



CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA AREIA EXPLOTADA EM JURUTI (PA) PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

OLIVEIRA, A.C.¹, TINO, A.A.A.²

^{1,2}Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Departamento de Engenharia de Minas.
e-mail: amanda.co@ufopa.edu.br

RESUMO

A demanda por minerais usados na construção civil cresceu nos últimos anos em Juruti como consequência do desenvolvimento econômico e social ocorrido. A areia consumida no município é lavrada em uma mina local e não há na literatura registros sobre as características desse material. A fim de verificar se a areia comercializada atende às especificações necessárias ao uso na construção civil, buscou-se realizar a caracterização. Duas amostras de areias, denominadas pelo minerador como fina e grossa foram coletadas, homogeneizadas, quarteadas e submetidas às análises granulométrica, microscópica e mineralógica. A areia fina apresenta d_{50} de 0,3mm, módulo de finura de 1,7 e a areia grossa possui d_{50} de 0,45mm e módulo de finura de 2,1. As areias apresentam a mesma morfologia e composição mineralógica, constituídas por quartzo com grãos de baixa esfericidade e subangularidade. Observa-se que as especificações de morfologia e mineralogia estabelecidas pela ABNT para uso da areia como agregado miúdo são atendidas. Contudo, a distribuição de tamanhos das areias apresenta um desvio à distribuição padrão, para limite inferior e zona utilizável, na areia fina e, limite inferior e zona ótima, na areia grossa.

PALAVRAS-CHAVE: Areia, Agregado miúdo, Caracterização mineralógica, Caracterização tecnológica, Juruti.

ABSTRACT

Demand for minerals in civil construction used has grown in recent years in Juruti as a consequence of economic and social development. The sand consumed in the municipality is exploited in a local mine and there are no records in the literature on the characteristics of this material. In order to verify if the commercialized sand meets the specifications necessary for the use in the civil construction, the characterization was conducted. Two samples of sand denominated by the miner as thin and coarse were collected, homogenized, divided and subjected to granulometric, microscopic and mineralogical analyzes. The fine sand has $d_{50} = 0.3$ mm; fineness modulus equal to 1.7; and the coarse sand exhibit $d_{50} = 0.45$ mm and fineness modulus equal to 2.1. The sands have the same morphological aspect and mineralogical composition, constituted by quartz with grains of low sphericity and subangularity. It is observed that, the specifications of morphology and mineralogy established by ABNT standard for the use of sand as a small aggregate are met. However, the distribution of sand sizes shows a deviation to the standard distribution, for lower limit and usable zone, in the fine sand and, lower limit and optimal zone, in the coarse sand.

KEYWORDS: Sand, Small-size aggregate, Mineralogical characterization, Technological characterization, Juruti.

1. INTRODUÇÃO

Os agregados da construção civil são matérias-primas minerais ou resíduos inertes reciclados que, quando estão na forma granular, apresentam propriedades estabelecidas para uso em obras de engenharia civil (SERNA; REZENDE, 2013). Os agregados representam os materiais/rochas mais consumidos no mundo, dos quais citam-se: areias, britas, cascalhos e pedregulhos, que podem ser classificados de acordo com o tamanho dos fragmentos em finos (até 0,2 mm), médios (0,2 e 2 mm) e grossos (> 2 mm). Por vezes, a indústria utiliza valores superiores a 5 mm para os agregados grosseiros (BERTOLINO; PALERMO; BERTOLINO, 2012).

Os agregados médios e finos são, em geral, utilizados para preenchimento ou para proporcionar rigidez em uma mistura, de tal forma que características como granulometria, densidade específica, forma das partículas e a composição mineralógica são parâmetros importantes e influenciam no comportamento dos materiais que são produzidos com os agregados (BERTOLINO; PALERMO; BERTOLINO, 2012).

A areia é usada na indústria de construção civil como agregado miúdo para a produção de concreto, argamassa, mistura asfáltica, etc. Trata-se de um material granular, de composição silicática e com predominância do mineral quartzo (KULAIF; RECUERO, 2015). As areias consistem em partículas de tamanho médio e são resultantes da desintegração de rochas que passam pelos processos de intemperismo, erosão, transporte e deposição (GROTZINGER; JORDAN, 2013).

A granulometria da areia influencia na resistência mecânica e na trabalhabilidade da mistura do concreto (quando no estado fresco) e da argamassa. A heterogeneidade de distribuição granulométrica (existência de grãos de todas as variações de diâmetros) aumenta a densidade de empacotamento e, conseqüentemente, reduz a quantidade de água necessária para preencher os espaços vazios. Isso ocorre porque uma distribuição granulométrica heterogênea possibilita que os espaços vazios sejam preenchidos por partículas menores (CASTRO; PANDOLFELLI, 2009). Uma areia com pequena heterogeneidade de distribuição, predominando as partículas finas, precisa de maior quantidade de água para a formação de misturas, devido a maior área superficial dessas partículas. O aumento da quantidade de água se relaciona de forma inversa com a resistência mecânica do concreto (NEVILLE; BROOKS, 2010). Uma distribuição de tamanhos com predominância de partículas grossas, dificulta a trabalhabilidade da mistura e apresenta muitos espaços vazios. Para Popp (2017) a distribuição de tamanhos dos grãos da areia dependem da competência do agente de transporte e da natureza do sedimento.

Agregados miúdos naturais tendem a ser arredondados devido a abrasão, atrito e ao efeito cumulativo de colisões múltiplas, que geram a perda dos vértices e das arestas dos sedimentos (POPP, 2017). A forma e a textura superficial de um grão tem um efeito significativo sobre a trabalhabilidade, compacidade, ângulo de atrito interno e quantidade da água de amassamento necessária à mistura (CASTRO; PANDOLFELLI, 2009). Estudos realizados por Tristão (2005) mostraram a influência da forma do agregado nas propriedades da argamassa - grãos mais arredondados e esféricos demandam menor consumo de água e aglomerante porque possuem menor área superficial quando comparados aos grãos angulosos. A existência de grãos angulosos indica um deslocamento a distâncias pequenas, enquanto grãos arredondados indicam um longo caminho percorrido, como ocorre em um grande sistema fluvial. Os grãos tornam-se arredondados e um pouco menores à medida que

são transportados, embora sua forma geral possa não mudar significativamente (GROTZINGER; JORDAN 2013).

A mina de areia de Juruti (PA) está localizada a 26 quilômetros do centro do município e é operada desde agosto de 2018 por meio de processos rudimentares que possibilitam uma produção mensal média de 1000 toneladas dos produtos: areia fina e areia grossa. Toda a areia consumida em Juruti é proveniente dessa mina (depósito aluvionar) e se destina, quase que exclusivamente, para a construção civil. Não há na literatura nenhuma informação a respeito das características das areias lavradas na região. Na mina, o operador da carregadeira faz a classificação visual do depósito em: areia fina e areia grossa. O único processo de beneficiamento existente é feito por peneiramento a úmido, em uma peneira construída artesanalmente com tábuas de madeira e uma tela de aço, e serve para separar o cascalho da areia grossa.

Independente da simplicidade do processo produtivo da areia, o seu uso como agregado miúdo requer que sejam atendidas às exigências estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), das quais citam-se a NBR 7211/2009 (distribuição granulométrica) e NBR 7389-1/2009 (forma dos grãos e composição mineralógica). A fim de suprir à carência de informações dos minérios explorados por empresas de pequeno porte na região amazônica e devido a demanda cada vez maior por agregados no município (TINO, 2019), este trabalho teve por objetivo caracterizar as areias explotadas em Juruti e comparar aos padrões estabelecidos para uso desse material na construção civil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 AMOSTRAS

2.1.1 Coleta

Duas amostras de areia (fina e grossa) foram coletadas em pilhas no pátio de estocagem da empresa. A coleta dos incrementos foi realizada por meio da retirada do material em diversos pontos da pilha, com o auxílio de uma pá, atentando para a exclusão da camada localizada até 30 cm da superfície da pilha, conforme estabelece a NBR NM 26 (ABNT, 2000). As massas das amostras primárias de areia fina e grossa foram, respectivamente, 46,8 kg e 39,8 kg.

2.1.2 Homogeneização e quarteamento

As amostras de areia coletadas foram secadas, homogeneizadas e quarteadas para a obtenção de alíquotas representativas. A secagem ocorreu a temperatura ambiente e a homogeneização foi realizada pela formação de uma pilha cônica e uma pilha alongada, consecutivamente. A retirada de alíquotas representativas para os ensaios de caracterização foi feita através de três cortes, em posições equidistantes, na pilha alongada. Na região de cada corte foi retirada uma alíquota com aproximadamente 1,8 kg. Essas três alíquotas foram quarteadas, separadamente, em quarteador Jones, até a obtenção das amostras representativas para os ensaios de caracterização. A Figura 1 mostra a formação das pilhas de homogeneização para a areia fina e a maneira como foram selecionadas as amostras de cabeça (*head samples*). Os mesmos procedimentos foram realizados para a areia grossa.



Figura 1. Homogeneização e quartejamento da amostra de areia. A) Pilha cônica B) Formação da pilha alongada C) Pilha alongada D) Posições na pilha alongada onde ocorreram as retiradas das alíquotas.

2. 2 CARACTERIZAÇÃO

2.2.1 Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada por peneiramento (a seco) com peneiras da série Tyler (marca Bertel) com aberturas de 4,75mm, 2,36mm, 1,18mm, 0,6mm, 0,3mm e 0,15mm, em peneirador eletromecânico de bancada. Os procedimentos foram realizados em triplicata de acordo com os procedimentos estabelecidos na norma NBR NM 248/2003.

Para a determinação do módulo de finura das amostras, utilizou-se a metodologia estabelecida na NBR 248/2003 em que: o módulo de finura é calculado pela soma da porcentagem retida acumulada em cada peneira da série normal, dividindo o resultado da soma por cem (100).

2.2.2 Análise mineralógica

As análises de difração de raios X (DRX) foram realizadas pelo método do pó no equipamento *Bruker D2 PHASER*, operando com voltagem de 30 kV e corrente de 10 mA ($P=300$ W), radiação $\text{Cu-K}\alpha = 1,54060 \text{ \AA}$ e usando detector *Bruker-AXS-Lynxeye*. A faixa de varredura (2θ) foi de 4 a 80° , com passo do goniômetro de $0,02019^\circ$ e rotação constante da amostra de 10 rpm. A abertura da fenda primária foi de 0,4 mm e o tempo de contagem por passo de 0,5 segundo. As amostras foram indexadas usando o aplicativo *DIFFRAC.EVA* com o banco de dados COD (REV 89244 20131011) e PDF (REV 2006).

2.2.3 Análise morfológica

A análise morfológica foi feita utilizando o estéreo-microscópio da Nova Optical Systems, modelo Nova ZTX-E, com aumento de 15 vezes nas frações de tamanhos: $-4,75 + 2,36$ mm e $-2,36 + 1,18$ mm para as areias fina e grossa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A distribuição granulométrica das amostras de areia fina e grossa são apresentadas na Tabela 1. A areia fina apresenta diâmetro médio (d_{50}) de 0,3 mm e a areia grossa d_{50} de 0,45 mm. A diferença de tamanho entre as areias fina e grossa é pequena e ocorre principalmente em torno das aberturas de 0,6 mm e 0,3 mm.

Tabela 1. Distribuição granulométrica das amostras de areia (fina e grossa).

Abertura (mm)	Areia Fina			Areia Grossa		
	Porcentagens (%)					
	Retida	Acumulada	Passante	Retida	Acumulada	Passante
4,75	0,1	0,1	99,9	1,5	1,5	98,5
2,36	2,7	2,8	97,2	2,3	3,9	96,1
1,18	8,9	11,7	88,3	8,1	11,9	88,1
0,600	11,6	23,3	76,7	23,1	35	65
0,300	24,2	47,6	52,4	30,1	65,1	34,9
0,150	33,3	80,8	19,2	23,1	88,2	11,8
-0,150	19,2	100	0,0	11,8	100	0,0

O conceito de agregado miúdo está relacionado à granulometria, sendo definido como: agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de 4,75 mm e atendem aos limites granulométricos estabelecidos na NBR 7211/2009. Essa norma define limites (inferior e superior) para a distribuição granulométrica, os quais se subdividem em zona ótima e zona utilizável. Ambas as areias possuem distribuição de tamanhos que se aproximam ao padrão de limite inferior, fato confirmado pelo valor do módulo de finura de 1,7 e 2,1 para as areias fina e grossa, respectivamente. A Figura 2 apresenta as curvas de distribuição granulométrica das areias fina (a) e grossa (b) em comparação às curvas padrão da ABNT para as zonas utilizável e ótima, respectivamente. Observa-se que para a areia fina 99,9% das partículas estão abaixo de 4,75mm. A distribuição de tamanho da areia fina difere do padrão, principalmente, nas aberturas de 1,18 mm e 0,6 mm, onde o percentual retido acumulado foi de 11,7% e 23,3%, respectivamente, estando acima dos valores definidos que são 5% e 15%, respectivamente. Para a areia grossa, é possível observar que o percentual de areia retida nas peneiras de 2,36 mm e 1,18 mm é de 3,9% e 11,9%, respectivamente, estando abaixo do padrão, o qual deve apresentar, respectivamente, 10% e 20% de material retido. O percentual de partículas com granulometria superior a 4,75 mm totalizou 1,5%.

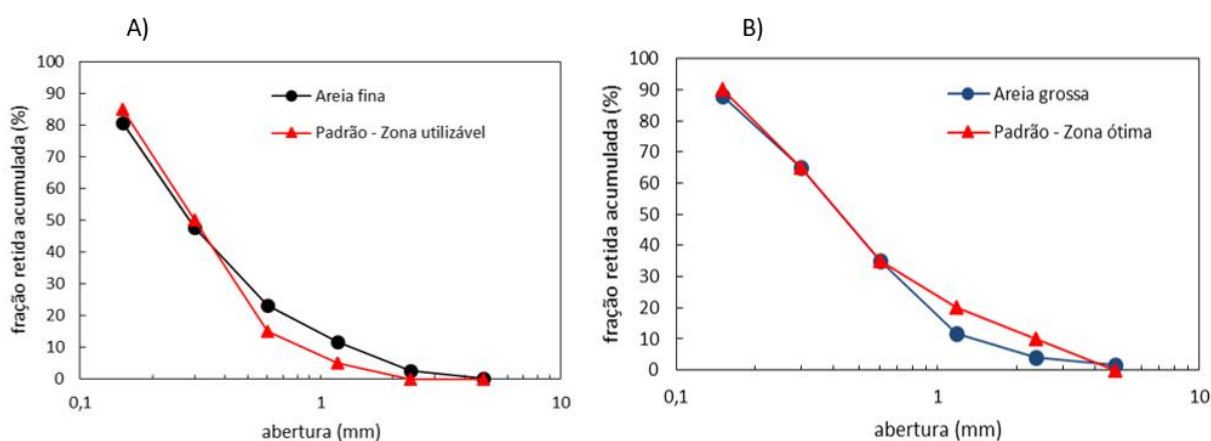


Figura 2. Curvas de distribuição granulométrica das areias fina (A) e grossa (B) e padrão ABNT de distribuição em zona utilizável (A) e zona ótima (B).

3.2 ANÁLISE MINERALÓGICA

A Figura 3 apresenta os difratogramas das amostras de areia fina e grossa. Observa-se que a composição mineralógica das amostras é idêntica e constituída predominantemente por quartzo.

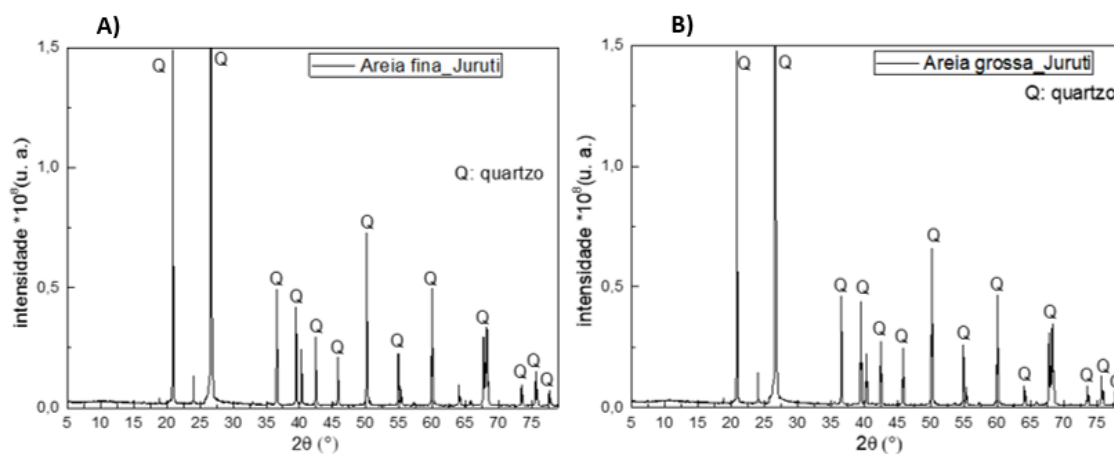


Figura 3. Difratogramas de raios X das amostras de: A) areia fina e B) areia grossa.

Suguio (1973) observou que em sedimentos de canais de rios e em aluviões, as areias apresentam pouca ou nenhuma argila. Para uso como agregado em concreto, os grãos das areias analisadas são classificados como inóculos – grãos cujos minerais não reagem em contato com a pasta de cimento e apresentam resistência físico-mecânica adequada (ABNT, 2009).

Conforme a NBR 7211/2009, os agregados devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, e não devem conter substâncias de natureza e quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto (ABNT, 2009).

3.3 ANÁLISE MORFOLÓGICA

A Figura 4 apresenta as imagens dos grãos constituintes das areias fina e grossa. A avaliação da forma dos grãos é feita de maneira qualitativa por meio de comparação com o padrão definido pela NBR 7389-1 da ABNT (2009), que determina o grau de esfericidade e arredondamento dos grãos.

Observa-se que as partículas apresentam arredondamento subanguloso (devido ao grau de curvatura dos cantos) e esfericidade baixa (relacionado ao quanto o grão se aproxima da forma esférica). Suguio (1973) observou que em sedimentos de canais de rios e nos aluviões predominam grãos angulares, o que indica que durante o processo de transporte, o sedimento não percorreu longas distâncias. Popp (2017) relata que durante o transporte as partículas do sedimento sofrem choques contínuos, quebrando os cantos de modo que os grãos, no decorrer do tempo, tendem a uma forma esférica. Entretanto, esse formato é raramente alcançado. A forma do grão depende muito da natureza petrográfica e do tipo de agente de desgaste.

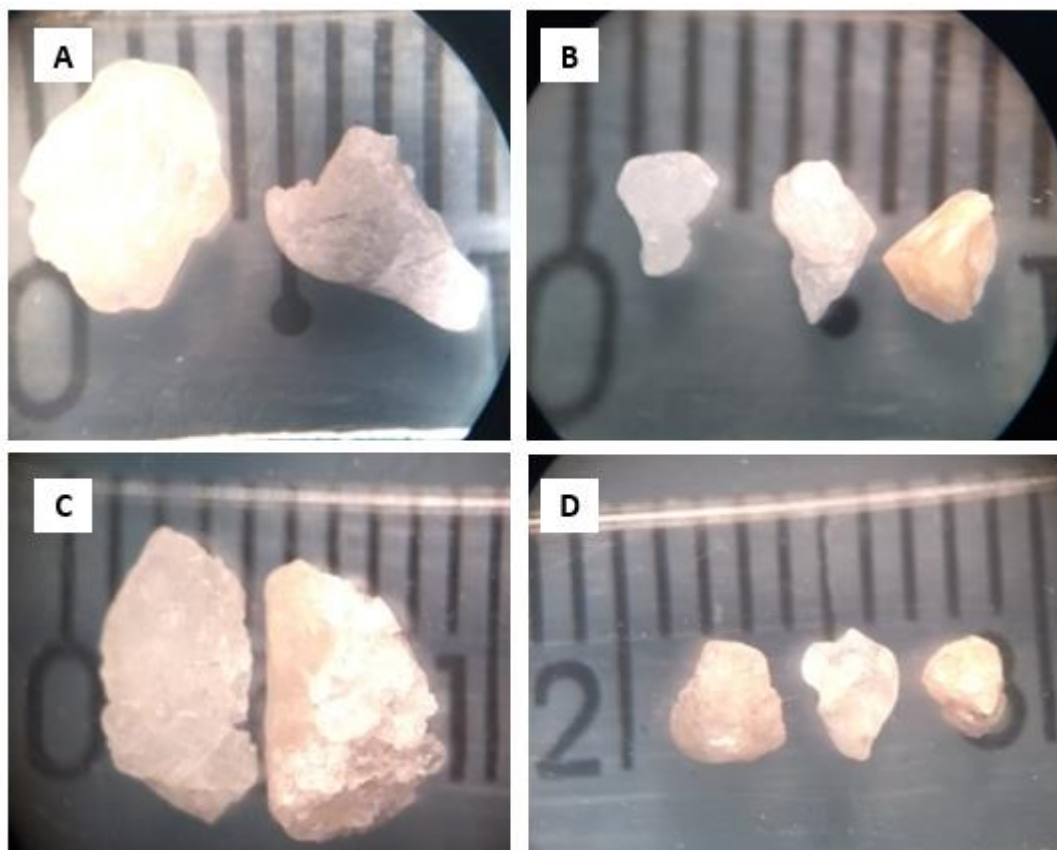


Figura 4. Imagens da forma dos grãos da areia fina para as frações de tamanho $-4,75 + 2,36$ mm (A) e $-2,36 + 1,18$ mm (B) e da areia grossa nas frações $-4,75 + 2,36$ mm (C) e $-2,36 + 1,18$ mm (D).

4. CONCLUSÃO

As areias fina e grossa exploradas em Juruti apresentam diâmetros médios de, respectivamente, 0,3 mm e 0,45 mm e módulo de finura de 1,7 e 2,1, respectivamente. A composição mineralógica é idêntica para ambas as amostras, sendo constituída predominantemente por quartzo. Os grãos apresentam arredondamento subanguloso e baixa esfericidade. A maior diferença entre as areias está nos tamanhos próximos ao diâmetro médio. A distribuição granulométrica das areias fina e grossa se aproximam ao do padrão ABNT de limite inferior, com as respectivas zonas: utilizável e ótima.

A distribuição de tamanho da areia fina apresenta uma distinção ao padrão para as aberturas de 1,18 mm e 0,6 mm, com percentual retido acumulado de 11,7% e 23,3%, respectivamente, estando acima dos valores padrões. Para a areia grossa, o percentual de areia retida nas peneiras de 2,36 mm e 1,18 mm é de 3,9% e 11,9%, respectivamente, os quais ficam abaixo do padrão da zona ótima. A utilização dessas areias como agregado miúdo para fabricação de concretos requer estudos prévios de dosagem, conforme estabelece a NBR 7211/ 2009, uma vez que as distribuições granulométricas apresentaram diferenças ao padrão estabelecido pela ABNT.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa pelo fornecimento das amostras, ao Grupo de Tecnologia Mineral (GTM) da UFOPA pelos auxílios na condução do experimento e aos

Laboratórios do Grupo de Tecnologia Mineral (GTM) da UFPE, em nome dos professores Carlos Adolpho Baltar e Pedro Guzzo, pelas análises de difração de raios X e por possibilitar o uso da estrutura laboratorial para a realização do trabalho.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: agregados para concreto: especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7389-1/2009: agregados: análise petrográfica de agregado para concreto. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248/2003: agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26 (ABNT, 2000): Agregados - amostragem. Rio de Janeiro, 2000.

Castro AL, Pandolfelli VC. Revisão: conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil. *Cerâmica* 2009; (55); 18-32.

Grotzinger J, Jordan T. Para entender a terra. 6a.ed. Porto Alegre: Bookman; 2013. Capítulo 5, Sedimentação: rochas formadas por processos de superfície, p. 119 – 152.

Kulaif, Y, Recuero, JC. Areia para construção. Brasília: DNPM/MME, 2016. Sumário mineral 2015, p. 26-27. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015>.

Serna HA, Rezende MM. Agregados para a construção civil. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/8-1-2013-agregados-minerais>.

Bertolino LC, Palermo N, Bertolino AVFA. Manual de agregados para a construção civil. 2a. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC; 2012. Capítulo 4, Geologia, p. 69-79.

Neville AM, Brooks JJ. Tecnologia do concreto. 2a.ed. Porto Alegre: Bookman; 2010.

Popp JH. Geologia geral. 7a. ed. Rio de Janeiro: LTC; 2017.

Suguio K. Introdução a sedimentologia. São Paulo: Edgard Blucher, 1973.

TINO AAA. Diagnóstico do mercado de agregados para a construção civil e cerâmica vermelha no município de Juruti-PA. (Relatório de pesquisa), 2019.

Tristão FA. Influência dos parâmetros texturais das areias nas propriedades das argamassas mistas de revestimento. [Tese de doutorado]. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis; 2005.