, os ensaios de

compressão com os cilindros de argamassa estabelecem um controle estatístico relevante para se identificar a qualidade do corpo de prova.

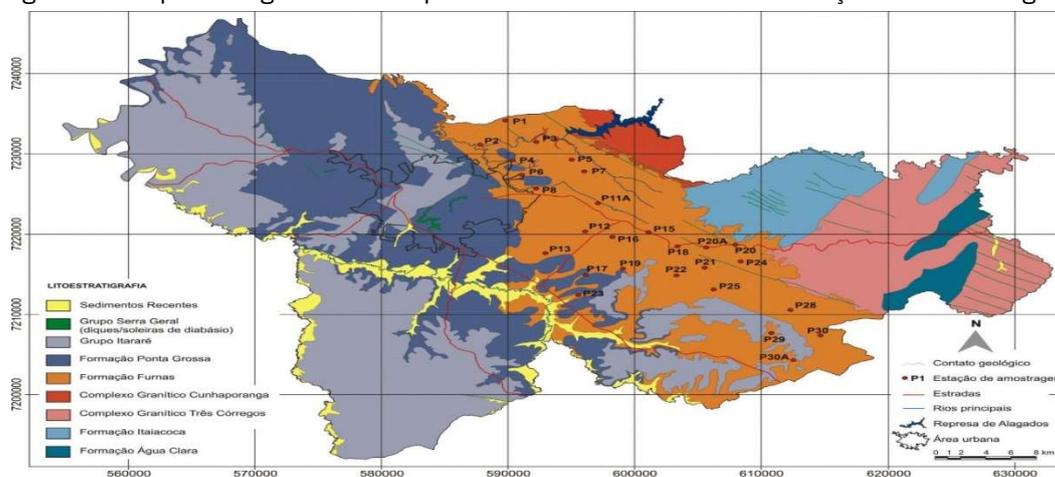
2. MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização tecnológica do Arenito Furnas visando sua utilização como agregado miúdo na construção civil constitui o foco principal desta pesquisa. Para se atingir os objetivos propostos foram adotados procedimentos, cujos métodos e técnicas são descritos a seguir.

2.1. Amostragem

A partir do mapa geológico do município de Ponta Grossa (GODOY et al., 2015) foram definidas 30 estações de amostragem, a princípio distribuídas regularmente em malha de 3,5 km por 3,5 km. Porém, pela dificuldade de acesso e pela ausência de afloramentos, algumas estações foram remanejadas e três foram desconsideradas, resultando numa malha irregular com 27 estações de amostragem (Figura 1).

Figura 1 – Mapa Geológico do município de Ponta Grossa-PR com as estações de amostragem



Fonte: GODOY et al., 2015, adaptado de Mineropar 2006a, 2006b, 2007.

Foram coletadas em afloramentos naturais e em cortes de estradas cerca de 40 a 50 kg de amostras por estação de amostragem.

2.2. Caracterização tecnológica das areias

2.2.1. Processamento das amostras

Para os ensaios tecnológicos, as amostras previamente desagregadas foram

submetidas à dispersão e lavagem em betoneira de 150 L contendo bolas de borracha/silicone com 7 cm de diâmetro preenchidas com pasta de cimento, para auxiliar na desagregação de grumos de areia e evitar a quebra de grãos.

O processo foi efetuado em três ciclos de 10 minutos com a adição de 18 L de água em cada ciclo para remoção do excesso de material fino, indesejável ao uso como agregado miúdo na construção civil. O material processado a partir da lavagem foi seco à temperatura ambiente e quarteado para ensaios posteriores.

2.2.2. Análises granulométricas - engenharia civil

A determinação da composição granulométrica de agregados é descrita pela ABNT NBR NM 248:2003, sendo realizada pelas peneiras tanto da série normal quanto da intermediária.

O material passante na peneira de malha 0,074 mm corresponde ao material pulverulento e sua determinação foi realizada tanto nas amostras individuais, quanto com as amostras agrupadas de acordo com seus DMC e MF.

Este ensaio foi realizado conforme o “Procedimento A” da ABNT NBR NM 46:2003 sendo o teor de finos calculado conforme a Equação 1, a seguir:

$$m = \frac{m_i - m_f}{m_i} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

m = porcentagem de material passante na peneira de 0,074mm;

m_i = massa original da amostra seca (g);

m_f = massa da amostra seca após lavagem (g).

2.2.3. Massa específica

A massa específica dos agregados miúdos é determinada por meio do frasco Chapman, conforme determina a ABNT NBR 9776:1987. O volume total ocupado pelos grãos de uma amostra é medido por sua submersão em água a partir de sua massa previamente medida em estado seco (BAUER, 2008). Seu cálculo é realizado de acordo com a Equação 2:

$$\gamma = \frac{500}{L - 200} \quad (2)$$

Onde:

γ = massa específica do agregado miúdo (g/cm^3);

L = leitura do frasco (volume ocupado pelo conjunto água-agregado miúdo).

2.2.4. Massa unitária

O ensaio para a determinação da massa unitária foi realizado conforme o “Método C” dos procedimentos de ensaio da ABNT NBR NM 45:2006, ou seja, com

o uso do agregado solto, sendo calculada conforme a Equação 3:

$$\rho = \frac{m}{V_{ap}} \quad (3)$$

Onde:

ρ = massa específica aparente (g/cm³);

m = massa do agregado (g);

V_{ap} = volume aparente do agregado (cm³).

2.2.5. Absorção

O ensaio de absorção de água do agregado miúdo é definido pela ABNT NBR NM 30:2001 e consiste basicamente na secagem da amostra em estufa à 105 °C, imersão da mesma em água e posterior secagem até que os grãos de agregado não fiquem aderidos entre si de forma marcante. O cálculo da absorção de água é realizado mediante a Equação 4:

$$A = \frac{m_s - m}{m} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

A = absorção de água (%);

m_s = massa ao ar da amostra na condição saturado e de superfície seca (g);

m = massa da amostra seca em estufa (g).

Porém, como na realização do ensaio houve bastante perda de material, para a creditação dos resultados realizou-se o procedimento contrário da norma: ao se atingir a condição SSS, levou-se 100 g do material à estufa por 24 horas, então a perda de água após secagem representou a absorção; procedimento este semelhante aos descritos na BS 812-2:1995 e na BS EN 1097-3:1998.

2.2.6. Inchamento

É definido a partir de sucessivas determinações da massa unitária do agregado com variação dos teores de umidade (ABNT NBR 6467:1987) e calculado, para cada teor de umidade, através da Equação 5:

$$\frac{V_h}{V_s} = \frac{M_{us}}{M_{uh}} \cdot \frac{(100 + h)}{100} \quad (5)$$

Onde:

$\frac{V_h}{V_s}$ = Coeficiente de inchamento para cada teor de umidade;

M_{us} = massa unitária do material seco ao ar (g);

M_{uh} = massa unitária do material úmido (g);

h = teor de umidade (%).

2.3. Caracterização tecnológica da argamassa

Para a realização dos ensaios de caracterização tecnológica foram produzidas argamassas do tipo simples, contendo cimento, areia e água, sendo preparadas com auxílio de misturador mecânico. Realizaram-se ensaios tanto com areias provenientes da Formação Furnas quanto do Rio Tibagi.

2.3.1. Dosagem

Com base em dados experimentais realizados com areias do Rio Tibagi, estabeleceu-se um traço-piloto de 1:3:0,55 para a produção das argamassas a serem ensaiadas na presente. Através da lei de Lyse, foi fixada a relação água-materiais secos (H) do traço-piloto e estabelecidos traços mais rico (1:2:0,41) e mais pobre (1:4:0,69), conforme Tabela 1, para se definir o comportamento das argamassas em cada caso e compará-las.

Tabela 1 – Traços das argamassas

Areia	Traço		
	Rico	Piloto	Pobre
Grupo 1			
Grupo 2			
Grupo 3	1 : 2 : 0,41	1 : 3 : 0,55	1 : 4 : 0,69
Tibagi			

Fonte: Os autores.

2.3.2. Consistência

Foi determinada a partir do processo da Mesa para o Índice de Consistência, descrito na ABNT NBR 7215:1996 a qual estabelece a consistência em função do espalhamento da argamassa após a aplicação de um determinado número de golpes (30 golpes em 30 segundos).

A fim de se comparar a consistência das argamassas confeccionadas com os diferentes agregados foram estipulados quatro teores de água-materiais secos (11%, 12%, 13% e 14%) para mesmas quantidades de cimento e areia (600g de cimento e 1800g de areia). O ensaio foi realizado conforme descreve a ABNT NBR 7215:1996.

2.3.3. Retração

Foram moldados 12 corpos de prova (CP) prismáticos de 25 x 25 x 285 mm (três CP para cada tipo de areia). Passadas 72 horas, estes foram desmoldados,

sendo efetuadas as medições iniciais de comprimento e massa do CP, de acordo com a ABNT NBR 15261:2005. Então, foram realizadas medições nas idades de 0, 1, 7, 14, 21 e 28 dias por meio de aparelho comparador de comprimento.

As argamassas para ensaios de retração foram estabelecidas a partir da fixação da consistência em 230 mm (± 10 mm), alterando apenas o fator água/cimento do traço piloto, cujas composições são indicadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Traços e consistências das argamassas para o ensaio de retração

Areia	Traço	Consistência (mm)
Grupo 1	1 : 3 : 0,64	237
Grupo 2	1 : 3 : 0,62	226
Grupo 3	1 : 3 : 0,52	227
Tibagi	1 : 3 : 0,56	230

Fonte: Os autores.

As variações dimensionais e de massa são determinadas conforme as Equações 6 e 7, respectivamente:

$$\varepsilon_i = \frac{L_i - L_0}{0,25} \quad (6)$$

Onde:

L_i = leitura de comprimento final (mm);

L_0 = leitura de comprimento inicial (mm);

i = idade da leitura.

$$\Delta m_i = \frac{m_i - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad (7)$$

Onde:

Δm = variação de massa (%);

m_i = massa final (g);

m_0 = massa inicial (g).

2.3.4. Resistência à compressão

Conforme a ABNT NBR 7215:1996 foram moldados 72 corpos de prova (CP) cilíndricos, de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura, e desmoldados após 24 horas, sendo levados a câmara de cura por imersão.

Estes corpos foram capeados com uma mistura de enxofre a quente, a fim de corrigir imperfeições superficiais. Então, foram rompidos em prensa hidráulica nas idades de 3, 7 e 28 dias, tendo, para cada traço e cada idade, uma quantidade de 2 CP.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ensaios tecnológicos realizados objetivaram verificar a viabilidade do uso

do Arenito Furnas como fonte de areia na confecção de argamassa.

3.1. Características tecnológicas das areias da Formação Furnas

3.1.1. Análises granulométricas – engenharia civil

Os ensaios tecnológicos realizados na presente pesquisa tiveram por finalidade verificar a viabilidade do uso do Arenito Furnas como fonte de areia na confecção de argamassas. O teor de material fino em cada amostra foi fixado em 3%, conforme a NBR 7211:2009, para que se tivesse um parâmetro de classificação mais rígido, tendo em vista que a comercialização da areia não é especificada ao uso final do produto. Este fator foi decisivo na aceitação da amostra para ensaios posteriores (Tabela 3). Tendo em conta os resultados obtidos nos ensaios granulométricos, as amostras foram separadas em três grupos, de acordo com suas dimensões máximas características (DMC) e seus respectivos módulos de finura (MF), mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Diâmetro máximo característico, módulos de finura e porcentagem de finos

Grupo	Amostras	DMC	MF	% Finos
Grupo 1	P4	1,2	1,75	1,78
	P5		1,89	2,53
	P6		1,87	2,82
	P8		1,64	2,41
	P11		2,00	1,3
	P12		1,87	2,31
	P13		1,93	1,19
	P15		1,80	2,11
	P16		2,08	1,27
	P17		1,91	2,07
	P20		2,17	1,3
	P20-A		1,66	2,88
	P22		2,16	1,73
	P23		2,04	1,12
	P25		1,57	1,85
P29	1,74	1,9		
Grupo 2	P7	2,4	2,06	1,49
	P18		2,15	1,25
	P24		2,02	1,95
	P30-A		2,18	2,049
Grupo 3	P3	2,4	2,26	0,71
	P19		2,20	1,38
	P21		2,36	1,25
Descartados	P1 ¹²³	0,6	1,11	5,14
	P2 ³	1,2	1,85	3,55
	P28 ³	1,2	1,56	4,86

	P30 ²³	2,4	1,42	4,07
¹ DMC baixo; ² MF fora do limite; ³ % de finos fora do limite				
Fonte: Os autores				

O grupo 1 possui DMC de 1,2 mm e MF entre 1,57 e 2,17 (zona utilizável inferior - MF de 1,50 a 2,20). O grupo 2, com MF entre 2,02 e 2,18, também se enquadra na zona utilizável inferior, distinguindo-se do grupo 1 por possuir DMC de 2,4 mm. Já o grupo 3 é formado pelas amostras que possuem DMC de 2,4 mm e MF entre 2,20 e 2,36, enquadrando-se na zona ótima (MF de 2,20 a 2,90). As amostras cujos resultados não se enquadraram em algum dos limites aceitáveis foram descartadas, como mostrado na Tabela 3.

Para as análises granulométricas por grupo, as amostras previamente dispersas, lavadas e secas foram quarteadas até a obtenção de porções representativas com cerca de 5 kg cada. Estas porções foram então misturadas e homogeneizadas em betoneira com capacidade de 150 L durante 10 minutos (grupo 1) e manualmente (grupos 2 e 3), sendo então quarteadas, sucessivamente, até a obtenção de três porções individuais de 1.000 g para cada grupo.

Os dados das análises granulométricas de cada grupo, bem como o teor de materiais pulverulentos (F) de areia do rio Tibagi, estão na Tabela 4. O gráfico relativo a esses dados é mostrado na Figura 2.

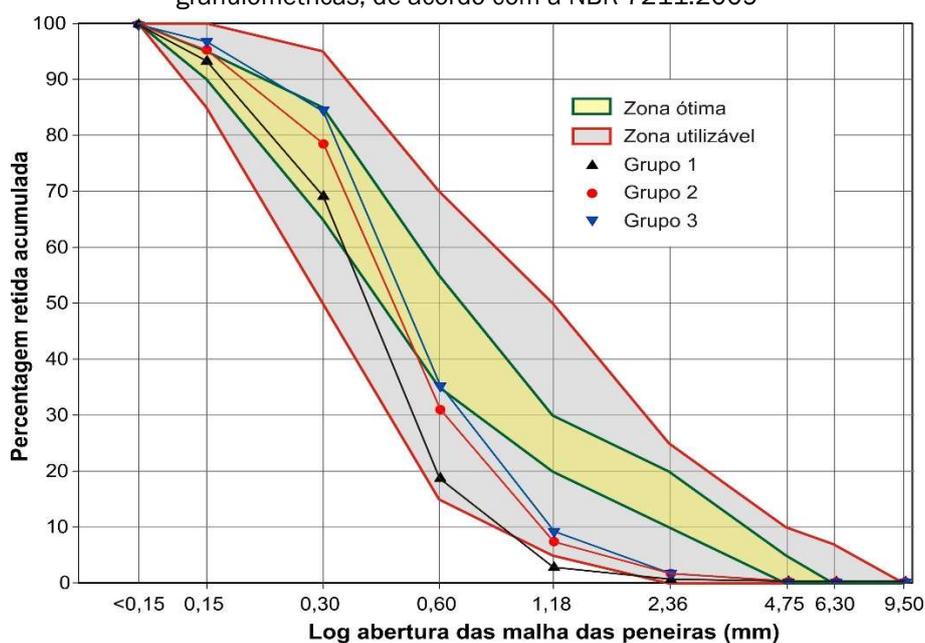
Tabela 4 - Composição granulométrica percentual (engenharia civil) das amostras agrupadas

Malha(mm)		6,30	4,80	2,40	1,20	0,60	0,30	0,15	<0,074	DMC	MF	F*
Grupo 1	R*	0,00	0,01	0,39	2,13	16,0	50,5	24,2	2,97	1,20	1,84	2,97
	RA*	0,00	0,01	0,40	2,52	6	6	3	100,00			
Grupo 2	R	0,00	0,06	1,42	5,76	23,6	47,6	16,8	1,97	2,4	2,14	1,97
	RA	0,00	0,06	1,48	7,24	5	4	9	100,00			
Grupo 3	R	0,00	0,03	1,58	7,48	26,1	49,4	12,3	1,63	2,40	2,28	1,63
	RA	0,00	0,03	1,62	9,10	0	7	3	100,00			
Tibagi											2,86	

* R = percentagem retida; RA = percentagem retida acumulada; F = teor de material pulverulento.

Fonte: os autores.

Figura 2 – Classificação dos grupos de areia da Formação Furnas quanto às suas curvas granulométricas, de acordo com a NBR 7211:2009



3.1.2. Massa específica e massa unitária

Tanto para massa específica quanto para massa unitária, os resultados finais foram obtidos a partir das médias de três determinações por grupo de amostras. Conforme indica a Tabela 5, os valores obtidos para os grupos de areia do Furnas foram muito próximos aos encontrados para a areia do Tibagi.

Tabela 5 – Massas específicas dos agregados

Areia	Massa específica (g/cm ³)	Massa unitária (g/cm ³)
Grupo 1	2,62	1,48
Grupo 2	2,61	1,44
Grupo 3	2,63	1,48
Tibagi	2,59	1,52

Fonte: Os autores

Os maiores valores de massas específicas, cujas determinações são efetuadas com agregado seco, em relação às respectivas massas unitárias, devem-se ao fato de que a massa específica de um agregado corresponde à densidade relativa média das espécies minerais que compõem o agregado. Como a massa unitária não exclui de seu cálculo o volume de vazios (poros permeáveis e capilares), haverá menor quantidade de agregado por unidade de volume, resultando numa massa unitária menor que a massa específica.

Portanto, as massas específicas dos grupos analisados, com valores entre 2,61 g/cm³ e 2,63 g/cm³, indicam que as areias da Formação Furnas são constituídas principalmente por grãos quartzo, cuja densidade relativa é de 2,65,

além de pequenas quantidades de outros minerais como feldspatos K e caulinita (caulim), com densidades relativas de 2,57 e 2,60, respectivamente. Já as areias do rio Tibagi, com massa específica de 2,59 g/cm³, também são constituídas principalmente por grão de quartzo, porém, com teores mais elevados de outros minerais como feldspatos K e caulinita, esta na forma de torrões de argila.

3.1.3. Absorção

De acordo com os resultados dos ensaios de absorção (Tabela 6), os agregados do grupo 1 absorvem mais água que o restante dos agregados. Tal fato permite deduzir que argamassas produzidas com esta areia necessitariam de mais água de amassamento para se atingir um mesmo índice de consistência que argamassas produzidas com areias dos demais grupos e do rio Tibagi.

Já areia do grupo 3 foi a que registrou a menor absorção, provavelmente por possuir menor quantidade de finos em relação aos outros agregados ensaiados.

Tabela 6 – Absorção da areia de acordo com o procedimento descrito nas normas britânicas

Areia	Absorção (%)
Grupo 1	1,663
Grupo 2	1,660
Grupo 3	0,875
Tibagi	1,116

Fonte: Os autores

3.1.4. Inchamento

Os índices de consistência para os três diferentes grupos foram obtidos pela média de três ensaios a fim de se obter resultados confiáveis, conforme a Tabela 7. Os valores de umidade crítica foram determinados através de gráficos.

Tabela 7 – Inchamento da areia

Areia	Inchamento da areia (%)	Umidade crítica (%)
Grupo 1	35,80	4,20
Grupo 2	38,10	5,00
Grupo 3	35,50	4,00
Tibagi	35,70	3,30

Fonte: Os autores.

3.2. Características tecnológicas da argamassa

3.2.1. Consistência

Os índices de consistência para as diferentes relações água-materiais secos (H) dos três grupos amostrados e de areias do rio Tibagi foram obtidos pela média de três ensaios, a fim de se obter resultados confiáveis, conforme a Tabela 8 e Figura 3.

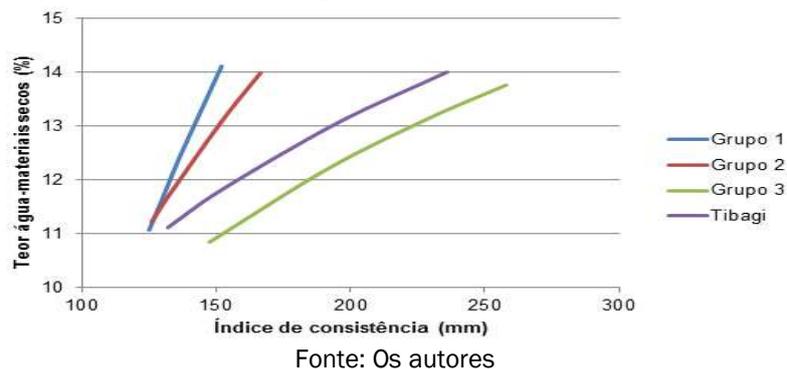
Tabela 4 – Índices de consistência das argamassas

Areia	Teor água-materiais secos (%)	Índice de consistência (mm)
Grupo 1	11	125
	12	135
	13	137,5
	14	152
Grupo 2	11	126
	12	132
	13	152
	14	166,5
Grupo 3	11	147,5
	12	192
	13	230
	14	258
Tibagi	11	132
	12	152
	13	195
	14	236

Fonte: Os autores.

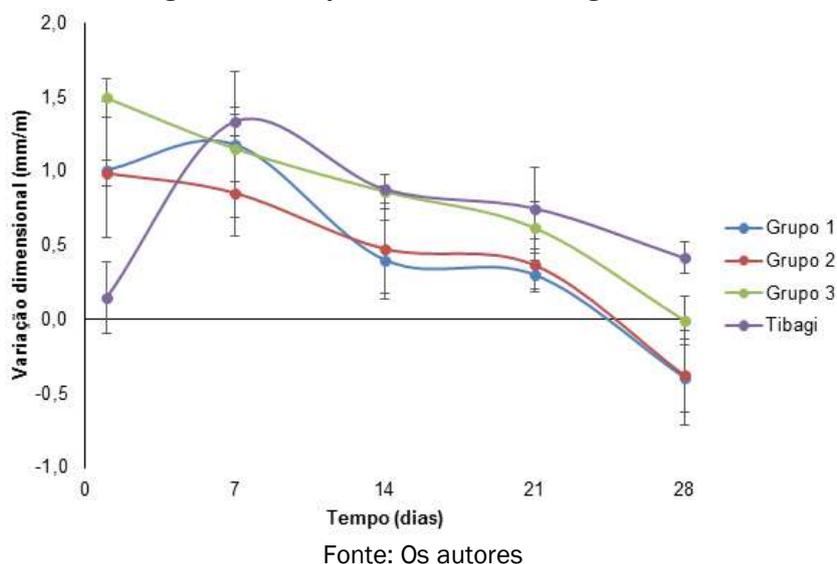
Ao se fixar os resultados da areia do Tibagi como referenciais, observa-se que a variabilidade da consistência em relação ao teor de água/materiais secos foi significativamente menor para os grupos 1 e 2. Já o grupo 3 apresentou maior variação, ou seja, os grupos 1 e 2 se apresentam menos sensíveis às variações de teor de água/materiais secos e o grupo 3 levemente mais sensível. Tal fato indica a distinção dos materiais e a influência da granulometria na consistência. A partir dos valores apresentados na Tabela 8 observa-se uma diminuição expressiva do índice de consistência, inversamente proporcional ao DMC e ao MF da mistura. Quanto maior a quantidade de finos, maior é a quantidade de água na mistura para se atingir uma mesma consistência.

Figura 3 – Consistências das argamassas com areias dos três e do rio Tibagi



Os resultados para a análise da retração nas argamassas produzidas, a partir dos valores médios dos ensaios realizados, estão representados nas Figuras 4 e 5.

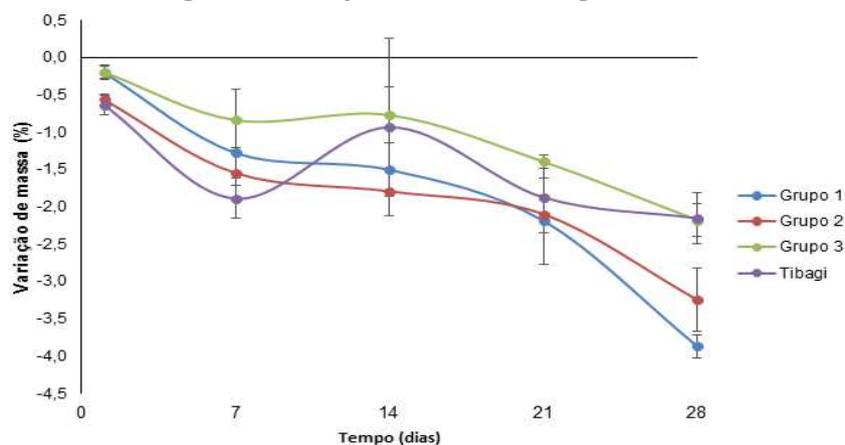
Figura 4 – Variação dimensional das argamassas



As argamassas confeccionadas com areias dos três grupos do arenito Furnas apresentaram variações dimensionais e de massa semelhantes, com curva decrescente devido à perda de água.

Em relação às argamassas confeccionadas com areia do Tibagi, verificou-se uma inconsistência na primeira leitura da variação dimensional (1 dia) não condizente com as leituras das demais argamassas na mesma data, como mostrado na Figura 4. No entanto, seu comportamento nas demais idades mostrou-se coerente de forma que, considerando o desvio padrão, sua curva ficou situada entre as das argamassas confeccionadas com areia da Formação Furnas, conforme a Figura 4.

Figura 5 – Variação de massa das argamassas



Fonte: Os autores.

Neville e Brooks (2013, p. 239) afirmam que quanto maior a relação água/cimento, maior a retração. Portanto, para um determinado teor de agregado, a retração é função da relação água/cimento. Esse fato não foi comprovado com as areias do grupo 3, visto que com os teores fixos de agregado, esse grupo, que compõe a argamassa com menor relação água/cimento, resultou na maior variação dimensional em relação às demais argamassas.

Outro aspecto não totalmente comprovado é o afirmado por Bastos et al. (2005, p. 259) onde, por mais que o aumento do teor de finos melhore a capacidade de retenção de água na mistura, há uma redução do diâmetro médio dos capilares da argamassa gerando maior tensão na saída de água durante a secagem. A argamassa com a areia do grupo 1, que possui maior teor de material pulverulento, não apresentou variação dimensional superior às outras. Porém a areia do Tibagi, cujo teor de finos é superior ao das areias dos grupos 1 e 2, apresentou maior variação dimensional às mesmas.

A variação volumétrica, que indica a perda de água por evaporação dos corpos de prova, se revelou com proporcionalidade bastante parecida para as argamassas com areias do Furnas, o que não ocorreu com a areia do Tibagi.

Os resultados de resistência à compressão das argamassas confeccionadas com agregado miúdo do Arenito Furnas foram satisfatórios, pois todos os corpos de prova apresentaram valores superiores aos encontrados para os mesmos traços de argamassas produzidas com areia do Rio Tibagi, conforme Tabela 9. A Figura 6 apresenta a resistência à compressão das argamassas em seu traço piloto.

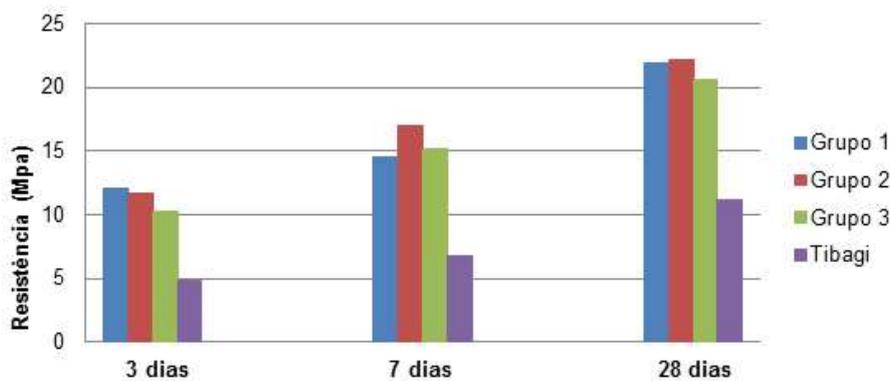
Tais valores confirmam a relação que diz que a quantia de água na mistura é inversamente proporcional à resistência mecânica da argamassa. Além disso, os traços cuja quantia de cimento era em maior proporção (traço rico) também resultaram num aumento significativo da resistência, pois, conforme enunciado por Martinelli, citado por Dubaj (2000, p. 13), o maior consumo de cimento é responsável pelo crescimento da resistência à compressão das argamassas.

Tabela 5 - Resistência à compressão das argamassas

Areia	Traço	Resistência (MPa)		
		3 Dias	7 Dias	28 Dias
Grupo 1	1:2:0,41	22,945	28,46	31,125
	1:3:0,55	12,04	14,57	21,93
	1:4:0,69	6,85	9,225	12,74
Grupo 2	1:2:0,41	22,94	29,51	39,345
	1:3:0,55	11,69	16,94	22,175
	1:4:0,69	6,06	9,78	12,605
Grupo 3	1:2:0,41	24,84	32,95	33,73
	1:3:0,55	10,25	15,17	20,565
	1:4:0,69	6,59	9,125	12,34
Tibagi	1:2:0,41	10,735	14,955	17,94
	1:3:0,55	4,78	6,745	11,15
	1:4:0,69	3,57	5,905	10,35

Fonte: Os autores

Figura 6 – Resistência à compressão das argamassas: traço piloto



Fonte: Os autores

Portanto, considerando que as argamassas foram produzidas apenas com cimento como aglomerante, pode-se dizer que os resultados superiores de resistência mecânica obtidos nas argamassas produzidas com areia do Furnas podem indicar melhor empacotamento das partículas, possibilidade de maior fator água/cimento para se atingir uma trabalhabilidade desejável sem comprometer sua resistência, bem como possibilidade de menor consumo de cimento para a resistência desejada, o que representaria maior economia.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios tecnológicos de areia e argamassas com areia da Formação Furnas foram satisfatórios e se mostraram condizentes com a literatura, atendendo aos objetivos propostos na presente pesquisa.

Parâmetros como distribuição granulométrica, forma dos grãos, diâmetro máximo característico e módulo de finura dos arenitos da Formação Furnas se

enquadraram nos limites estipulados em norma. Estes dados serviram, ainda, como base para a interpretação de outros resultados e, portanto, suas determinações foram imprescindíveis.

Os ensaios realizados em argamassas mostraram que as resistências dos corpos de prova confeccionados com areias da Formação Furnas foram significativamente superiores às obtidas com areia do Rio Tibagi. Desta forma, uma quantidade menor de cimento na mistura forneceria a mesma resistência, resultando em economia de recursos financeiros. Porém, é importante que sejam efetuados estudos complementares detalhados quanto às aplicações de argamassas confeccionadas com areias do Furnas, incluindo o estudo de argamassas, simples ou compostas, que utilizem a cal como aglomerante, focando-se nas diversas finalidades deste composto.

Outro fator favorável à utilização do arenito Furnas na construção civil está relacionado à sua exploração. Nesse sentido, a atuação de processos intempéricos na porção mais superior e exposta da Formação Furnas, ao promover a decomposição do feldspato K presente nesse arenito, torna-o mais friável até uma profundidade aproximada de 10 à 15 metros, o que maximizaria os processos de lavra possibilitando maior produtividade em menor área.

Atualmente, a extração de areia no município de Ponta Grossa é realizada essencialmente nas várzeas do rio Tibagi, a qual é interrompida em períodos de enchentes e inundações. Assim, considerando que a Formação Furnas aflora em cotas bem mais elevadas que as das planícies de inundação do rio Tibagi, tal fato possibilitaria um processo contínuo de extração de areia, independente de variações climáticas sazonais.

Do ponto de vista ambiental, a utilização da areia proveniente da Formação Furnas seria mais apropriada que a do Rio Tibagi, tendo em conta que implicaria na minimização de inúmeros impactos ambientais gerados por esta atividade como supressão de vegetação nativa, instalação de processos erosivos, alterações hidrodinâmicas, dentre outros e, em consequência, propiciaria a preservação de importantes ecossistemas representados pelos campos nativos, campos úmidos e sistema ripário, ocorrentes nas várzeas do rio Tibagi.

Finalmente, a utilização de areia da Formação Furnas como fonte alternativa (ou substituta) de agregado miúdo na Engenharia Civil, em argamassas, é plenamente viável, tanto dos pontos de vista técnico, quanto econômico e ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo fomento à pesquisa (Processo 477302/2013-0).

REFERÊNCIAS

ASSINE, M. L. **Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil**. 1996. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. 207 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935 Agregados – Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. **NBR NM 30. Agregado miúdo – Determinação da absorção de água**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR NM 45. Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR NM 46. Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR NM 52. Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR NM 248. Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 6467 Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. **NBR 7211 Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 7215 Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. **NBR 9776 Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. **NBR 9935 Agregados - Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. **NBR 15261 Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da variação dimensional (retração linear)**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BASTOS, P. K. X., DETRICHE, C.H., BALAYSSAC, J. P., CINCOTTO, M. A. **Método de ensaio para medida da retração de argamassas de revestimento no estado fresco**.

In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 4. Brasília - DF, 2001.
Anais, Brasília - DF: SBTA, 2001: p. 131-143.

BASTOS, P. K. X., NAKAMURA, E. H., CINCOTTO, M. A. **Comparação da retração de argamassas industrializadas e mistas de revestimento nos estados fresco e endurecido.** In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 6. Brasília - DF, 2005. Anais, Florianópolis: SBTA, 2005: p. 251-261.

BAUER, E. **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades.** Brasília: LEM-UnB/Sinduscon-DF, 2005.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção.** Volume 1. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 488 p.

BERGAMASCHI, S. **Análise estratigráfica do Siluro-Devoniano (Formações Furnas e Ponta Grossa) da Sub-Bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil.** 1999. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999, 167 p.

BIGARELLA, J.J., SALAMUNI, R., MARQUES FILHO, L.P. **Texturas e estruturas** da Formação Furnas e sua significação paleogeográfica. Bol. Univ. Fed. Paraná, Curitiba, n. 18, p. 1-114, 1966.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 812: Part 2 - Methods for determination of density.** London, BSI, 1995.

_____. **BS EN 1097: Part 3 - Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Determination of loose bulk density and voids.** London: BSI, 1998.

CARASEK, H. **Argamassas** Cap. 28. ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, p. 885-904, 2010.

CHEMIN, F. L.; GODOY, M. Z.; GOUVEIA, L. T.; KRUGER, P.; GODOY, L. C. **Caracterização do arenito furnas no município de Ponta Grossa-PR visando sua utilização como fonte alternativa de areia para construção civil.** In: 47º Congresso Brasileiro de Geologia, 2014, Salvador - BA. Anais do 47º Congresso Brasileiro de Geologia, 2014.

DUBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000, 102 p.

GODOY, M. Z.; CHEMIN, F. L.; GOUVEIA, L. T.; KRUGER, P.; GODOY, L. C. **Caracterização sedimentológica do arenito furnas no município de Ponta Grossa**

(PR) visando sua utilização como fonte alternativa de areia para engenharia civil. In: XXIII ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2014, Londrina. Anais... Londrina: UEL, 2014.

GODOY, M. Z.; CHEMIN, F. L.; KRUGER, P.; GODOY, L. C. **Caracterização tecnológica do Arenito Furnas no município de Ponta Grossa (PR) para uso em argamassas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 15, 2015, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: ABGE, 2015.

GRIGOLI, A. S. **Arenito Caiuá utilizado como agregado miúdo para concreto estrutural.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO, 5., 1999, São Paulo. Anais... São Paulo: ABCP, 1999.

GUIMARÃES, G. B.; MELO, M. S.; MOCHIUTTI, N. F. **Desafios da geoconservação nos Campos Gerais do Paraná.** Geol. USP, Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 47-61, 2009.

LOBATO, G.; BORGHI, L. **Análise estratigráfica da formação furnas (devoniano Inferior) em afloramentos da borda leste da bacia do Paraná.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P E D EM PETRÓLEO E GÁS, 3, 2004, Salvador. Anais... Salvador: IBP, 2004.

MANUAL DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA – Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2002. 104 p. Disponível em: <www.comunidade-da-construcao.com.br>. Acesso em: 13/01/2015.

MIGLIATO, C. L.; FONTANINI, P.S.P.; PIMENTEL, L. L. **Caracterização do maciço arenítico da região de São Carlos e utilização como agregado de concreto na construção civil.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14, 2012, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: ANTAC, 2012.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S.A. **Folha Ponta Grossa - Escala 1:250.000.** 2. ed. Software de Geoprocessamento: ArcView 3. 2006a.

_____. **Folha Telêmaco Borba - Escala 1:250.000.** 2. ed. Software de Geoprocessamento: ArcView 3. 2006b.

_____. **Mapeamento Geológico da Folha de Ponta Grossa (1:100,000).**

Disponível em: <

http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/mapeamento/Relatorio_Folha_Ponta_Grossa_2007.pdf>. Acesso em: 12/03/2015.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto:** 2. ed. Tradução por CREMONINI, R. A. Porto Alegre: Bookman, 2013. 448 p.

PRO/AMBIENTES. **EIA-RIMA: Rio Tibagi na região de Ponta Grossa.** Curitiba, 2007, 109 p.

SABBATINI, F. H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente. Boletim Técnico n.02/86.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986. 28 p.

SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006, 164p.

ABSTRACT: The emergent construction market at Ponta Grossa, in Paraná, represents an environmental concern especially about natural resources as sand. Its extraction is made exclusively in alluvial deposits in Rio Tibagi, which presents many and irreparable environmental damages, thus, it is imminent the necessity of recurrence to other sources. The Furnas Formation, essentially quartzose range of the Lower Devonian of the Paraná Basin, arises in an approximate area of 480 km² in the city and, as its geological/sedimentological classification demonstrate, it is considered adequate as fine aggregate, having just to confirm its use on many specialties of Civil Engineering with its technological characterization. Experiments were also made with sand from Rio Tibagi to compare to what is used in the region. The technological mortar characterization involved tests of consistency, retraction and compression resistance. The results of compression resistance had considerable superior values for those mortars produced with Furnas sand in all ages. Therefore, it was found that this material can be used as alternative or substitute source of fine aggregate in mortars.

KEYWORDS: Furnas Formation; Civil Engineering; fine aggregate.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-93243-38-7



9 788593 243387