

# **DIVISÃO DE MINERAIS INDUSTRIAIS**

## **INSTRUÇÃO TÉCNICA DIMINI 01 – 01.07.2019**

### **Orientações gerais para desenvolvimento de projetos para avaliação de insumos minerais para a construção civil**

## **1 – INTRODUÇÃO**

Os trabalhos de pesquisa e avaliação de bens minerais destinados à construção civil são de enorme importância para a sociedade e têm ligação direta com a qualidade de vida da população, pois fornecem matéria-prima para a construção de obras de infraestrutura, tais como moradias, redes de saneamento básico, pavimentação, rodovias, entre outros. Desta maneira, o quantitativo de exploração e consumo destes insumos têm relação direta com a qualidade de vida e nível de desenvolvimento econômico e social de determinada região. Essas matérias-primas minerais, nas quais destacam-se os agregados areia e rocha britada, são as substâncias minerais mais consumidas no mundo, e as mais significativas em termos de volume minerado. Desta maneira, identificar novos depósitos de materiais destinados à construção civil torna-se necessário, a fim de atender esta importante demanda da sociedade.

Esta Instrução Técnica tem como objetivo fornecer orientações básicas para pesquisa e avaliação de insumos minerais utilizados na construção civil, e para o desenvolvimento de projetos no âmbito da Divisão de Rochas e Minerais Industriais – DIMINI, com vistas à padronização de procedimentos e produtos elaborados pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Neste documento, além da sistemática de trabalho a ser adotada na pesquisa de materiais de construção civil, são apresentados os ensaios analíticos fundamentais para caracterização de: agregados minerais, representados por areia e rocha britada, classificados como agregados miúdos e graúdos, respectivamente; argilas comuns, notadamente as vermelhas, utilizadas na fabricação de tijolos e telhas; argilas brancas para a produção cerâmica de revestimento e produtos refratários; materiais de empréstimo e saibro, empregados principalmente como aterro; e calcários e cascalhos, que podem ser usados como agregados.

Esses depósitos, principalmente os relacionados às jazidas de areia, brita e argila, podem ser minerados sem o acompanhamento técnico adequado, o que pode resultar em perdas de matéria-prima em operações de lavra predatória, além de danos ambientais decorrentes da falta de planejamento das etapas no processo produtivo. Portanto, além de caracterizar estes materiais e descobrir novas áreas potenciais, cabe ao Serviço Geológico do Brasil instruir o empreendedor mineral para que a exploração destes insumos seja feita de forma sustentável, minimizando os impactos à população e ao meio ambiente.

## **2 – ELABORAÇÃO E EXECUÇÃO DE PROJETOS**

O aprimoramento competitivo das indústrias de base mineral, principalmente dos pequenos empreendimentos, pode alavancar o desenvolvimento econômico em muitas regiões brasileiras, contribuindo efetivamente na geração de emprego, renda e tributos nesses territórios. Oportunidades para a conquista de novos espaços de mercado estarão centradas na capacidade dos investidores brasileiros de otimizar o desempenho funcional de seus minerais industriais em segmentos diversos e de satisfazer diferenciadamente à demanda. Os projetos a serem propostos no Serviço Geológico do Brasil precisam contribuir neste sentido, abrindo o leque de oportunidades para pequenos e médios negócios, que predominam na economia nacional, atraindo novos investidores.

As etapas sugeridas para elaboração e execução de projetos de insumos minerais para construção civil são resumidas no fluxograma (Figura 1) e detalhadas a seguir.

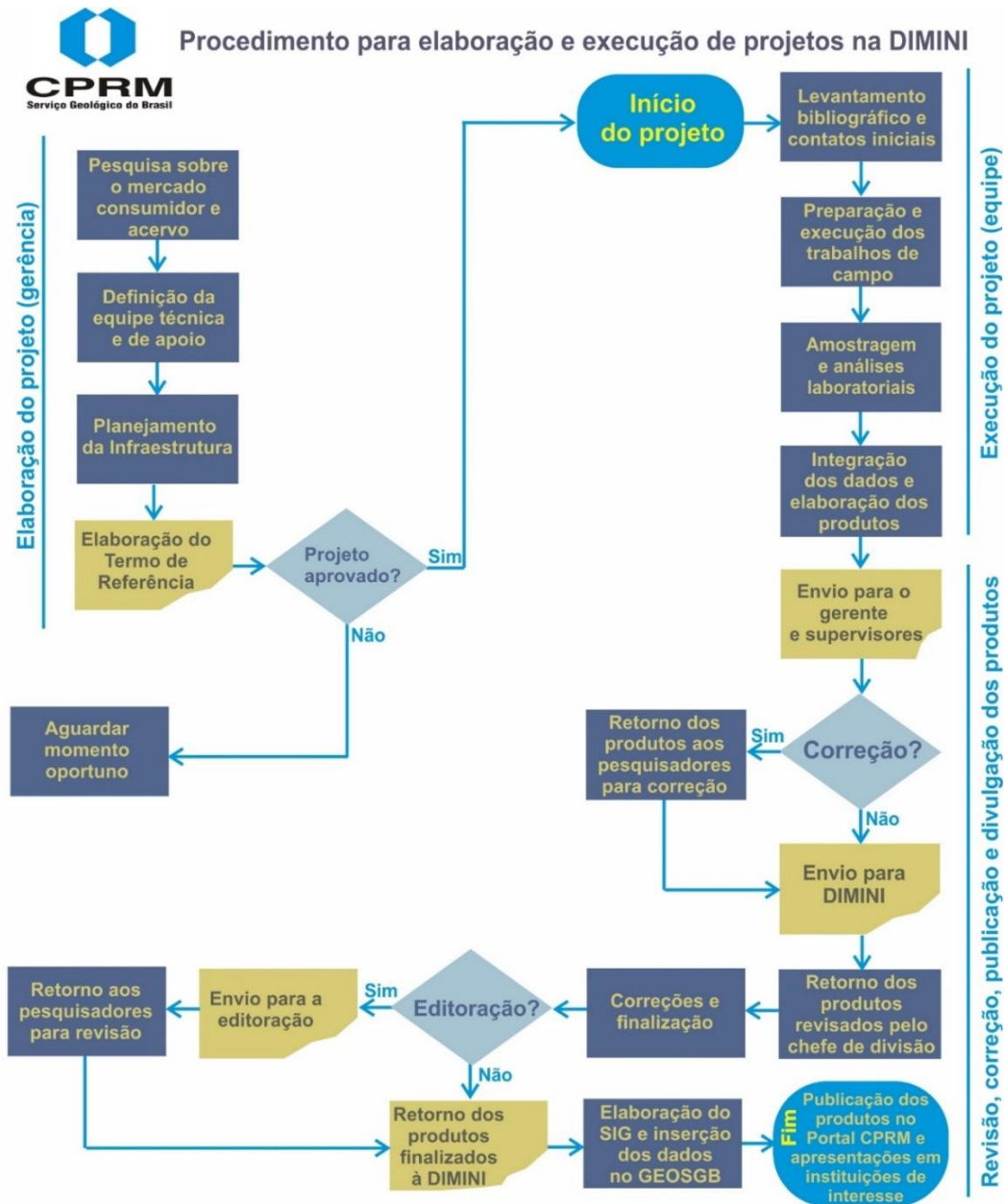


Figura 1 – Fluxograma simplificado de implantação e desenvolvimento de projetos.

## 2.1 – Elaboração do projeto (gerência)

Seguindo a atual sistemática adotada pela Diretoria de Geologia e Recursos Minerais - DGM, as proposições de projeto são elaboradas por meio de um anteprojeto, designado “Termo de Referência”, que é avaliado pelo corpo gerencial regional, pela diretoria e departamentos. Caso aprovado, o projeto é inserido no Plano Anual de Trabalho da DGM, e é considerado oficial após a abertura do Centro de Custo, sendo estas atividades referidas como gerenciais (Figura 1). Para elaboração de um termo de referência de qualidade é importante que algumas etapas sejam respeitadas, conforme consta a seguir.

### 2.1.1 – Pesquisa sobre o mercado consumidor e acervo disponível

O projeto deve ser elaborado com base em uma pesquisa do mercado consumidor do estado ou região de interesse, além de partir do acervo de dados disponível. Com este estudo prévio, os propositores terão um panorama atualizado para avaliar se a verba que será investida trará um retorno para população, além de adquirirem os subsídios necessários para formular uma boa proposta voltada para os interesses da sociedade. No caso dos

agregados, como se trata de produto com baixo valor de mercado, é preciso atentar para a questão da distância e acessos dos depósitos em relação aos centros consumidores, pois há um aumento significativo dos valores à medida que as jazidas se distanciam das regiões consumidoras.

### 2.1.2 – Definição da equipe técnica e de apoio

Depois de avaliar a relevância do projeto proposto, a gerência deve definir e quantificar os pesquisadores em geociências, técnicos e auxiliares (internos ou externos) que irão participar do projeto. A definição prévia da equipe é necessária, principalmente para o planejamento de uma fase de treinamento teórico e em campo, a fim de tornar a equipe apta a executar as atividades, quando verificada esta necessidade. Nesta etapa também é preciso prever eventuais consultorias e parcerias que constituirão o projeto de contrapartida técnica entre instituições envolvidas. Desta maneira, alguns acordos poderão ser firmados com órgãos e instituições que possam contribuir na elaboração de projetos mais direcionados às demandas do setor.

### 2.1.3 – Planejamento da infraestrutura

Uma análise prévia dos acessos às regiões de interesse é importante para melhor planejamento das etapas de campo, meios de transporte e hospedagem para os pesquisadores, facilitando um orçamento mais acurado. Neste sentido, sugere-se ainda a solicitação de orçamentos de laboratórios que executem as análises que serão incluídas na proposta. Nesta fase é preciso especificar as necessidades de infraestrutura do projeto, como salas, mobiliário, veículos, material de campo (caderneta de campo, bússola, martelo, pá, marreta, facão, GPS, laptop, máquina fotográfica, saco para coletas de amostras, engradados, etc.), material de escritório e EPI's (luva, bota, capacete, óculos de proteção, perneira, coletes de proteção, fardamento, repelente, protetor solar, caixa de primeiros socorros, etc.).

### 2.1.4 – Elaboração do Termo de Referência

A partir dos contatos com outras instituições e órgãos afins, pesquisa do mercado consumidor e acervo disponível, e do planejamento da infraestrutura necessária, o proponente terá a base para a elaboração do termo de referência com detalhamento orçamentário e definição do cronograma das etapas de execução previstas. O Termo de Referência deve conter introdução e justificativa que demonstre o estado da arte e a importância do projeto para a sociedade; os objetivos claramente definidos; a localização da área com vias de acesso; um resumo das técnicas e métodos a serem utilizados e da importância dos mesmos para o projeto; o contexto geológico resumido e direcionado aos objetivos; o planejamento das etapas com cronogramas e orçamentos detalhados; e a definição dos produtos resultantes do projeto com prazos definidos.

## 2.2 – Execução do projeto (equipe)

A pesquisa de insumos minerais para construção civil deverá ser realizada em duas frentes de trabalho, uma relacionada ao cadastro das ocorrências conhecidas, jazidas em operação e paralisadas; e outra por meio da prospecção de novos depósitos e áreas potenciais. A duração dos projetos não é padrão e depende dos objetivos e da área. No caso de um projeto convencional de dois anos, no fim do primeiro ano, os pesquisadores ficam comprometidos com os produtos parciais e/ou preliminares. Estes produtos, mesmo que parciais, serão revisados pelas gerências e divisões, que orientarão as atividades para o próximo ano. Porém, independentemente do prazo estabelecido, o procedimento básico a ser adotado pela equipe será o mesmo. No caso de projetos com o prazo de execução de dois anos, algumas etapas serão reforçadas e eventuais pendências também poderão ser sanadas, dependendo dos resultados e necessidades. O procedimento a ser executado pela equipe do projeto está resumido na FIGURA 2.1 e será detalhado a seguir.

### 2.2.1 – Levantamento bibliográfico e contatos iniciais

A etapa inicial corresponde aos procedimentos de escritório, os quais iniciam-se com o levantamento bibliográfico dos trabalhos de cartografia geológica e de pesquisa mineral realizados na área de interesse. Nesta etapa são consultados os bancos de dados da CPRM, da Agência Nacional de Mineração (ANM), de prefeituras e secretarias, órgãos de licenciamento ambiental e de outras entidades, além de informações contidas nos sites dos sindicatos, da Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção – ANEPAC, da Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres – ANFACER, entre outros.

Análise crítica de artigos, livros, teses, dissertações e relatórios sobre a geologia regional, trabalhos

prospectivos na área, assim como das técnicas aplicadas, também permitirão uma percepção prévia da geologia, dos recursos e de procedimentos, facilitando o aprofundamento do conhecimento. A fim de fundamentar a pesquisa de materiais para construção civil, sugere-se também a consulta das seguintes bibliografias: “Insumos minerais para a construção civil desenvolvidos pela DIMINI (Rigeo - CPRM)”, “Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações” (LUZ et al., 2008), “Manual de agregados para construção civil” (LUZ et al., 2012), “Agregados para Construção Civil no Brasil: contribuições para formulação de políticas públicas” (Frazão, 2007). Outra fonte de consulta refere-se à “Associação Brasileira de Normas Técnicas”, que normatiza as análises e ensaios tecnológicos aplicados na construção civil.

## 2.2.2 – Planejamento e execução dos trabalhos de campo

A partir do levantamento bibliográfico, os pesquisadores terão condições de elaborar um SIG e mapas preliminares com o acervo disponível para execução dos trabalhos de campo. Nesta fase deverão ser realizados estudos de interpretação de aerofotos, imagens (RapidEye, Landsat, Google Earth, ASTER, SRTM, etc.) e dos dados aerogeofísicos para determinação dos principais alvos de interesse mineral. Essas informações são essenciais para o levantamento da atividade mineira, e serão determinantes para definir um panorama mineral da área a ser estudada.

O planejamento das etapas de campo deverá ser realizado com auxílio dos mapas geológicos e de recursos minerais preliminares. O banco de dados de recursos minerais e licenciamento ambiental da área de estudo será produzido considerando a área de interesse, que poderá ser uma região metropolitana, um município ou estado. Durante os trabalhos de campo, o cadastro dos recursos será realizado com visitas às ocorrências e frentes de lavra ativas ou inativas contidas nos bancos de recursos minerais. Os pontos visitados serão georreferenciados e devem ser realizados trabalhos de reconhecimento local, a partir da execução de croquis geológicos, descrição dos locais estudados e levantamento fotográfico nas frentes de lavra e dos afloramentos visitados.

No decorrer dos trabalhos de campo também serão aplicados questionários específicos para os ensaios tecnológicos que irão definir o uso adequado do material, além de dados de economia mineral nas jazidas em operação e indústrias do setor de construção civil (Anexo 1). Ainda nesta fase será executada a amostragem das substâncias minerais de interesse, visando as análises laboratoriais. Nos intervalos entre as etapas de campo ou ao final desta fase, as amostras devem ser enviadas para execução das análises e ensaios tecnológicos necessários para a caracterização dos materiais de uso na construção civil. Para cadastramento mineral do projeto será realizado o preenchimento do banco de dados AFLORA/RECMIN.

## 2.2.3 – Amostragem, análises laboratoriais e valores de referência

As propriedades intrínsecas dos minerais e àquelas derivadas dos processamentos determinam as suas aplicações na indústria e a competitividade de cada espécie. A funcionalidade permite a inserção dos minerais nas cadeias produtivas e articula-se com a logística como forma de segmentar e contextualizar os materiais dentro da grande diversidade e amplitude de negócios que caracterizam este setor da mineração. O conjunto de análises e ensaios tecnológicos a serem executados nos projetos têm como objetivo simular as interações mecânicas e químicas a que serão submetidos os materiais de uso na construção civil. Desta maneira é possível garantir que cada insumo esteja dentro das condições específicas para as funções que deverá desempenhar no mercado. Os parâmetros analíticos básicos são definidos para cada tipo de substância mineral utilizada na construção civil, conforme consta a seguir.

### 2.2.3.1 – Areia

A exaustão dos depósitos de areia tem sido um problema nos grandes centros consumidores, o que tem conduzido os produtores a procurar depósitos cada vez mais distantes destes centros, gerando um aumento significativo no preço deste tipo de insumo mineral. A areia constitui um dos principais agregados, sendo utilizada principalmente como insumo na fabricação de concreto, argamassas e vidro. Cabe ao Serviço Geológico do Brasil contribuir para encontrar novas áreas potenciais, atendendo esta importante demanda da sociedade.

A NBR 7211/2005 define areia como de origem natural ou artificial, neste caso, resultante do britamento de rochas pouco alteradas, a partir da cominuição da brita até as frações areia. As areias naturais utilizadas na construção civil são formadas por grãos essencialmente de quartzo, resultantes da desagregação mecânica ou alteração geoquímica de rochas. Os depósitos de areias naturais são encontrados em: (I) areias aluvionares extraídas de leito ativo e várzeas dos rios; (II) coberturas arenosas de planícies sedimentares; (III) terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos; (IV) coberturas residuais de rochas; (V) leques aluviais em encostas de morro; e (VI) arenitos existentes

em formações sedimentares fanerozoicas.

O intervalo granulométrico pode variar de acordo com a escala adotada. Para a escala *Wentworth*, varia de 0,062 – 0,125 mm (areia muito fina) a 1,0 - 2,0mm (areia muito grossa); e na classificação da NBR 7225, a faixa granulométrica varia de 0,075 – 0,42 mm (areia fina) a 1,2 – 2,4 mm (areia grossa).

#### ➤ Amostragem

Para as análises de areia é recomendável 2 kg de amostras por ponto de coleta. A amostragem deve ser representativa da jazida como um todo, de preferência obtidas de amostras brutas e beneficiadas. Podem ser coletadas duas amostras, uma que represente a fonte da jazida, e outra relacionada à fração beneficiada e comercializada para fins de agregado miúdo para concreto. Se houver restrição orçamentária, optar pela fração beneficiada, pois é o material que possui maiores implicações em relação à qualidade do agregado. No caso da coleta de amostras parciais, tomadas em diferentes pontos, deve representar todas as possíveis variações do material na frente de lavra. Preferencialmente, coleta-se material úmido para evitar a segregação da parte pulverulenta, que posteriormente será quarteado. Os procedimentos de coleta são descritos na NM 26, e os métodos para redução de amostras para análise na NM 27.

#### ➤ Principais análises laboratoriais e especificações

As análises essenciais indicadas pela DIMINI para a caracterização de areias são: granulométrica, química de óxidos, mineralógicas de grãos com lupa binocular, morfométrica de grãos, grau de arredondamento, densidade, petrográficas no caso de areias artificiais, e torrões de argila e materiais friáveis, conforme explicitado a seguir.

A avaliação granulométrica inclui a determinação do módulo de finura, teores de silte e argila, curva granulométrica para utilização em concreto e teor de matéria orgânica. Para análise granulométrica, a NBR 7217/1987 determina as zonas de grãos de areia muito fina a muito grossa (Tabela 1), e estabelece que para determinadas finalidades poderão ser usadas areias com distribuição granulométricas diferentes, desde que sejam feitos ajustes na composição granular, a fim de atender a usos específicos, como na formulação do concreto, por exemplo (Figura 2).

**Tabela 1** – Limites granulométricos para agregados miúdos, segundo a NBR 7217/1987.

| Abertura das Peneiras (mm) |      | % em Peso, retida acumulada na peneira ABNT, para: |                                       |                                       |                         |
|----------------------------|------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
|                            |      | Zona 1   | Zona 2                                | Zona 3                                | Zona 4                  |
| No.                        | mm   | Muito Fina   | Fina                                  | Média                                 | Grossa                  |
| 0                          | 9,5  | 0  | 0                                     | 0                                     | 0                       |
| 2                          | 6,3  | 0 a 3  | 0 a 7                                 | 0 a 7                                 | 0 a 7                   |
| 4                          | 4,8  | 0 a 5  | 0 a 10                                | 0 a 11                                | 0 a 12                  |
| 8                          | 2,4  | 0 a 5 <sup>(A)</sup>                               | 0 a 15 <sup>(A)</sup>                 | 0 a 25 <sup>(A)</sup>                 | 5 <sup>(A)</sup> a 40   |
| 16                         | 1,2  | 0 a 10 <sup>(A)</sup>                              | 0 a 25 <sup>(A)</sup>                 | 10 <sup>(A)</sup> a 45 <sup>(A)</sup> | 30 <sup>(A)</sup> a 70  |
| 30                         | 0,6  | 0 a 20   | 21 a 40                               | 41 a 65                               | 26 a 85                 |
| 50                         | 0,3  | 50 a 85 <sup>(A)</sup>                             | 60 <sup>(A)</sup> a 88 <sup>(A)</sup> | 70 <sup>(A)</sup> a 92 <sup>(A)</sup> | 80 <sup>(A)</sup> a 95  |
| 100                        | 0,15 | 85 <sup>(B)</sup> a 100                            | 90 <sup>(A)</sup> a 100               | 90 <sup>(A)</sup> a 100               | 90 <sup>(A)</sup> a 100 |

(A) Pode haver uma tolerância de até um máximo de cinco unidades percentuais em um só dos limites marcados com a letra A ou distribuídos em vários deles. (B) Para agregados miúdos resultante de britamento, este limite pode ser 80. Módulo de finura é uma característica do agregado miúdo, cuja granulometria cumpre com qualquer uma das zonas indicadas na tabela. Este valor não deve variar em mais de 0,2 para o material de mesma origem.



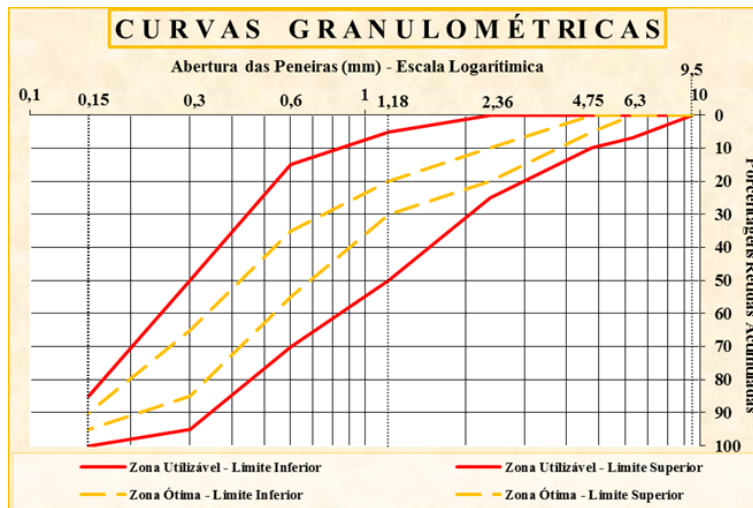


Figura 2 – Modelo de gráfico para análise granulométrica de agregado miúdo utilizado em concreto (ABNT NBR 7211/2009).

A análise química de amostras de areia aplicadas à construção civil objetiva a determinação dos óxidos maiores e visa a detecção de componentes deletérios ou indesejáveis, como álcalis, sulfetos, metais e outros, que possam afetar a qualidade de materiais fabricados a partir deste insumo. O quartzo (SiO<sub>2</sub>) na fração areia geralmente é o principal mineral que compõe os agregados miúdos, e sua composição química orienta sua utilização na construção civil ou em usos mais nobres, como insumo na indústria de transformação. Nestes casos, para produção de vidro, fibra de vidro, tintas, borracha, entre outros, é necessária um grau de pureza da jazida, que deve ser superior a 99% de grãos formados por sílica (SiO<sub>2</sub>).

As quantidades de substâncias nocivas nas areias não devem exceder os limites máximos em porcentagem da massa do material, como torrões de argila, sais solúveis, materiais carbonosos e pulverulentos. Nas normas NBR 7211, 7218, 7219, 7220, 722, 9917 e ASTM C 123 são tratados os limites dessas impurezas (Tabela 2). Um exemplo são as areias presentes em regiões litorâneas que necessitam ser lavadas para a retirada completa de sais solúveis nelas existentes. Isto evita a posterior lixiviação desses minerais, o que poderia acarretar em ruptura e trincas na estrutura de concreto.

Tabela 2 – Limites máximos em porcentagem de substâncias nocivas nos agregados (miúdo e graúdo) com relação à massa do concreto.

| SUBSTÂNCIA                                       | MÉTODO DE ENSAIO | PORCENTAGEM MÁXIMA                              |                 |         |
|--|------------------|---|-----------------|---------|
|  |                  | AGREGADO MIÚDO                                  | AGREGADO GRAÚDO |         |
| Torrões de argila e materiais friáveis           | NBR 7218         | Concreto aparente                               | 3,0             | 1,0     |
|  |                  | Concreto sujeito a desgaste superficial         | 3,0             | 2,0     |
|  |                  | Outros concretos                                | 3,0             | 3,0     |
| Materiais Carbonosos <sup>1</sup>                | ASTM C 123       | Concreto aparente                               | 0,5             | 0,5     |
|  |                  | Concreto não aparente                           | 1,0             | 1,0     |
| Material fino que passa através da peneira 75 mm | NBR NM 46        | Concreto submetido a desgaste superficial       | 3,0             | 1,0-2-3 |
|  |                  | Concreto protegido de desgaste superficial      | 5,0             | 1,0-2-3 |
| Impurezas Orgânicas <sup>4</sup>                 | NBR NM 49        | Solução obtida deve ser mais clara que a padrão |                 | -       |

1) Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante a apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de quantificação dos materiais carbonosos.  
 2) Para o agregado total, o limite pode ser composto até 6,5%, desde que se comprove por apreciação petrográfica que os grãos não interferem nas propriedades do concreto.  
 3) Para agregados produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1% o limite pode ser de 2%.  
 4) Quando a coloração da solução obtida no ensaio for mais escura que a solução padrão, a diferença máxima entre os resultados de resistência à compressão previstos na NBR 7221 deve ser de 10%.

Para agregados miúdos, a análise petrográfica tem como objetivo avaliar o uso do material como insumo em concreto. Baseia-se na identificação, caracterização e quantificação das fases minerais presentes na amostra analisada. Esta técnica é aplicável às areias naturais ou areia de britagem (artificial). No caso das areias de origem natural, deve-se realizar a análise mineralógica de grãos com a lupa binocular. A forma e a superfície dos grãos também são importantes critérios a serem observados, pois grãos arredondados e equidimensionais facilitam a trabalhabilidade da massa com menor proporção de água, ocasionando maior resistência ao concreto, além de melhorar compactação no cimento.

No que se refere às areias ditas artificiais, o resultado da análise da lâmina deve ser complementado com a análise petrográfica em amostra representativa da rocha matriz, conforme NBR 7389-2. A partir da análise petrográfica, será verificada a possibilidade do material ser susceptível a reações álcali-agregados, fator que pode inviabilizar o uso.

### 2.2.3.2 – Argila

Na cadeia produtiva da construção civil, as argilas constituem matéria prima para os mais diversos ramos da indústria. As argilas comuns são empregadas na produção de cerâmica vermelha, tais como tijolos, telhas, blocos, lajes, lajotas e elementos vazados diversos. Já as argilas nobres, em razão de suas propriedades físicas e químicas, são utilizadas na fabricação da cerâmica branca, como louças sanitárias, material de revestimento, porcelanas, azulejos, ladrilhos e peças refratárias.

As argilas refratárias são utilizadas na produção de componentes que atuam como isolantes térmicos e revestimentos de fornos. As características físicas variam em termos de plasticidade, e geralmente apresentam alguma proporção de ferro. Destaque nesta variedade é o caulim, que além de servir como matéria prima para cerâmica branca, atende como insumo nas indústrias do papel, borracha, vidro, cosméticos e tintas.

Na área de meio ambiente, as argilas têm sido amplamente utilizadas na impermeabilização de solos, como em projetos para implantação de aterros sanitários e industriais, nos quais camadas de bentonita compactas são utilizadas como base construtiva. Estas argilas expansivas do grupo da esmectita são utilizadas ainda em lamas de perfuração, na pelotização de minério de ferro, areias para pets, entre outros. A demanda por estas argilas especiais tem aumentado com o desenvolvimento tecnológico, trazendo novos desafios para os geólogos.

Conceitualmente, argilas são materiais inorgânicos de granulação muito fina, com textura terrosa, originados a partir da ação do intemperismo químico e físico em rochas ricas em minerais do grupo dos aluminossilicatos. O termo também se refere a fração, representando partículas granulares inferiores a 0,002 mm ou 0,004 mm de diâmetro, segundo as escalas Attenberg e Wentworth, respectivamente. Difere do termo argilominerais, que são silicatos hidratados de alumínio, subcristalinos, que podem conter teores variáveis de magnésio, ferro e álcalis, enquadrando-se estruturalmente na categoria dos filossilicatos (silicatos com estrutura em folhas). Os argilominerais são divididos em dois grandes grupos: silicatos cristalinos com estrutura em camadas (*layer structure*) e silicatos cristalinos com estrutura fibrosa ou em cadeia (chain structure). A estrutura tem influência direta na aplicação dos argilominerais na indústria (CHANG, 2003).

Existem essencialmente dois tipos de depósitos argilosos, os denominados primários ou residuais e os de origem sedimentar. Os primários ou residuais correspondem aos jazimentos “*in situ*” que resultam da ação do intemperismo químico atuante localmente sobre as rochas que formam o manto de intemperismo. Os depósitos sedimentares compreendem os jazimentos classificados como secundários, que resultam da erosão e transporte pela ação deposicional das águas, gerando diversos tipos de depósitos argilosos, tais como as argilas de terrenos de várzeas ou de aluvião de idade quaternária. Ocorrem ainda os depósitos secundários associados a ambientes lacustres, deltaicos, estuarinos, áreas de pântanos e os relacionados a ambientes marinhos. Também relacionado ao tipo sedimentar têm-se os depósitos primários inseridos nas formações sedimentares fanerozoicas que recobrem grande parte do território brasileiro.

#### ➤ Amostragem

É recomendável a coleta 5 kg de amostra por ponto. A amostragem deve ser representativa da jazida como um todo e devem ser realizadas coletas de amostras brutas e beneficiadas. Neste caso, podem ser coletadas duas amostras, uma amostra que represente a fonte da jazida e outra relacionada à porção de matéria prima beneficiada e comercializada.

#### ➤ Principais análises laboratoriais e especificações

O controle da qualidade das argilas é importante para a formulação da massa que compõe o “mix” argiloso utilizado na indústria cerâmica. O caráter heterogêneo das argilas deve ser identificado nos ensaios tecnológicos, para que argilas de alta qualidade não sejam utilizadas na produção de cerâmicas simples de baixo valor, fato que constitui enorme fonte de desperdício. Desta maneira, a caracterização da matéria prima se impõe ao empirismo da tradição cerâmica, para um melhor desempenho produtivo refletindo em lucratividade para a indústria.

A determinação dos usos das argilas na indústria cerâmica depende de ensaios tecnológicos que são normatizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que reúne as principais normas aplicadas às argilas na construção civil, como: NBR 7218 (Agregados - Determinação de teor de argilas em torrões e materiais friáveis), NBR 46 (Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem), NBR 15310 (Amostragem - Componentes cerâmicos - Telhas - terminologia, requisitos e métodos de ensaio), NBR 13818 (Placas cerâmicas para revestimento – especificações e métodos de ensaios).

As análises e ensaios executados em laboratório auxiliarão na caracterização e recomendações para melhor destinação das argilas dentro dos projetos. Muitas vezes os empreendedores não investem nestes ensaios, minimizando o aproveitamento de argilas de qualidade ou empregando argilas inadequadas na indústria. Porém, o Serviço Geológico do Brasil pode contribuir para modificar este panorama.

A seguir, os principais ensaios e parâmetros utilizados nas análises das argilas, que podem auxiliar neste objetivo.

- **Difratometria de raios X:** A difratometria é uma das técnicas mais difundidas na identificação e classificação de minerais de argila. Porém, nem sempre é possível a identificação de todos os minerais que constituem a argila por meio dos difratogramas, devido à quantidade insuficiente do mineral na amostra e da eventual deficiência na cristalinidade dos mesmos. No caso de fragmentos de rocha representativos do minério e de amostras suficientemente consistentes, é possível a execução de análises petrográficas por meio de microscopia óptica, técnica que pode auxiliar na investigação de argilas oriundas destes materiais.
- **Fluorescência de raios X:** Análises químicas por meio de fluorescência de raios X fornecem principalmente as porcentagens de óxidos na amostra (e dependendo do limite de detecção do equipamento, quantifica os elementos traços). Na investigação das argilas para aplicações industriais, os óxidos que mais interessam são Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, TiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, CaO e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, além do Cl, S e da perda ao fogo (PF). Esta técnica, além de contribuir para caracterização química das argilas, auxilia na interpretação dos picos característicos dos minerais nos difratogramas.
- **Análise granulométrica:** A granulometria é um dos parâmetros mais utilizados na avaliação das argilas devido às propriedades que são influenciadas ou condicionadas pelo tamanho dos grãos, como a plasticidade. A avaliação granulométrica consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem as amostras e no tratamento estatístico desses dados. Quando a análise granulométrica for executada via peneiramento, é importante solicitar uma análise complementar (ex. decantação) para obtenção da porcentagem da fração argila, para que não seja fornecida juntamente com a fração silte. Alguns gráficos de aplicação destes materiais exigem justamente estes valores específicos, como os de *Winkler* (adaptado de PRACIDELLI, 1997).
- **Cor após queima:** Após a queima em temperaturas de 850oC, 900oC, 950oC e 1.250oC, as argilas são classificadas conforme a cor resultante, sendo este outro critério muito utilizado na aplicação destes materiais na indústria.
- **Índices físicos:** Absorção de água, porosidade e densidade aparente, juntamente com a cor de queima, constituem parâmetros de avaliação do desempenho da matéria prima para fabricação de componentes cerâmicos simples e mais nobres. A partir destes resultados, são aplicados gráficos que integram parâmetros e auxiliam na destinação destes materiais com base nas propriedades investigadas.
- **Limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP) e Índice de Plasticidade (IP):** LL é o teor de umidade que indica a passagem do estado plástico para o estado líquido e relaciona a capacidade da argila em absorver água. LP é o teor de umidade abaixo do qual a argila passa do estado plástico para o estado semissólido, ou seja, quando perde a capacidade de ser moldada e passa a ficar quebradiça. IP (LL – LP) pode ser interpretado, em função da massa das amostras de argilas, como a quantidade máxima de água que pode ser adicionada à amostra, a partir de seu limite de plasticidade, de modo que a argila mantenha a sua consistência plástica. Dessa forma, quanto



maior o IP, mais plástico será o material argiloso analisado.

- **Resistência mecânica a flexão:** Esta avaliação é realizada após a secagem do material e está relacionada à condição de resistência à aplicação de carga crescente em determinado ponto do corpo de prova cerâmico. Tem por finalidade avaliar a capacidade da peça cerâmica suportar determinado peso. Microfissuras e porosidade na massa diminuem a resistência, ocasionando fraturas na peça.
- **Índice de retração:** Mede a retração de peças cerâmicas após submetidas ao processo de secagem, no qual ocorre a evaporação da água e diminuição da distância entre as partículas, provocando uma retração, que é proporcional ao grau de umidade, à composição da argila e ao tamanho das partículas. À medida que as reações em estado sólido progredem para o viscoso e líquido, as partículas se aproximam e os espaços vazios diminuem, reacomodando fases minerais e eliminando água e gases.

Outras técnicas utilizadas na caracterização das argilas são: a análise térmica diferencial (ATD), análise termogravimétrica (TG), espectroscopia de reflectância, microscopia eletrônica de varredura (MEV), microscopia eletrônica de transmissão (MET), microsonda eletrônica, entre outras. Porém, os ensaios mais importantes para a avaliação da aplicabilidade industrial das argilas são os supracitados.

### 2.2.3.3 – Brita

A brita ou rocha britada é um bem mineral originado a partir de materiais rochosos, e caracteriza-se como um material que após ser submetido ao desmonte por explosivos, britagem e classificação, pode ser usada in natura, ou misturada com outros insumos (cimento, asfalto, areia, etc.) na construção civil. É definida como um agregado graúdo, ou seja, aquele cujos fragmentos têm dimensões entre 48 mm e 76 mm (NBR 7211/09). De acordo com a norma técnica ABNT NBR7525, os tamanhos de britas compreendem dimensões que variam de 1 a 5, porém existe uma classificação comercial comumente utilizada pelas pedreiras, que inclui a brita 0 (Tabelas 3 e 4).

As variedades de rochas mais comuns para produção de brita são granitoides, gnaisses, migmatitos, diabásios, riolitos e basaltos. Secundariamente, podem ser usadas rochas calcárias, quartzitos, lateritas e seixos fluviais. As exigências e especificidades do tipo de obra e a distância do mercado fornecedor irão definir a escolha da matéria-prima usada na produção.

**Tabela 3** – Limites Especificação da brita quando à dimensão, de acordo com a Norma NBR 7225 e usual classificação comercial.

| CLASSIFICAÇÃO/TAMANHO | NBR-7225                          |        | Comercial |        |
|-----------------------|-----------------------------------|--------|-----------|--------|
|                       | ABERTURA DE MALHA DE PENEIRA (mm) |        |           |        |
|                       | Mínima                            | Máxima | Mínima    | Máxima |
| brita 0               | -                                 | -      | 4,8       | 9,5    |
| brita 1               | 4,8                               | 12,5   | 9,5       | 19     |
| brita 2               | 12,5                              | 25     | 19        | 25     |
| brita 3               | 25                                | 50     | 25        | 50     |
| brita 4               | 50                                | 76     | 50        | 76     |
| brita 5               | -                                 | -      | 76        | 100    |

**Tabela 4** – Limites da distribuição granulométrica do agregado graúdo.

| PENEIRA COM<br>ABERTURA DE<br>MALHA (mm) | PORCENTAGEM RETIDA ACUMULADA (EM MASSA) |                                   |                      |          |           |
|--|---|-----------------------------------|----------------------|----------|-----------|
|  | ZONA GRANULOMÉTRICA d/D <sup>1</sup>    |                                   |                      |          |           |
|  | 4,75 / 12,5                             | 9,5 / 25                          | 19 / 31,5            | 25 / 50  | 37,5 / 75 |
| 75                                       |   |                                   |                      | -        | 0 - 5     |
| 63                                       |   |                                   |                      | -        | 5 - 30    |
| 50                                       |   |                                   |                      | 0 - 5    | 75 - 100  |
| 37,5                                     |   |                                   |                      | 5 - 30   | 90 - 100  |
| 31,5                                     |   |                                   | 0 - 5                | 75 - 100 | 95 - 100  |
| 25,0                                     |   | 0 - 5                             | 5 - 25 <sup>2</sup>  | 87 - 100 | -         |
| 19,2                                     |   | 2 - 15 <sup>2</sup>               | 65 <sup>2</sup> - 95 | 95 - 100 | -         |
| 12,5                                     | 0 - 5                                   | 40 <sup>2</sup> - 65 <sup>2</sup> | 92 - 100             | -        | -         |
| 9,5                                      | 2 - 15 <sup>2</sup>                     | 80 <sup>2</sup> - 100             | 95 - 100             | -        | -         |
| 6,3                                      | 40 <sup>2</sup> - 65 <sup>2</sup>       | 92 - 100                          | -                    | -        | -         |
| 4,75                                     | 80 <sup>2</sup> - 100                   | 95 - 100                          | -                    | -        | -         |
| 2,36                                     | 95 - 100                                | -                                 | -                    | -        | -         |

Além da brita, as usinas de britagem podem produzir subprodutos rochosos, que variam desde blocos até frações mais finas, como areias artificiais e pó de rocha. O rachão, conhecido como pedra de mão, é produto do processo de britagem sem classificação granulométrica, obtido após desmonte da rocha por explosivo, ou após britagem primária, com dimensões entre 76 e 250 mm. Já o gabião é o produto de fração grosseira intermediária, com dimensão entre 100 e 150 mm.

Os subprodutos, areia artificial e pó de rocha, participam do mercado mineral de insumos e configuram uma alternativa comercial para o empreendedor de agregados. A graduação da areia artificial fica entre 0,15 e 4,8 mm, sendo obtida a partir dos finos de britagem, dos quais se retira por via úmida a fração muito fina e pó de rocha inferior a 0,15 mm. A areia artificial se consolida como principal fonte de agregados miúdos em regiões com escassez de fontes naturais de areia, e o pó de rocha, após análises e certificação comprobatória, poderá ser utilizado como fonte mineral em atividade de remineralização de solos para agricultura.

#### ➤ Amostragem

É recomendável um volume de 45 kg de brita e blocos grosseiros para produção de seis cubos para ensaio tecnológico (6x6x6 cm). Porém, o ideal é verificar as exigências no laboratório selecionado para as análises, pois há variações em relação à quantidade e forma das amostras. No caso da coleta de brita, é dada preferência por analisar a fração mais comercializada, a brita 01.

Devem ser realizadas coletas de amostras brutas (bloco) e beneficiadas (brita). Um detalhe importante está relacionado com a possível heterogeneidade do corpo rochoso britado. Desta maneira, as amostras devem representar a jazida como um todo, a partir de pilhas de mistura de materiais homogêneos ou heterogêneos, como por exemplo, granitoides com presença de diques de diabásio.

#### ➤ Principais análises laboratoriais e especificações

A seleção de rochas para produção de brita visando o seu emprego na construção civil envolve a elaboração de ensaios tecnológicos e análises que identifiquem as suas propriedades físicas, físico-mecânicas e petrográficas. Os procedimentos e normas para execução dos ensaios e análises, assim como as especificações de uso são normatizados pela ABNT, conforme a tabela 5.

Devido ao alto custo destes ensaios, as principais análises sugeridas pela DIMINI para a caracterização de brita são: petrográfica, índices físicos (densidade, porosidade e absorção), alterabilidade, massa unitária, índice de forma, resistência ao impacto, resistência ao esmagamento, resistência à abrasão Los Angeles e compressão uniaxial.

**Tabela 5** – Normas utilizadas para avaliação das propriedades tecnológicas dos agregados graúdos.

| PROPRIEDADES                           | USOS                |  |          |
|--|---------------------|--|----------|
|  | CONCRETO            | PAVIMENTOS                                       | LASTRO   |
| Amostragem                             | NBR7216/9941        | nn   | NBR11541 |
| Terminologia                           | NBR 725/99935/9942  | NBR 6502   | nn       |
| Petrografia                            | NBR 7389            | IE 6   | nn       |
| Granulometria                          | NBR 7217            | NBR 7217   | nn       |
| Materiais pulverulentos                | NBR 7219            | np   | NBR7219  |
| Impurezas orgânicas                    | NBR 7220            | np   | np       |
| Argila em torrões e materiais friáveis | NBR 7218            | np   | NBR7218  |
| Massa específica, porosidade, absorção | NBR 6458            | NBR 6458   | NBR6458  |
| Forma                                  | NBR 7809            | ME86   | NBR6954  |
| Dilatação Térmica                      | Nn                  | nn   | np       |
| Massa unitária                         | NBR 7251/7810       | np   | nn       |
| Adesividade                            | np                  | NBR 12583/12584                                  | np       |
| Reatividade                            | NBR 9773/9771/10340 | np   | np       |
| Sais Solúveis                          | NBR 9917            | np   | np       |
| Alterabilidade                         | NBR 12696/12697     | ME 89  | NBR 7702 |
| Desgaste                               | nn                  | nn   | np       |
| Abrasão Los Angeles                    | NBR 6465            | NBR 6465   | NBR 6465 |
| Impacto                                | nn                  | nn   | NBR 8938 |
| Esmagamento                            | NBR 9938            | ME 42  | nn       |
| Compressão                             | nn                  | nn   | NBR6953  |
| Flexão                                 | np                  | np   | np       |
| Especificações                         | NBR7211             | NBR 7174/11803/11804/<br>11806/12559/12564/12948 | NBR 7914 |

NBR = Norma ABNT homologada pelo INMETRO; ME e IE = Norma DNER; nn = não normalizada, np = não pertinente.

A petrografia pode ser considerada a análise mais importante em termos de custo-benefício da brita. É uma análise de baixo custo e essencial para precaver patologias do concreto, como trincas e rupturas em estruturas. Em razão do alto custo dos ensaios tecnológicos da brita, a análise petrográfica a ser realizada na CPRM, com foco principalmente na presença de microfissuras, minerais de alteração e na reação álcalis-agregados, deve ser usada como critério de seleção de materiais aptos a serem utilizadas como agregados em concreto. Em estudos desenvolvidos para aplicação direta do material em obras será necessário que a empresa responsável pela pedreira realize os ensaios tecnológicos básicos.

Assim como em outros agregados, a presença de impurezas na brita pode interferir nas propriedades químicas e físicas do concreto. São substâncias nocivas: torrões de argila, partículas friáveis, material pulverulento, materiais carbonosos, matéria orgânica e sais solúveis que interferem na qualidade do produto final (Tabela 6).

**Tabela 6** – Limites máximos em porcentagem de substâncias nocivas no agregado graúdo com relação à massa do concreto.

| SUBSTÂNCIA                                       | MÉTODO DE ENSAIO |  | PORCENTAGEM MÁXIMA |
|--|------------------|--|--------------------|
|  |                  |  | AGREGADO GRAÚDO    |
| Torrões de argila e materiais friáveis           | NBR 7218         | Concreto aparente                          | 1,0                |
|  |                  | Concreto sujeito a desgaste superficial    | 2,0                |
|  |                  | Outros concretos                           | 3,0                |
| Materiais Carbonosos <sup>1</sup>                | ASTM C 123       | Concreto aparente                          | 0,5                |
|  |                  | Concreto não aparente                      | 1,0                |
| Material fino que passa através da peneira 75 mm | NBR NM 46        | Concreto submetido a desgaste superficial  | 1,0-2-3            |
|  |                  | Concreto protegido de desgaste superficial | 1,0-2-3            |
| Impurezas Orgânicas <sup>4</sup>                 | NBR NM 49        |  | -                  |

1) Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante a apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de quantificação dos materiais carbonosos.  
2) Para o agregado total, o limite pode ser composto até 6,5% desde que se comprove por apreciação petrográfica que os grãos não interferem nas propriedades do concreto.  
3) Para agregados produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1% o limite pode ser de 2%.  
4) Quando a coloração da solução obtida no ensaio for mais escura que a solução padrão, a diferença máxima entre os resultados de resistência à compressão previstos na NBR 7221 deve ser de 10%.

A avaliação do potencial de reatividade e de interação com agentes meteóricos ou do próprio cimento, genericamente denominada de reação álcali-agregado (RAA), é um parâmetro essencial para avaliar o desempenho do agregado graúdo para produção de concreto. Basicamente, os principais tipos de interação ocorrem entre álcali-silica, álcali-silicato e álcali - carbonato, e podem resultar em tensões internas no concreto que evoluem para trincas, escamações e outras patologias que comprometem a durabilidade e a segurança estrutural da construção. Os limites máximos para expansão devida à reação álcali-agregado e teores de cloretos e sulfatos presentes na amostra consta na tabela 7.

**Tabela 7** – Limites máximos para a expansão devida à reação álcali-agregado e teores de cloretos e sulfatos presentes nos agregados.

| DETERMINAÇÃO                  | MÉTODO DE ENSAIO                   | LIMITES  |
|-------------------------------|------------------------------------|--|
| Reatividade álcali-agregado   | ASTM C 1260                        | Expansão máxima de 0,10% aos 14 dias de cura agressiva |
|                               | NBR 9773 <sup>1</sup>              | Expansão máxima de 0,05% aos 3 meses                   |
|                               |                                    | Expansão máxima de 0,10% aos 6 meses                   |
| Teor de cloretos <sup>2</sup> | NBR 9917<br>NBR 14832 <sup>3</sup> | 0,2% concreto simples                                  |
|                               |                                    | 0,1 % concreto armado                                  |
|                               |                                    | 0,01% concreto protendido                              |
| Teor de sulfatos <sup>4</sup> | NBR 9917                           | 0,1%   |

1) Ensaio facultativo.  
2) Agregados que excedam os limites podem ser utilizados em concreto, desde que o teor total trazido por todos os componentes, verificado pela NBR 14832 ou ASTM C 1218, não exceda os limites: 0,06% para concreto protendido, 0,15% para concreto armado exposto a cloretos, 0,40% para concreto armado em condições não severas e 0,30% para outros tipos de construção em concreto armado.  
3) Método para determinação de cloretos em clínquer e cimento Portland, pode ser utilizado para agregados.  
4) Agregados que excedam o limite podem ser utilizados em concreto, desde que o teor total trazido pelos demais componentes não exceda 0,2% ou que fique comprovado o uso de cimento Portland resistente a sulfatos, conforme NBR 5737.

O potencial de reatividade de uma rocha pode ser estimado através de ensaios prescritos nas normas ABNT NBR 15577:2008 (ABNT, 2008), NM 1 e NM 3. A NM 1 prescreve a confecção de corpos de prova prismáticos de concreto, nos quais acompanha-se eventuais deformações estruturais ou o surgimento de bordas de reação nos componentes da massa após certo período de descanso e observação. A NM 3 refere-se a análise petrográfica, que avalia o grau de deformação e de alteração de minerais deletérios capazes de reagir com os álcalis do cimento, como quartzo deformado, sílica amorfa (ou micro/criptocristalina), feldspato mirmequítico, entre outros (Tabelas 8 e 9). Os limites máximos recomendados em outros ensaios para o uso das rochas como brita constam na tabela 10. Contudo, esta avaliação deve ser frequentemente realizada de acordo com a evolução da frente de lavra, devido à heterogeneidade composicional e estrutural da maioria das pedreiras.

**Tabela 8** – Limites de fases reativas presentes no agregado, sugeridas na NBR 15577-3 para classificá-lo como potencialmente inócuo frente a RAA - Reação álcali-agregado.

| MATERIAL REATIVO          | TEOR MÁXIMO PARA CLASSIFICAR O AGREGADO COMO SENDO POTENCIALMENTE INÓCUO A RAA |
|---------------------------|--|
| Quartzo deformado         | 5%   |
| Calcedônia                | 3%   |
| Tridimita ou cristobalita | 1%   |
| Vidro Vulcânico           | 3%   |
| Opala                     | 0,5%   |

**Tabela 9** – Minerais e rochas suscetíveis à reação álcali-agregado (ABNT NBR 15577/2008).

| MINERAIS REATIVOS, COM CRISTALINIDADE BAIXA OU SÍLICA METAESTÁVEL E VIDROS VULCÂNICOS   |  |   |
|---|--|---|
| Material reativo  | Rochas e ocorrências   |   |
|   | Rochas sedimentares  | Rochas vulcânicas   |
| Opala, tridimita ou cristobalita, vidro vulcânico ácido, intermediário ou básico.   | Rochas sedimentares contendo opala, como folhelho, arenito, rochas silicificadas, alguns <i>chert</i> , <i>flints</i> e diatomito.   | Rochas vulcânicas com vidro ou vitrofíricas: rochas ácidas, intermediárias ou básicas como riolito, dacito, latito, andesito, tufo, perlita, obsidiana e todas as variedades contendo uma matriz vítrea, alguns basaltos. |
| Rochas reativas contendo quartzo  |  |   |
| Material reativo  | Tipos de rocha   |   |
| Calcedônia, quartzo micro e criptocristalino.<br><br>Quartzo macrogranular, com o retículo cristalino deformado, rico em inclusões, intensamente fraturado, com quartzo microcristalino no contato do grão. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Chert</i>, <i>flint</i>, veio de quartzo, quartzito, quartzo arenito, arenito quartzoso, calcário silicoso.</li> <li>- Rochas vulcânicas com vidro devitrificado micro ou criptocristalino.</li> <li>- Rochas micro ou macrogranulares que contenham quartzo micro ou criptocristalino ou quantidade significativa de quartzo moderadamente ou intensamente tensionado.</li> <li>- rochas ígneas: granito, granodiorito e charnockito.</li> <li>- rochas sedimentares: arenito, grauvacca, siltito, argilito, folhelho, calcário silicosos, arenito arcóseo.</li> <li>- rochas metamórficas: gnaisse, quartzo-mica xisto, quartzito, filito, ardósia.</li> </ul> |   |



**Tabela 10** – Limites máximos recomendados para uso de brita em concreto (NBR 7211).

| PROPRIEDADES                 | VALORES    |
|------------------------------|------------|
| Abrasão Los Angeles          | máximo 50% |
| Esmagamento                  | máximo 30% |
| Índice de forma              | 3          |
| Material pulverulento        | máximo 1%  |
| Torrões de argila            | máximo 3%  |
| Fragmentos macios e friáveis | máximo 3%  |

### 2.2.3.3 – Outros materiais utilizados na construção civil

#### ➤ Calcário

O calcário é uma rocha de origem sedimentar química, que apresenta mais de 50% de carbonato. O correspondente metamórfico destas rochas é o mármore, no qual os minerais são recristalizados parcialmente ou totalmente, o que tende a aumentar a resistência destes materiais. A calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) e a dolomita ( $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$ ) são os principais minerais constituintes destas rochas.

As rochas calcárias são usadas na construção civil, principalmente na produção de agregados miúdos e graúdos, tais como areia de britagem e brita, respectivamente. Não é o material mais apropriado, mas dependendo da indisponibilidade de outros materiais mais resistentes, pode ser uma alternativa a ser considerada. Possuem também ampla utilização como matéria-prima na indústria cimenteira, de cal, papel, plásticos, siderúrgica, e como corretivo de solos na agricultura. Os parâmetros de análises destas rochas para uso na construção civil são os mesmos aplicados aos agregados miúdos e graúdos para concreto originados de outras rochas, descritos em itens anteriores.

#### ➤ Cascalho

O cascalho ou seixo rolado constitui um material sedimentar classificado como agregado graúdo, que pode ser utilizado na fabricação do concreto, após lavagem e seleção grãos. Possui uma composição rochosa com predomínio de variedades do quartzo em granulometrias que podem variar de 4,8 a 100 mm, mas não há implicações quanto à distribuição granulométrica ou à forma e grau de arredondamento. Normalmente, as jazidas de cascalho encontradas são ligadas a sistemas fluviais e a leques aluviais. Em razão das condições severas de transporte e intemperismo dos seixos, as cascalheiras apresentam material silicoso ou sílico-aluminosos de grande resistência ao desgaste.

Apenas a descrição composicional e granulométrica expedita em campo é suficiente para obtenção dos parâmetros básicos de análise dos cascalhos. Para utilização deste material como substituto da brita no concreto, se aplica os parâmetros do agregado graúdo, acima descritos.

#### ➤ Saibro

Segundo a NBR 13529/09, trata-se de um solo proveniente de granitos e gnaisses, com minerais parcialmente decompostos, baixo teor de argila e coloração variada. Constitui material de emprego imediato na construção civil e sua viabilidade econômica depende da proximidade das áreas de extração em relação ao local de aplicação deste insumo. É comumente empregado em obras de aterro ou revestimento de estradas não pavimentadas.

O saibro pode ser obtido por simples escavação do maciço rochoso, por meio de retroescavadeiras ou pás carregadeiras, e sua utilização é direta, sem a necessidade de beneficiamento. Os parâmetros básicos para descrição do saibro são obtidos apenas com a caracterização composicional e granulométrica expedita em campo.

#### ➤ Material de empréstimo

Material de empréstimo é considerado qualquer material de aterro, de composição areno-argilosa à pedregosa, de uso imediato na construção civil (empregado in natura), a partir de lavras localizadas próximas das principais vias de acesso ou mesmo dentro do perímetro urbano. Os principais usos do material de empréstimo são em barragem, manutenção de leito de estradas vicinais e aterro para nivelamentos de terrenos (casas, pontes, viadutos, etc.). Os parâmetros básicos para caracterização destes materiais podem ser obtidos por meio de descrições

composicional e granulométrica expeditas em campo.

As áreas de ocorrência destes insumos mostram condições favoráveis ao aproveitamento e extração deste tipo de material de acordo com a morfologia do terreno, que apresenta relevo ondulado a suavemente ondulado e alta suscetibilidade a erosão, o que facilita o desmonte da lavra. Por vezes, saibro é tratado como material de empréstimo, porém a diferença é que o saibro apresenta características da rocha original, com frações de areias argilosas, sílticas e arcoseanas, mal selecionadas, de cores variegadas, avermelhada, alaranjada, amarelada e esbranquiçada.

## 2.2.4 – Integração de dados e elaboração dos produtos

Esta fase compreende o período de integração e consolidação dos dados obtidos em campo, com os dados de recursos minerais compilados, juntamente com os resultados laboratoriais de áreas amostradas. A interpretação desse conjunto de informações culmina na elaboração do Informe de Recursos Minerais – Série Rochas e Minerais Industriais – Insumos Minerais para Construção Civil, e mapas temáticos. Cabe ressaltar que quanto mais organizadas forem as etapas anteriores, mais eficiente será a tarefa de integração e interpretação.

### 2.2.4.1 – Elaboração de informe de recursos minerais

A edição final do informe poderá ser realizada nas unidades regionais, mas deverá seguir as normas de editoração definidas pelo Departamento de Relações Institucionais e Divulgação (DERID). Abaixo, segue o sumário-padrão que deve servir de guia para a elaboração do Informe de Recursos Minerais – Insumos Minerais para Construção Civil. Cada item do informe é seguido de comentários adicionais sobre o conteúdo dos capítulos e seções do texto, bem como instruções sobre os anexos cartográficos.

#### ➤ Páginas iniciais

- Capa, contracapa (padrão DIMARK)
- Apresentação
- Resumo
- Abstract
- Sumário
- Siglas e abreviaturas

#### ➤ Resumo e abstract

O Resumo e o Abstract devem apresentar, de forma condensada e sintética, os principais resultados e conclusões do projeto.

#### ➤ Introdução

Elaborar breve introdução ao capítulo explicando o contexto e a importância do trabalho realizado (o que justifica o projeto). Relacionar os objetivos do projeto e apresentar a localização da área de estudo. O ideal é apresentar, nesta sequência, o estado da arte, o problema a ser resolvido que justifica o projeto, os objetivos e os meios para sanar o problema, culminando com a localização da área.

#### ➤ Materiais e métodos

Fazer uma introdução ao capítulo que resuma os materiais, sistemática de trabalho e métodos utilizados, e depois descrever cada método/técnica em subitens. Incluir levantamentos bibliográficos, interpretação de imagens, dados aerogeofísicos, levantamento e amostragem em campo e dados de produção.

#### ➤ Características fisiográficas, sócio-econômicos e infraestrutura

Fazer um breve histórico da região de interesse, incluindo os processos de crescimento regional, e mostrar as modificações da paisagem por meio de imagens de sensoriamento remoto em diferentes épocas, incluindo os

itens: fisiografia, população, aspectos socioeconômicos (PIB, IDH e parâmetros educacionais entre outros), dados econômicos do setor mineral e infraestrutura.

➤ Contexto geológico e tectônico

Abordar o contexto geológico e geotectônico geral, para depois descrever as unidades litoestratigráficas e a relação destas com os recursos minerais cadastrados. Descrever de forma sucinta a litoestratigrafia, com ênfase no potencial das unidades como fornecedoras de materiais para uso na construção civil.

➤ Caracterização dos insumos

Detalhar as características de cada insumo a partir da classificação comercial, utilização, tipologia geológica, ensaios tecnológicos e recursos estimados na área investigada (ver exemplo abaixo), incluindo a análise do panorama de pesquisa e licenciamento na Agência Nacional de Mineração - ANM (substâncias minerais cadastradas). É importante ser descritivo, reservando as interpretações para o capítulo de integração de dados.

Exemplo: *Areia*

- Conceituação, classificação e utilização do insumo;
- Tipos de depósitos e distribuição das ocorrências;
- Análises e ensaios tecnológicos;
- Recursos estimados.

Os métodos de cubagem de jazidas (método da área de influência, método dos triângulos, método das seções geológicas, entre outros) para definir reservas (medidas, indicadas e inferidas), assim como os métodos geoestatísticos de interpolação de dados, dependem de sondagens, poços, galerias, trincheiras, que seguem malhas regulares. Na maioria dos projetos da DIMINI, os pesquisadores não contam com este tipo de dado, portanto, normalmente é possível chegar apenas aos “recursos inferidos”, que constituem meras estimativas, sustentadas por dados esparsos em áreas que não são executados trabalhos sistemáticos.

Lembrando que recurso mineral é uma concentração de material natural, sólido, em quantidade e teor que uma vez pesquisado, demonstra parâmetros que indicam o seu aproveitamento econômico factível, mesmo que futuro. O recurso inferido é a parte do recurso mineral estimada com base em amostragem limitada, com baixo nível de confiabilidade, na qual a inferência é feita com os dados disponíveis, sem rigor. E a reserva é a parte do recurso mineral na qual é demonstrada viabilidade técnica e econômica para produção com maior grau de confiança, incluindo critérios ambientais, sociais, logísticos, de economia mineral, lavra e beneficiamento, que justifiquem o investimento. Portanto, a reserva econômica recuperável de um dado recurso irá variar no tempo, bem como o custo e o preço variam em resposta à atualização tecnológica e aos fatores econômicos e ambientais. No caso de minas inativas e ativas, a possibilidade de obter informações suficientes para uma boa estimativa é maior, diferentemente de novas ocorrências, onde dificilmente o pesquisador na CPRM conseguirá fazer um cálculo com grau de confiança adequado para classificar reserva.

Não há um padrão a ser seguido, o cálculo estimado dos recursos depende muito das características morfológicas e natureza do corpo, das relações com as rochas que o circundam e, principalmente, dos dados disponíveis. No caso de depósitos de areia e argila, dependendo da carência deste tipo de recurso na área investigada, às vezes vale investir em uma geofísica terrestre para melhor precisão. Porém, se não for possível, os pesquisadores devem procurar cavas, cortes ou afloramentos que contribuam para estimativa de profundidades. Muitas vezes há poços executados por outras empresas ou até mesmo dados de sísmica que auxiliam no cálculo para obtenção de uma profundidade média. Em se tratando de britas é mais complicado e mesmo que se consiga dimensionar o corpo com auxílio da geofísica, a dificuldade de se avaliar o que é econômico permanece. Recomenda-se, portanto, que estas questões sejam discutidas com membros da DIMINI para definição da necessidade de estimativa de cada tipo de recurso investigado e possibilidade de aplicação de técnicas complementares que dependerão do tipo e da natureza dos recursos, dos dados disponíveis e da importância desta estimativa na região investigada, a fim de atender demandas específicas da sociedade, na medida do possível.

➤ Métodos de lavra e beneficiamento

Para cada tipo de insumo, detalhar os métodos de extração de lavra, beneficiamento do material bruto e carregamento/transporte dos produtos para comercialização. Analisar também a questão dos rejeitos gerados e a

posição do “bota-fora” existente próximo as frentes de exploração.

➤ Direitos minerários

Descrever os aspectos legais da extração mineral, tais como: regime de aproveitamento, obrigações financeiras (taxas de emolumentos, compensação financeira pela exploração de recursos minerais - CFEM, Taxas anual por hectare – TAH e outros custeios) e áreas oneradas por município.

➤ Mineração e meio ambiente

Neste item devem ser tratados os aspectos ligados ao licenciamento ambiental realizado por órgãos fiscalizadores de estados e municípios, ressaltando:

- Impactos decorrentes da mineração de insumos;
- Decapeamento e abertura de acesso;
- Lavra por desmonte com explosivo ou escavação mecanizada;
- Lavra por dragagem;
- Estocagem de minério e deposição de rejeitos e estéreis;
- Impactos das usinas de beneficiamento;
- Expedição e transporte de carga;
- Legislação ambiental;
- Unidades de conservação;
- Diretrizes e ações para exploração mineral sustentável;
- Recuperação de áreas degradadas e medidas mitigadoras.

Explicar de maneira simplificada os impactos ambientais gerados com a atividade mineral, e como as áreas poderão ser recuperadas após a mineração. Discutir o uso potencial de materiais descartados na mineração (rejeito) em áreas de britagem, principalmente rocha e pó de rocha, visando o seu emprego como areia industrial ou, a depender do tipo de rocha, como remineralizadores de solo. Desta maneira, será possível fornecer sugestões e alternativas sobre o reaproveitamento de material de descarte.

➤ Integração dos dados: diagnóstico e áreas potenciais

Discutir neste capítulo:

- Importância dos insumos para o panorama regional;
- Preços praticados;
- Evolução e a economia da indústria de transformação mineral;
- Debater as reservas com tipologia dos depósitos;
- Melhores materiais caracterizados com base nos ensaios realizados;
- Áreas potenciais com base nos mapas gerados.

Este capítulo deve integrar os dados obtidos no trabalho de maneira prática para atingir o público-alvo, formado principalmente por empreendedores do setor de insumos e gestores públicos.

➤ Conclusões e recomendações

Basear as conclusões e recomendações em critérios geológicos que definiram as áreas potenciais e, se necessário, recomendar novas ações de prospecção, como análises, sondagem, ensaios tecnológicos, entre outros. Salientar a importância de um planejamento urbano baseado no conhecimento geológico, para fins de uso e ocupação do solo, propiciando o ordenamento de áreas para urbanização com áreas de interesse mineral e ambiental.

➤ Referências

Todas as informações que não constituírem dado, informação ou ideia dos autores devem estar referidas no

texto. Todas referências contidas no decorrer do informe devem constar no capítulo de referências, assim como não deve conter referências que não foram citadas no texto.

#### **2.2.4.2 – Mapas temáticos para projetos de avaliação de insumos minerais para construção civil**

Em projetos da DIMINI, os mapas para avaliação de insumos minerais utilizados na construção civil podem reunir três temáticas em um mesmo mapa integrado. Os modelos de mapas serão encaminhados pela divisão, e de acordo com o contexto de dados e informações levantadas, será definido pela equipe do projeto o modelo de mapa a ser executado, integrado ou não. Os mapas de áreas potenciais, preservação ambiental e recursos minerais poderão ser agrupados em um único mapa integrado, desde que as ocorrências minerais plotadas não prejudiquem a visualização dos outros elementos do mapa. Somente o mapa geológico padrão DIGEOB não sofrerá alterações no modelo de edição. Preferencialmente, o informe deve compor dois mapas: I) mapa geológico e II) mapa de potencial mineral integrado com informações de recursos minerais para construção civil e áreas de proteção ambiental que poderão ser limitantes ou proibitivas para atividade de mineração.

- MAPA GEOLÓGICO (PADRÃO DIGEOB);
- MAPA DE POTENCIALIDADE DE INSUMOS MINERAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL (PADRÃO DIMINI);
- MAPA DE RECURSOS MINERAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL (PADRÃO DIMINI);
- MAPA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (PADRÃO DIMINI).

Além dos mapas, que devem constar como anexos nos informes, também podem ser apresentadas tabelas de análises químicas, estruturais, petrográficas e de ensaios, que contribuem para consistência do trabalho.

### **2.3 – Revisão, correção, publicação e divulgação dos produtos**

Após a conclusão dos informes e mapas, sejam minutas ou finais, a equipe do projeto encaminhará esses produtos para a revisão de supervisores e gerente. É importante ressaltar que o prazo de revisão dos produtos deve anteceder pelo menos três semanas o prazo de entrega para as divisões, para que os pesquisadores possam fazer as correções sugeridas pelos supervisores, e para que estes possam revisar novamente. A DIMINI irá revisar os produtos e enviar para os pesquisadores fazerem as devidas correções, os quais enviarão novamente para à Divisão analisar. Essa fase é muito importante para geração de produtos de qualidade e exige esforço de todos os envolvidos para que os prazos sejam respeitados.

Após finalizados, os produtos serão enviados para editoração. Os editores retornarão os produtos para os pesquisadores revisarem e estes enviarão novamente para à Divisão para publicação e divulgação. A edição final do informe poderá ser realizada nas unidades regionais, mas deverá seguir as normas de citação e editoração definidas pelo Departamento de Relações Institucionais e Divulgação (DERID), disponíveis na intranet. Nesta fase os pesquisadores também enviarão o SIG e o banco de dados, produtos estes tão importantes quanto os demais mencionados. Este procedimento encontra-se sintetizado na FIGURA 2.1.

Para um texto mais adequado aos produtos, sugere-se o livro que fornece orientações de como redigir textos em geociências de Jost e Broad (2005), e o livro que resume a nova ortografia de Telles (2009), além de gramáticas. É importante lembrar que escrevemos para um público amplo e diversificado, portanto, é importante se colocar na posição do leitor que não conhece a área para uma análise crítica do conteúdo contido nos produtos, sempre visando a fácil compreensão, inclusive de um público leigo. No entanto, a linguagem deve ser técnica, eliminando-se a subjetividade e o linguajar coloquial. Visando ainda o melhor aproveitamento dos produtos, recomenda-se que o texto do informe seja o mais descritivo possível, e que as interpretações fiquem concentradas no capítulo de integração dos dados.

## **3 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 51:** Agregado graúdo – Ensaio Abrasão “Los Angeles”. Rio de



Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15577**: Agregados– Reatividade álcali-agregado. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 26**: Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro, 2009.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217**: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7225**: Materiais de pedra e agregados naturais. Rio de Janeiro, 1993.

CHANG, L. **Industrial Mineralogy: Materials, Processes and Uses**. Prentice Hall, New Jersey, 2003. 472p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Bases técnicas de um sistema de quantificação do patrimônio mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 1992. 28p.

FRAZÃO, E. B. **Tecnologia para Produção e Utilização de Agregados**. In: Agregados para Construção Civil no Brasil: contribuições para formulação de políticas públicas. Belo Horizonte. CETEC/SGM/MME, 2007.

JOST e BROD. **Como redigir e ilustrar textos em Geociências**. Sociedade Brasileira de Geologia, Série Textos no 1. São Paulo, 2005.

LUZ, Adão Benvindo da; ALMEIDA, Lins, Fernando A. Freitas. **Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações**. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM-MCT, 2008.

LUZ, Adão Benvindo da; ALMEIDA, Salvador Luiz Matos de. **Manual de agregados para construção civil**. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2012.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Informes de Recursos Minerais**. Série Rochas e Minerais Industriais. Insumos minerais para a construção civil: [rigeo.cprm.gov.br/jsou/](http://rigeo.cprm.gov.br/jsou/)

TELLES, V. **Lições de ortografia: as novas... e as velhas regras**. 1 ed., Curitiba: CEC – Concursos e Editora Curitiba, 2009.

## AUTORES

Vanildo Almeida Mendes  
Michel Marques Godoy  
Ruben Sardou Filho  
Ângela Pacheco Lopes

**ANEXOS:  
MODELOS DE FORMULÁRIOS PARA CADASTRO DE EMPRESAS LIGADAS AO SETOR DE CONSTRUÇÃO  
CIVIL**



As informações prestadas neste cadastro serão consideradas sigilosas, sendo tratadas em conjunto com todas as respostas obtidas na pesquisa.

**PONTO (sigla e número):**

**COORDENADAS:**

**1. Empresa ou nome do proprietário:**

|              |
|--------------|
| Endereço:    |
| E-mail:      |
| Localização: |
| Município:   |

**2. Nome (contato):**

Telefone:

Data:

**3. Produção:**

|  |
|--|
| Produção mensal (m <sup>3</sup> ) por tipo de produto: |
| Capacidade instalada/ociosa (facultativo):             |
| Métodos de lavra e equipamentos empregados.            |
| Turno de trabalho:                                     |
| Custos/m <sup>3</sup> :                                |

**4. Mercado:**

Preços praticados:

|  |
|--|
| Na lavra:  |
| No local de entrega do produto /m <sup>3</sup> : |

Custo do frete (reais por m<sup>3</sup>) =

Cidade de destino dos produtos (dos tipos mais consumidos).

Forma de distribuição (transporte próprio ou terceiros)

**5. Recursos Humanos**

Número de empregados nas diversas atividades (lavra, processamento, administração, etc.):

**6- Fornecer caso seja possível, os resultados de ensaios e de análises disponíveis para a areia explotada.**



As informações prestadas neste cadastro serão consideradas sigilosas, sendo tratadas em conjunto com todas as respostas obtidas na pesquisa.

**PONTO (sigla e número):**

**COORDENADA:**

**1. Empresa:**

**2. Nome (contato):**

|              |
|--------------|
| E-mail:      |
| Tel.:        |
| Localização: |
| Município:   |

### 3. Potencialidade Mineral

Quantifique suas reservas (mesmo de forma aproximada):

|                                     |
|-------------------------------------|
| Reservas medidas:                   |
| Reservas indicadas:                 |
| Reservas inferidas:                 |
| Reservas não avaliadas (estimadas): |

### 4. Produção (lavra e processamento):

Produção Mensal (em toneladas):

Capacidade instalada/ociosa (em %):

Métodos de lavra e equipamentos empregados:

Equipamentos:

Descrição resumida do processamento e produtos gerados:

### 5. Mercado

Destinação dos produtos

|                            |
|----------------------------|
| Cidades de destino:        |
| Tipos mais consumidos:     |
| Preços de venda na jazida: |

Forma de distribuição (por caminhões próprios ou terceirizados):

Preço do frete (Reais / km)

Percentual mensal (média) de produção de brita comercializada por segmento:

| Segmento (%)                           |
|--|
| 1- Concreteiras =                      |
| 2 - Construtoras =                     |
| 3 - Industria de Pré-moldados =        |
| 4 - Revendedores/casas de construção = |
| 5 - Pavimentadoras/usinas de asfalto = |
| 6 - Órgãos Públicos DER/Dnit =         |
| 7 - Outros =                           |
| <b>Total = 100%</b>                    |

## 6. Recursos Humanos

Número de empregados nas diversas atividades (lavra, processamento, administração, etc.):

Nível de escolaridade:

Na operação:

No administrativo:

## 7. Resultados de análises e ensaios tecnológicos

\*Caso seja possível, solicitar resultados de análises químicas e de ensaios tecnológicos.

## 8. Sugestões e críticas do empreendedor para o setor de agregados para construção civil:

**Observação:** Convém salientar que as informações prestadas serão consideradas sigilosas devendo ser tratadas em conjunto dentro do universo de todos os questionários recolhidos.





## LAVRAS DE ARGILAS PARA CERÂMICA VERMELHA

As informações prestadas neste cadastro serão consideradas sigilosas, sendo tratadas em conjunto com todas as respostas obtidas na pesquisa.

**PONTO (sigla e número):**

**COORDENADA:**

**1. Empresa:**

**2. Nome (contato):**

|              |
|--------------|
| E-mail:      |
| Tel.:        |
| Localização: |
| Município:   |

**3. Potencialidade Mineral**

Quantifique suas reservas (mesmo de forma aproximada):

|                                     |
|-------------------------------------|
| Reservas medidas:                   |
| Reservas indicadas:                 |
| Reservas inferidas:                 |
| Reservas não avaliadas (estimadas): |

**4. Produção (lavra e processamento):**

|   |
|---|
| Produção Mensal de tijolo e telha:                                |
| Quant. consumida de argila para cada milheiro de tijolo ou telha: |
| Capacidade instalada/ociosa (Em %):                               |
| Métodos de lavra e equipamentos empregados:                       |

Equipamentos:

Descrição resumida do processamento e produtos gerados:

**5. Mercado**

Destinação dos produtos: cidades e regiões de destino e tipos mais consumidos, e preços de venda na jazida:

Forma de distribuição (por caminhões próprios ou terceirizados):

Preço do frete (Reais / km):

**6. Recursos Humanos**

Número de empregados nas diversas atividades (lavra, processamento, administração, etc.):

Nível de escolaridade:

Na operação:

No administrativo:

**7. Resultados de análises químicas de ensaios tecnológicos:**

\*Caso seja possível, solicitar resultados de análises químicas e de ensaios tecnológicos.