

## O suprimento de Matérias-Primas para a Indústria de Cerâmica Vermelha no Brasil

*Marsis Cabral Junior<sup>1</sup>, Luiz Carlos Tanno<sup>1</sup>, Jamil Duailibi Fh.<sup>2</sup>, Anselmo O. Boschi<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Brasil

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Tecnologia – INT, Brasil

<sup>3</sup> Laboratório de Revestimentos Cerâmicos/Universidade Federal de São Carlo, Brasil

### 1. Introdução

Ao se avaliar o desempenho do setor mineiro-cerâmico brasileiro, uma das importantes constatações refere-se às condições insatisfatórias do suprimento de matérias-primas, o que se constitui um dos principais empecilhos ao seu desenvolvimento em bases sustentáveis, sobretudo para os segmentos especializados em produtos de cerâmica vermelha e de revestimento via seca.

Os problemas mais salientes no abastecimento compreendem a escassez de argila em determinados aglomerados produtivos, as carências tecnológicas na pesquisa mineral, lavra e beneficiamento, que se refletem na qualidade das matérias-primas, e as dificuldades dos mineradores no atendimento das exigências legais para regularização dos empreendimentos.

Por se tratar de substâncias minerais relativamente abundantes, às quais é atribuído baixo valor econômico, e havendo pouca agregação de valor aos seus produtos industrializados, as matérias-primas para cerâmica vermelha não comportam transporte a grandes distâncias, condicionando a instalação das cerâmicas o mais próximo possível das jazidas. Isto faz com que a mineração de argila constitua quase sempre uma atividade econômica localmente vinculada à sua indústria de transformação, sendo composta, principalmente, de minas cativas dos próprios ceramistas que, eventualmente, comercializam excedentes, e de pequenos mineradores.

Este trabalho apresenta um panorama da mineração brasileira de argila para cerâmica vermelha, abordando suas características de produção, mercado e gestão, e analisa alguns importantes desafios para a melhoria do suprimento mineral e, conseqüentemente, para o aprimoramento competitivo desse segmento cerâmico no país. Além desta introdução, este trabalho inclui mais quatro partes. A segunda parte caracteriza, de maneira sucinta, a indústria brasileira de cerâmica vermelha. Na terceira parte é abordado o sistema de produção de argila no país nas dimensões geológica, econômica e tecnológica. Na quarta parte busca-se delinear desafios tecnológicos e diretrizes de políticas para modernização e aperfeiçoamento do suprimento mineral. No tópico final são feitas considerações conclusivas sobre as perspectivas de desenvolvimento do setor mineiro-cerâmico no país.

### 2. A Indústria de Cerâmica Vermelha

O segmento de cerâmica vermelha brasileiro integra o ramo de produtos de minerais não-metálicos da Indústria de Transformação, fazendo parte, juntamente com outras indústrias, como as de cerâmica de revestimento, sanitários, indústria cimenteira e vidreira, do conjunto de cadeias produtivas que compõem o Complexo da Construção Civil. Tem como atividade a produção de uma grande variedade de materiais, como blocos de vedação e estruturais, telhas, tijolos maciços, lajotas e tubos, além de produtos para fins diversos como argilas piro expandidas, objetos ornamentais e utensílios domésticos.

A Edição de 2002 do Anuário Brasileiro de Cerâmica, Editado pela Associação Brasileira de Cerâmica - ABC (ANUÁRIO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 2002) apontava a existência de cerca de 6.900 empresas espalhadas por todo o país. Os dados apresentados sinalizavam que a Indústria de Cerâmica Vermelha estava passando por um

processo de concentração semelhante ao ocorrido em vários países europeus, porém em escala menor face às dimensões continentais do país. Pólos cerâmicos como os localizados nos municípios de Itaboraí – RJ e Ourinhos-SP experimentaram um decréscimo da ordem de 50% no número total de empresas, passando de cerca 90 unidades no início da década de 90 para cerca de 40 em 2001. De fato, dados oficiais da Associação Nacional da Indústria de Cerâmica – ANICER, apresentados na edição de 2006 do Anuário Brasileiro de Cerâmica ((PANORAMAS SETORIAIS/CERÂMICA VERMELHA, 2006), apontavam para uma redução da ordem de 20% entre 2001 (Dados ABC) e 2005, quando o número total de empresas reduziu-se para cerca 5.500 unidades, com 3.900 produzindo, principalmente, blocos de vedação, blocos estruturais e lajotas (4 milhões de peças/mês) e cerca de 1.900 produzindo telhas (1,3 milhão de peças/mês), consumindo um total de cerca de 10,3 milhões de toneladas de argila por mês.

O encerramento de atividades de um número expressivo de empresas nas últimas duas décadas é função de vários fatores, incluindo períodos de crescimento negativo da parcela do PIB referente à Construção Civil, o crescimento de produtos concorrentes como os blocos e telhas de concreto, crescimento das áreas urbanas em regiões de depósitos de argilas e restrições ambientais. Os dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (PESQUISA INDUSTRIAL, 2008), aponta a existência de 4.679 empresas cerâmicas no país com mais de 5 funcionários ( das quais, segundo nossas estimativas, 4.500 são produtoras de cerâmica vermelha), é mais um forte indício do processo de concentração em pleno andamento. Se por um lado ocorreu este decréscimo, a produção média por empresa subiu substancialmente, passando dos cerca de 370.000 peças/mês para números superiores a 1.000.000 de peças/mês. Considerando os preços hoje praticados no mercado e a produção global do segmento de cerca de 5,0 bilhões de peças/mês (20% de telhas), estimamos que o faturamento anual do Segmento de Cerâmica Vermelha no país é da ordem de 18 bilhões de reais.

Por outro lado, em alguns estados do país tem ocorrido o aparecimento de novas empresas, incluindo micro empresas produtoras de tijolos maciços de forma artesanal, em face da existência de projetos de infra- estrutura de grande porte como usinas hidroelétricas e grandes siderúrgicas, especialmente na Região Norte. Nota-se, ainda, em todas as regiões do país, um grande aumento da demanda nos últimos dois anos, em função do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal, que tem incentivado a construção de habitações populares voltadas à população de baixa renda.

Podemos afirmar que a Indústria de Cerâmica Vermelha do Brasil está vivendo um período de franca expansão, motivada pelo crescimento da economia do país como um todo e também por uma série de fatores incluindo a criação da ANICER a cerca de 18 anos atrás que tem promovido várias ações para o crescimento do setor, o surgimento de uma rede de laboratórios capitaneados pelo Serviço Nacional da Indústria – SENAI, a inserção do Segmento em programas voltados para a normalização, como o Programa Brasileiro da Qualidade nas habitações – PBQP-H, e o envolvimento crescente do meio acadêmico em trabalhos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico voltados para a área de cerâmica vermelha, como o desenvolvimento do uso de novos combustíveis, estudos de incorporação de resíduos na massa cerâmica e diversificação da produção.

Destacamos especialmente o grande desenvolvimento e modernização por que tem passado a cadeia de fornecedores de insumos e equipamentos para a Indústria de Cerâmica Vermelha, que vem se modernizando a passos largos, introduzindo melhorias tecnológicas no processo produtivo, incluindo a implantação de fábricas do porte das que existem na Europa.

Face aos preços muito mais competitivos da biomassa quando comparados com os combustíveis fósseis, 96,6% do combustível consumido pelo Segmento de Cerâmica Vermelha advém da biomassa (SCHWOB, M.R.V., 2009). Deste total, os resíduos agrícolas e industriais são responsáveis por 68% e a lenha catada e de reflorestamento pelos 28% restantes. Assim, destacamos como uma das várias

oportunidades para a o setor o desenvolvimento de sistemas de queima mais eficientes para a queima da biomassa, como a serragem (sawdust) e cavacos de madeira (wood chips) e para o preparo da lenha.

Dos 3,6% restantes, o gás natural representa apenas 0,3% do consumo de combustível, em um número muito pequeno de empresas localizado cerca das redes de distribuição. Assim, apenas com a introdução no mercado de produtos de maior valor agregado fabricados por processos mais modernos, como as telhas esmaltadas prensadas e/ou extrudadas (pressed and extruded roofing tiles) produzidas em fornos a rolo é que se espera um aumento do uso do gás natural, porém não de forma significativa de modo a alterar a matriz energética atual da Indústria de cerâmica Vermelha.

Apesar dos avanços e do processo de concentração verificado nas últimas duas décadas, A Indústria de Cerâmica Vermelha no país é ainda um Segmento do Setor Cerâmico com uma estrutura empresarial bastante assimétrica, pulverizada e de capital estritamente nacional, no qual coexistem pequenos empreendimentos familiares e mesmo pequenas fábricas artesanais (olarias, em grande parte não incorporadas nas estatísticas oficiais), cerâmicas de pequeno e médio porte, com deficiências de mecanização e gestão, e empreendimentos de médio a grande porte (em escala de produção) de tecnologia mais avançada, operando com processos mais automatizados, com preparação melhor da matéria-prima, secagem forçada e fornos de queima semi-contínua ou contínua (CABRAL JUNIOR et al., 2009a). A grande maioria das empresas tem sua competitividade baseada em custos.

Areladas às cerâmicas, esse segmento industrial é abastecido por um grande número de unidades produtivas de argilas comuns (*common clays* - como tratada internacionalmente). Esse mesmo tipo de matéria-prima é consumido por outras indústrias, como a cerâmica de revestimento de base seca, de agregado leve e pelo setor cimenteiro.

### 3. A Mineração de Argila

#### 3.1 Produção e Consumo

Como acontece também internacionalmente, os custos de transação relativamente elevados (insumo específico de baixo valor unitário frente aos custos elevados para a consolidação de um mercado produtor) induzem à produção verticalizada de argila pela indústria cerâmica, não havendo, praticamente, estoques ou mesmo um mercado estabelecido ofertante de matérias-primas (CABRAL JUNIOR et al., 2009a).

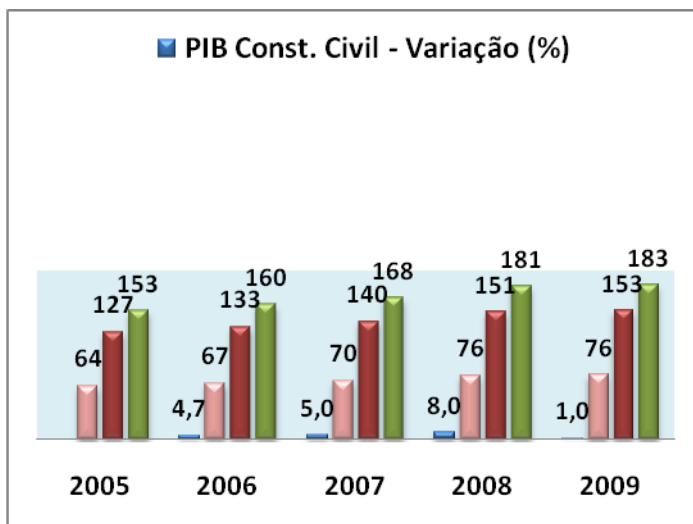
A comparação entre os valores oficiais de produção de argila, na faixa entre 14 e 18,6 milhões de toneladas/ano no triênio 2003-2005 (DNPM, 2009) e a estimativa da produção cerâmica feita pela Anicer de 64 bilhões peças em 2005 (ANICER, 2009), evidenciam a acentuada defasagem das informações computadas pelo DNPM – Departamento Nacional da produção Mineral.

Adotando-se as mesmas bases de cálculo do Anuário Estatístico da Indústria de Transformação Mineral (SGM, 2008) isto é, partindo-se das quantidades anuais de peças cerâmicas produzidas, estima-se que a produção e o consumo brasileiro de argila ultrapassaram, a partir de 2005, 150 milhões de toneladas/ano, atingindo o patamar de 180 milhões de toneladas em 2008 (Figura 1).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Base da estimativa do consumo de argila:

- a partir da produção de peças cerâmica de 2005 (fornecida pela ANICER, 2009), cálculo da tonelagem de peças queimadas (2kg/peça) e do consumo de argila (1,2/1 - argila/peça);
- para os anos subsequentes, a evolução da produção cerâmica e do consumo de argila são estimados com base na variação do PIB - Produto Interno Bruto da construção civil: de 2006 a 2008 segundo apuração do IBGE (2009) e em 2009 crescimento estimado em 1% (expectativa do setor produtivo, indicada pelo SINDUSCON, 2009).



**Figura 1 - Produção brasileira de peças cerâmicas e consumo de argilas comuns.**

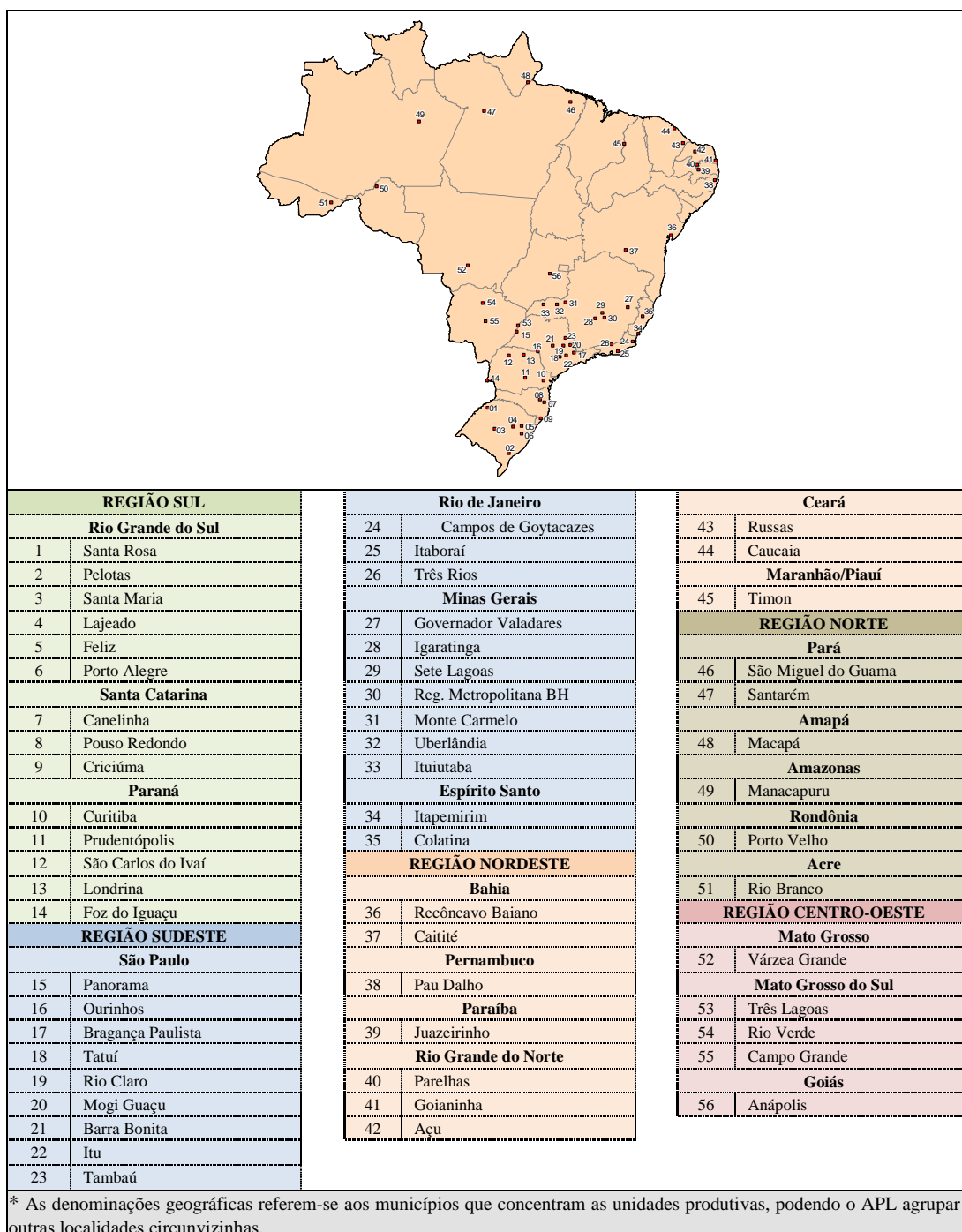
Fonte: Elaborado com base em Anicer (2009), IBGE (2009) e Sinduscon (2009).

A partir dessas estimativas, observa-se que a produção da indústria de cerâmica vermelha e de matérias-primas minerais associadas revela-se extremamente significativa quando comparada a países desenvolvidos como a Espanha, um dos maiores produtores de cerâmica vermelha da Europa, com cerca de 30 milhões de toneladas/ano de argila (IGME, 2009), e os EUA, com 20 milhões de toneladas/ano (USGS, 2009). Isto decorre do perfil construtivo e da dimensão do mercado brasileiro de construção civil, que colocam o consumo e a produção de argila para fins cerâmicos como um dos maiores do mundo, podendo ser superado apenas pelos imensos mercados da China e Índia.

### 3.2 Distribuição do Parque Industrial: APLs Mínero-Cerâmicos

A indústria de cerâmica vermelha no Brasil caracteriza-se como um segmento econômico expressivo e de grande pulverização territorial. Raramente depara-se com um município ou uma região que não tenha uma cerâmica ou um núcleo de pequenas olarias. Nas proximidades das unidades industriais, juntam-se as lavras de argila, pertencentes aos próprios ceramistas e a pequenos mineradores.

O fator geológico (existência de jazidas) associado a outros condicionantes favoráveis, como proximidade de mercados, base infraestrutural privilegiada e cultura empresarial, tem conduzido à polarização do setor cerâmico em territórios específicos, levando a constituição de aglomerados produtivos. Em determinadas regiões, essas aglomerações de empresas chegam a constituir o que se vem conceituando como arranjos produtivos locais (APLs) de base mineral. Nesses casos, as concentrações de empresas podem agregar, no mesmo território, além de cerâmicas e mineradoras de argilas, outros segmentos da cadeia produtiva, como fornecedores de insumos (equipamentos e embalagens) e serviços, apresentando graus variados de interação entre os agentes empresariais e com organismos externos, como governo, associações empresariais, instituições de crédito, ensino, pesquisa e inovação. A experiência tem mostrado que o adensamento da cadeia produtiva de base mineral, associado ao aprendizado e cooperação, entre seus diversos elos e agentes externos, tende a favorecer o incremento da competitividade de todos os negócios associados, com significativos ganhos, sobretudo, ao pequeno e médio empreendedor. A Figura 2 ilustra as principais aglomerações mínero-cerâmicas identificadas.



**Figura 2 – Principais aglomerações produtivas mínero-cerâmicos brasileiras.**

Fonte: elaborado a partir da complementação de informações do Instituto Metas (2002).

A tendência de concentração das empresas faz com que quase todos os estados contem com pelo menos um polo cerâmico de relativo realce, computando-se mais de meia centena de aglomerações de expressão regional. Os estudos de identificação de APLs (entre outros, META, 2002; SUZIGAN, 2006; CABRAL JUNIOR, 2008) têm indicado que, dentre as aglomerações de base mineral, as mínero-cerâmicas são as mais numerosas, com várias aglomerados desta cadeia produtiva estando entre os mais importantes APLs de base mineral do país.

### 3.3 Contexto Geológico das Jazidas e Reservas

Os depósitos de argilas para fins cerâmicos possuem ampla distribuição geográfica em todo território nacional. Isso se deve à composição do substrato geológico brasileiro, que apresenta extensas coberturas sedimentares – bacias fanerozóicas e depósitos cenozóicos –, aliada à evolução geomorfológica, que propiciou a formação de expressivas coberturas residuais intempéricas. Segundo o contexto geológico, são distinguidos dois tipos principais de jazidas: argilas quaternárias e argilas de bacias sedimentares (CABRAL JUNIOR et al., 2009b).

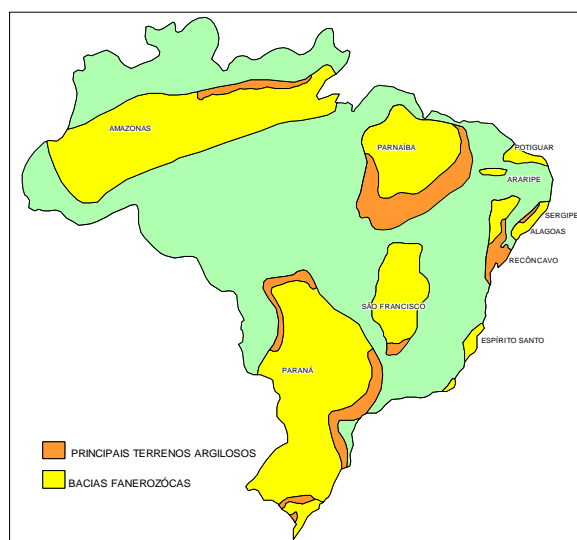
As argilas quaternárias ocorrem associadas aos depósitos de preenchimento de fundo de vales e às planícies costeiras, formando jazidas lenticulares, com espessuras de porte métrico, que ocupam áreas de poucos hectares até quilômetros quadrados.

De forma geral, as argilas quaternárias constituem-se de caulinitas detríticas. Ocasionalmente, em áreas mais restritas, são encontradas também argilas detríticas mistas, compostas de caulinita e illita (eventualmente esmectita). Caracterizam-se pela elevada umidade e alta plasticidade, o que lhes propicia boa trabalhabilidade para os processos cerâmicos de conformação plástica, a exemplo dos produtos extrudados, tais como tijolos e telhas, até mesmo para a produção artesanal (olarias) ou com equipamentos de pequeno porte.

As argilas das bacias sedimentares, também denominadas de formacionais, são aquelas relacionadas às unidades geológicas antigas – as principais bacias sedimentares brasileiras são das eras Paleozóica e Mesozóica (570 a 65 milhões de anos) e, secundariamente, da Terciária (65 a 1,8 milhões de anos).

As rochas de interesse cerâmico nas bacias sedimentares são os folhelhos, argilitos, siltitos, ritmitos e outras rochas de natureza pelítica, que são denominadas genericamente de “taguás” no jargão cerâmico. Essas rochas contêm, predominantemente, argilominerais do grupo da illita. Esse mineral é rico em óxido de potássio, que confere baixo ponto de sinterização, característica marcante dessas rochas. A caulinita ocorre de forma secundária, concentrando-se nos mantos de alteração mais evoluídos. Além disso, o taguá apresenta alto conteúdo de material ferruginoso, que auxilia no processo de sinterização e proporciona cores de queima avermelhadas.

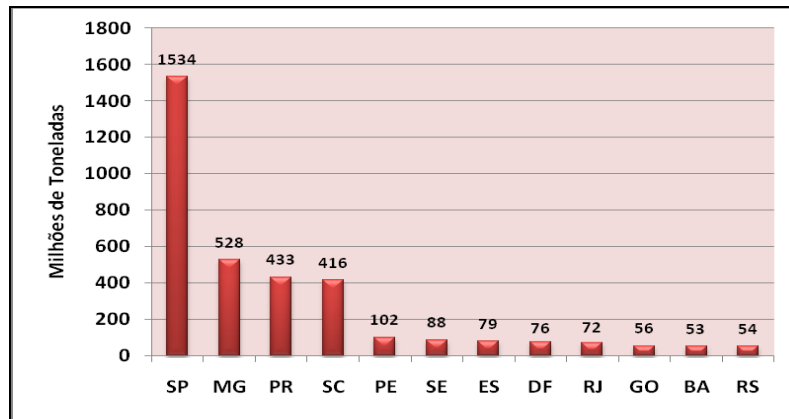
Vultosos pacotes argilosos ocorrem nas diversas bacias sedimentares brasileiras. O adensamento de minas é comum na Bacia do Paraná, em vários aglomerados produtivos nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul. Sedimentos provenientes de bacias sedimentares são também aproveitados no Rio de Janeiro (Rift da Guanabara), Bahia (Bacia do Recôncavo), e em outros estados na região Nordeste (bacias do Parnaíba, Sergipe-Alagoas, Potiguar e do Araripe), como ilustra esquematicamente a Figura 3.



**Figura 3 - Distribuição das principais bacias sedimentares brasileiras portadoras de depósitos de argila para uso em cerâmica vermelha.**

Fonte: modificado de Motta et al. (2004).

Quanto às reservas oficiais registradas pelo DNPM, o Brasil possui cerca de 3,7 bilhões t de argilas comuns, com mais de 70% concentradas nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina (Figura 4).



**Figura 4 – Principais reservas medidas estaduais de argilas comuns.**

Fonte: elaborado a partir de informações do DNPM, 2006.

Apesar da expressividade da dotação mineral do país para recursos de argila, uma série de fatores tem dificultado, cada vez mais, o acesso às reservas. Uma primeira limitação refere-se à questão ambiental, que por meio de leis restritivas e a criação de unidades de conservação (áreas de proteção ambiental, parques e reservas) interferem diretamente na disponibilidade dos recursos minerais. Adicionalmente, há outras formas de uso do solo que se apropriam de amplos espaços geográficos e competem com a atividade mineral, como a expansão urbana, a ocupação agrícola e a demanda cada vez maior por recursos hídricos para abastecimento, irrigação e geração de energia. Tudo isto vem ocasionando a indisponibilização progressiva de reservas minerais em determinadas regiões do país.

Exemplo típico de escassez ocorre na região oeste do Estado de São Paulo, onde a instalação de usinas hidrelétricas resultou em inundação de áreas com grande potencialidade ou mesmo tradicionalmente produtoras de argilas, situadas nas planícies aluviais dos principais rios da região (Paraná e seus afluentes Paranapanema, Tietê, Aguapeí e Peixe). Os lagos formados têm causado a esterilização precoce das jazidas, prejudicando as atividades minero-industriais e as próprias economias locais.

### 3.4. Características Tecnológicas e Aplicações das Argilas Comuns

As argilas para cerâmica vermelha englobam uma grande variedade de substâncias minerais, abrangendo sedimentos pelíticos consolidados e inconsolidados, como argilas aluvionares quaternárias, argilitos, siltitos, folhelhos e ritmitos, que queimam em cores avermelhadas, a temperaturas variáveis entre 800 e 1.250 °C. Essas argilas apresentam geralmente granulometria muito fina, característica que lhes conferem, com a matéria orgânica incorporada, diferentes graus de plasticidade, quando adicionada de determinadas porcentagens de água, aspectos importantes para produção de uma grande variedade de peças cerâmicas, além da trabalhabilidade e resistência a verde, a seco e após o processo de queima.

Além dos usos tradicionais das argilas na indústria cerâmica estrutural, servindo de matéria-prima para uma grande variedade de produtos, como blocos, tijolos maciços, telhas, tubos e lajotas, esses materiais possuem outras aplicações, como na fabricação de vasos ornamentais, utensílios domésticos, cimento, agregado leve e revestimentos.

O setor de cerâmica vermelha utiliza a chamada massa monocomponente, composta, basicamente, por argilas, sem a adição de outras substâncias minerais. A formulação da massa é geralmente feita de forma empírica pelo ceramista, por meio da mistura de uma argila “gorda”, caracterizada pela alta plasticidade, granulometria fina

e composição essencialmente de argilominerais, com uma argila “magra”, rica em quartzo e menos plástica, que pode ser caracterizada como um material redutor de plasticidade e que permite a drenagem adequada das peças nos processos de secagem e queima. Por meio dessa mistura, busca-se a composição de uma massa que tenha certas funções tecnológicas essenciais, tais como:

- a) plasticidade: propiciar a moldagem das peças;
- b) resistência mecânica da massa verde e crua: conferir coesão e solidez às peças moldadas, permitindo a sua trabalhabilidade na fase pré-queima;
- c) fusibilidade: favorecer a sinterização e, conseqüentemente, a resistência mecânica e a diminuição da porosidade;
- d) drenagem: facilitar a retirada de água e a passagem de gases durante a secagem e queima, evitando trincas e dando rapidez ao processo; e
- e) coloração das peças: atribuir cores às cerâmicas por meio da presença de corantes naturais (óxidos de ferro e manganês).

No processo de fabricação, a massa é umidificada acima do limite de plasticidade (geralmente com mais de 20% de umidade), e processada em misturadores e homogeneizadores, sendo conformadas a seguir em extrusoras (marombas), quando adquirem as suas formas finais (blocos, lajes, lajotas, tubos) ou seguem para prensagem (telhas) ou tornearia (vasos). Processo diferente é utilizado na obtenção de agregado leve cerâmico, em que o material argiloso – com teores adequados de fundentes (álcalis) e de substâncias formadoras de gases (hidróxidos de ferro, matéria orgânica e carbonatos) – é queimado em fornos rotativos, em altas temperaturas (1.100 a 1.200 °C), propiciando a formação de grande quantidade de fase vítrea, que retém os gases gerados na queima, provocando a expansão do material cerâmico.

Com exceção do agregado leve, a maioria dos produtos de cerâmica vermelha apresenta alta porosidade aberta, com pouca fase vítrea, decorrente da baixa temperatura de queima (800 a 900°C). Mesmo assim, possuem resistência mecânica suficiente para os usos a que são destinados. Nesses casos, os fundentes presentes estão contidos nas estruturas das argilas ilíticas e esmectíticas presentes ou adsorvidas nas caulinitas, tais como complexos ferruginosos e sais solúveis, que reagem durante os longos períodos de queima.

### **3.5. Estrutura de Mercado e Tecnologia de Produção da Argila**

A mineração de argila para cerâmica vermelha constitui uma atividade econômica localmente atrelada à sua indústria de transformação. Como referido anteriormente, a produção ocorre quase sempre de forma cativa, havendo, frequentemente, comercialização de excedentes de argila por produtores ceramistas. Tendência recente observada nos APLs mais desenvolvidos é o crescimento da participação no mercado de pequenos mineradores especializados na produção de argila.

Predominam empreendimentos de pequeno porte, com produções variando de 1.000 a 20.000 t/mês, em minas com escavações mecânicas a céu aberto. De modo geral, as minas carecem de investimentos em modernizações tecnológicas e gerenciais necessárias ao aprimoramento do sistema de produção (pesquisa mineral, lavra e beneficiamento), sendo praticamente inexistentes programas de certificações quanto à qualidade e gestão ambiental. Ocorre também que parte dos empreendimentos opera de maneira informal ou em desacordo com a legislação mineral e ambiental, colocando em risco tanto o controle e a recuperação ambiental das áreas mineradas, quanto o próprio abastecimento das cerâmicas.

Os dados oficiais apontam para a existência de pelo menos 417 minas de argila em operação no país (DNPM, 2006). No entanto, certamente há um número muito maior de cavas e de empresas em operação. Esta



defasagem dos números oficiais é decorrente, sobretudo, das características empresariais desse setor minero-cerâmico, cuja produção cativa de matéria-prima é muito constante, sendo tratada pelo empreendedor não como atividade individualizada, que demanda procedimentos especiais para sua operação legal (obtenção do título minerário, licenciamento ambiental, recolhimento da CFEM - Compensação Financeira pela Exploração Mineral), mas como mais uma etapa da produção cerâmica.

Os preços praticados pelo mercado estão na faixa de R\$ 5,00 a R\$ 25,00/t (FOB), comercializada *in natura*, dependendo do tipo de matéria-prima, da disponibilidade local e da finalidade de uso. Um comparativo com dados internacionais indicam patamares de preços similares, com valores de comercialização, por exemplo, no mercado norte-americano de US\$ 10,50/t (Mineral Yearbook 2007 - USGS, 2009.)

As operações de lavra costumam ser condicionadas a fatores como a situação topográfica do depósito, distribuição espacial das camadas de argila, características físicas do material, escala de produção, nível de investimento e cuidados ambientais. Os depósitos minerais localizados nas encostas dos morros (jazidas de bacias sedimentares) são lavrados principalmente por escavadeiras hidráulicas sobre esteiras e, em alguns casos, por carregadeiras sobre rodas, podendo ainda ser auxiliadas por carregadeiras de esteiras e tratores sobre rodas. Jazidas constituídas de camadas horizontais de pequena profundidade em subsuperfície (jazidas de argilas quaternárias) são mineradas por escavadeiras hidráulicas e podem contar com carregadeiras nos serviços de apoio. O avanço das lavras em encosta ou com aprofundamento em cava pode atingir desníveis de escavação de até 20 m. Na maior parte das minerações, as máquinas que realizam a escavação mecânica também são responsáveis pela operação de carregamento das unidades de transporte do material escavado. No transporte, são usualmente empregados caminhões basculantes convencionais. Há situações em que o minério e seu capeamento apresentam-se compactados para escavação direta, como acontece no aproveitamento de camadas rochosas de argilitos e siltitos (taguá duro). Nesses casos, pode ser necessário o desmonte com explosivos na fragmentação do material para, em seguida, proceder ao seu carregamento e transporte.

As operações mineiras praticamente restringem-se à extração de argilas, que são comercializadas *in natura*, e com o carregamento e expedição feitos diretamente na frente de lavra ou a partir de pilhas de estocagem. Geralmente, os processos de homogeneização, sazonalidade e composição de misturas de matérias-primas são realizados no pátio das cerâmicas. Eventualmente, algumas mineradoras podem agregar etapa de beneficiamento como secagem, homogeneização e cominuição de argilas. Isto ocorre em APLs mais estruturados, nos quais já vem tendo a participação mais efetiva de empreendedores especializados, como mineradores e fornecedores de argila. Trata-se de uma tendência recente, sendo que se inicia também um processo, ainda incipiente, de lavras cooperativadas de ceramistas - “mineradoras comuns”. A Figura 5 apresenta o fluxograma simplificado das operações unitárias da produção de argila e preparação de massa dentro do sistema mina-cerâmica.

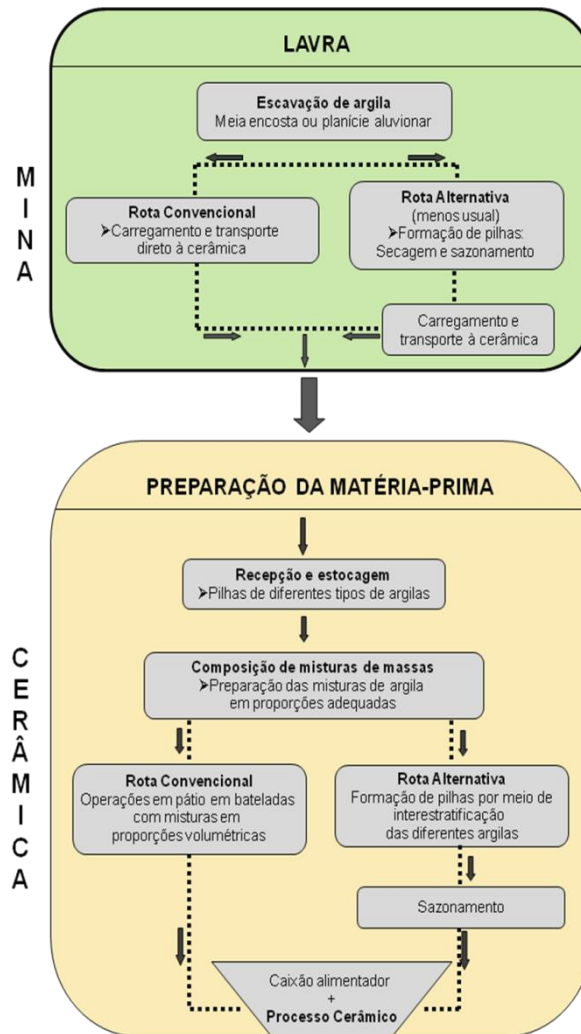


Figura 5 - Fluxograma das operações unitárias da produção de argila e preparação de massa cerâmica.

Um avanço incremental importante, que agregaria tecnologia e valor ao produto mineral, corresponderia à complementação das práticas rotineiras de lavra com etapas de beneficiamento e composição de misturas das argilas, o que tradicionalmente é realizado dentro das cerâmicas. Além disso, outro procedimento a ser adotado é o sazonalamento das argilas, com a permanência da pilha de argila ao relento por um período de alguns meses, o que melhora a trabalhabilidade da massa cerâmica. Outras operações podem incluir estágios de cominuição, associados à classificação granulométrica, secagem ao ar livre, formação de pilhas de estocagem e blendagem para composição de massa cerâmica. A cominuição pode exigir operações de britagem e moagem, como é o caso do aproveitamento de rochas mais compactadas. Tais operações são intercaladas com sistemas de peneiramento para classificação das frações de argila obtidas no processo.

Parcela importante das minerações ainda carece de práticas mais adequadas de controle e recuperação ambiental. Se as cavas individuais configuram degradações restritas, a aglomeração de empreendimentos em certas regiões tem provocado um impacto cumulativo considerável, sobressaindo, entre outros, processos de desmatamento, assoreamento de drenagem, formação de pequenos lagos, pilhas abandonadas de argila e de material estéril, e taludes expostos sujeitos à erosão.

Quando se compara a produtividade brasileira com as operações dos países líderes em tecnologia cerâmica, como Itália e Espanha, os padrões da mineração internacional relativizam com o desempenho produtivo da mineração nacional. Não há diferenças substantivas em termos de supremacia produtiva. O diferencial positivo

para a mineração européia está no conhecimento dimensional da jazida, na qualificação das reservas e nos cuidados no planejamento e controle técnico das operações de lavra. Como consequência, há também nesses países uma maior atenção com a qualidade das matérias-primas, na qual homogeneidade e constância das especificações das argilas constituem propriedades fundamentais para os ganhos de produtividade da manufatura cerâmica.

#### 4. Desafios para o Aprimoramento do Suprimento Mineral

Apesar dos recentes avanços da indústria cerâmica nacional, envolvendo uma série de iniciativas importantes, como melhoria dos processos industriais, maior controle e padronização dos produtos, e a sua capacitação técnica e gerencial, uma demanda importante refere-se às soluções tecnológicas e gerenciais para o aprimoramento do sistema de suprimento de matérias-primas minerais.

Os problemas mais comuns dos ceramistas abrangem a falta de qualidade e constância de propriedades das argilas, o que implica queda de produtividade e da padronização dos produtos comercializados, a dificuldade de regularização das lavras, e, em certas regiões, a própria escassez de reservas de argila.

Prevalecendo a tendência do modelo atual de suprimento mineral, no qual a produção é dominada pelos ceramistas, de forma individual ou cooperativada, com o ingresso crescente de pequenos mineradores especializados, uma iniciativa fundamental é o reconhecimento por parte do setor produtivo da necessidade de profissionalização e aprimoramento tecnológico e gerencial da produção de argila.

A atualização das minerações com maior defasagem tecnológica passa por investimentos na pesquisa geológica dos depósitos, no planejamento e desenvolvimento das lavras, e na caracterização e controle da qualidade das matérias-primas. Acrescenta-se, que as bases do conhecimento necessário ao aprimoramento tecnológico são de amplo domínio da comunidade profissional e dos centros de pesquisa e universidades, e vêm sendo sistematicamente incorporadas pelas maiores e mais estruturadas empresas de mineração do país.

Um salto tecnológico importante para modernização do elo mineral poderá ser impulsionado a partir de três desenvolvimentos: **implantação de mineradoras comuns, centrais de massa e laboratórios de caracterização tecnológica** (CABRAL JUNIOR, 2008). A viabilização dessas estruturas produtivas e laboratoriais pode se tornar um referencial para práticas cooperativadas, visto que os investimentos elevados e o próprio modelo de implantação pressupõem operações consorciadas.

A mineradora comum é uma alternativa para solucionar a produção em maior escala de matéria-prima, com melhor controle de qualidade, e facilitar a regularização das jazidas. Podendo ser gerida por cooperativa de mineradores e ceramistas, uma condução da mineração em melhores bases profissional e tecnológica deve propiciar ganhos econômicos (melhor aproveitamento das jazidas, menores custos de produção e diminuição de perdas no processo cerâmico) e ambientais (minimização de impactos pelo maior controle das operações de lavra e beneficiamento, e diminuição da proliferação caótica de cavas). A regularização dos empreendimentos é facilitada pela diminuição de minas e pela partilha dos custos envolvidos. Corroborando com essa prática, o DNPM, órgão público federal responsável pela gestão e concessão dos direitos minerários, tem privilegiado os agrupamentos empresariais institucionalmente organizados no processo de regularização da mineração, o que, da mesma maneira, deveria ser seguido pelos órgãos estaduais que participam do licenciamento ambiental. Entre as experiências pioneiras na produção consorciada de matéria-prima, há uma mineradora comum na região de Cuiabá (MT), organizada por uma cooperativa que conta com cerca de 20 ceramistas. No Estado de São Paulo, projetos similares estão se iniciando nos APLs de Socorro e Oeste Paulista.

As centrais de massa correspondem a um *up grade* na estrutura de produção de matérias-primas. Enquanto as mineradoras ofertam simplesmente diferentes tipos de argilas, as centrais avançam nas etapas de preparação de

misturas balanceadas para os diferentes processos e produtos cerâmicos. Entre os benefícios estão a melhoria e maior controle da qualidade das matérias-primas e a possibilidade de simplificação e especialização das plantas industriais das cerâmicas, visto que algumas das etapas de preparação de massa, que tradicionalmente são feitas dentro das próprias cerâmicas, passariam a ser assumidas pelas centrais. Essas unidades podem estar acopladas à mineração ou constituírem empreendimentos isolados que processam matérias-primas de diferentes minas. Desse modo, podem se consolidar como elo especializado dentro das aglomerações mínero-cerâmicas.

Para o abastecimento das unidades de cerâmica vermelha, em função do tipo de matéria-prima processada e massa consumida (massa simples – constituída apenas por diferentes tipos de argilas mais ou menos plásticas), a central deverá compreender um conjunto de operações englobando estocagem, sazonalidade, cominuição, homogeneização, mistura de diferentes tipos de argilas (composição de massas) e formação de lotes de matérias-primas. Os produtos a serem comercializados abrangeriam argilas beneficiadas (cominuídas e homogeneizadas) e misturas dosadas prontas para o consumo, com a composição específica para cada tipo de produto (telhas, blocos, tubos, etc.), ambas acondicionadas em lotes com propriedades controladas. Projeto conceitual, elaborado para os APLs de Tambaú e Vargem Grande do Sul na região centro-leste do Estado de São Paulo, estimou valores de investimentos entre 7,4 e 10,8 milhões, respectivamente para a capacidade mínima de 450.000 t/ano e máxima de 1.350.000 t/ano de massa cerâmica processada (CABRAL JUNIOR et al., 2009a).

Os laboratórios idealizados devem operar como uma infraestrutura de suporte ao sistema produtivo de matérias-primas minerais (mineração e central de massa) e às manufaturas cerâmicas, caracterizando, essencialmente, propriedades (físico-químicas e tecnológicas) das argilas, massas e produtos cerâmicos. Alguns dos APLs já contam com laboratórios, como Itu e Tatuí no Estado de São Paulo, sendo uma demanda comum de outras aglomerações do país. No entanto, esses já instalados se atêm apenas a caracterizações corriqueiras. Além dos ensaios de rotina, um desafio que deve ser incentivado é o desenvolvimento de inovações, como testes de novas matérias-primas e formulações de massas diferenciadas, visando à melhoria da qualidade dos produtos e à fabricação de novas cerâmicas de maior valor agregado. Para tanto, já se conta com inúmeros centros de pesquisa, unidades de formação e treinamento profissional e universidades, que reúnem capacitação científica e tecnológica em toda a cadeia produtiva mínero-cerâmica. A composição de parcerias entre essas instituições e os agentes locais na elaboração e execução de projetos de inovação (incluindo suporte financeiro de agências de fomento), criaria condições para o aprimoramento tecnológico e competitivo dos APLs, tanto por poder resultar em desenvolvimentos e ganhos econômicos, como pela valorização das iniciativas coletivas e o fortalecimento dos laços institucionais.

A exaustão das jazidas de mais fácil acesso, as crescentes restrições ambientais e o acirramento da competição com outras formas de uso e ocupação do solo tendem, cada vez mais, a cercear a disponibilidade de reservas. Uma das conseqüências desses entraves é a necessidade de investimentos crescentes em exploração mineral para identificação e desenvolvimento de novos depósitos. Uma forma de superar as limitações das pequenas minerações em trabalhos prospectivos e na qualificação de jazidas é a possibilidade das empresas comporem parcerias com centros de pesquisas e universidades. Dependendo do tipo de demanda, como carência generalizada de matéria-prima em APLs e trabalhos com instituições coletivas empresariais, os investimentos podem contar com o auxílio financeiro governamental.

Se por um lado há o imperativo do empenho do setor empresarial para sua modernização, cabe também às instâncias governamentais buscar a adequação da legislação mineral e ambiental às peculiaridades da mineração de argila, como também da pequena mineração como um todo no país.

É interessante observar que até 1967, a mineração de argila para cerâmica vermelha não era obrigada a atender os dispositivos do antigo Código de Minas, passando, a partir desta data, a se submeter a todas as

exigências, deveres e obrigações contidas no Código de Mineração, inclusive quanto à necessidade de prévio licenciamento ambiental, plano de recuperação de áreas degradadas, cumprimento das Normas Regulamentadoras da Mineração – NRM e recolhimento da CFEM (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais).

Deve-se reconhecer, no entanto, que as NRM, embora tecnicamente precisas, pecam pela universalidade de sua aplicação, ao não considerar aspectos importantes da mineração brasileira, pois equiparam todos os empreendimentos sem levar em consideração, a diversidade de regimes de aproveitamento, o porte, o prazo, a substância minerada e sua aplicação, e o contexto geológico, ambiental e socioeconômico onde se insere o depósito mineral. Argileiras de pequeno porte, que abastecem pequenos empreendimentos cerâmicos, são equiparadas, por exemplo, a grandes unidades de produção de argila abastecendo mercados consolidados de cerâmica de revestimento e a quaisquer outras minerações de substâncias minerais diversas.

Para atendimento da legislação minerária as argilas para cerâmica vermelha são tratadas isonomicamente como todas as demais substâncias minerais, mas na legislação ambiental, que estabelece condições para o licenciamento ambiental, são tratadas de forma não isonômica, pois enquanto argilas, areias, cascalhos e saibros são classificadas como “mineração de interesse social”, sofrendo restrições quanto à possibilidade de interferência em Áreas de Preservação Permanente - APP, as demais substâncias são tratadas como “mineração de utilidade pública”, podendo interferir nas APPs.

A situação é bastante complexa e seguramente depende de decisões de caráter político, que consolidem a mineração de argila como base fundamental para a cadeia produtiva da construção civil, favorecendo a sua implantação, manutenção e expansões, por meio de legislação específica, evitando eventuais desabastecimentos locais ou regionais. Evidentemente, deve-se também assegurar que o desenvolvimento das atividades de mineração se sustente em técnicas mais aprimoradas, minimizando os impactos ambientais.

Quando se leva em consideração que a sustentabilidade dos pólos mínero-cerâmicos depende da disponibilidade dos seus insumos minerais, outra ação fundamental diz respeito ao poder público local (prefeituras ou consórcios municipais), referente à execução do ordenamento territorial geomineiro, de tal maneira a compatibilizar o desenvolvimento da atividade mineral com outras vocações econômicas locais e com a preservação ambiental. Isto pode ser obtido, à medida que se execute um planejamento adequado, lastreado pela integração de conhecimentos abrangendo o meio físico, biótico e das vocações naturais da região, e que pode ser institucionalizado nos planos diretores municipais ou por meio de legislação específica em instrumentos como o zoneamento minerário e plano diretor de mineração (CABRAL JUNIOR et al., 2003; SINTONI, 2007).

## **5. Considerações Finais**

A indústria de cerâmica vermelha tem um papel fundamental como fornecedora de insumos para a construção civil. Por sua vez, este setor vem apresentando nos últimos anos um ritmo intenso de crescimento, sendo impulsionado pelos incentivos governamentais em programas de habitação.

A expectativa de continuidade do crescimento sustentado da construção civil estabelece uma forte pressão para o aprimoramento competitivo da indústria cerâmica nacional, e que se reflete diretamente na base da cadeia produtiva, envolvendo a produção de matérias-primas minerais.

No entanto, para que ocorra um avanço significativo no patamar competitivo, o setor mínero-cerâmico nacional deverá superar desafios importantes que implicarão investimentos para aperfeiçoamento tecnológico e gerencial por parte do segmento produtivo, e correspondentes ações governamentais de fomento, por meio de seu aparato institucional de suporte empresarial, pesquisa e inovação, formação profissional e apoio creditício, bem como uma forte disposição para a adequação da legislação à realidade da pequena mineração brasileira.

É nesse cenário que se descortinam grandes oportunidades para revitalização do setor mínero-cerâmico. Para as cerâmicas, há excelente perspectiva de expansão da produção, com ganhos de produtividade, diversificação e produtos de maior valor agregado. Quanto ao sistema de suprimento mineral, têm-se condições favoráveis para a especialização e o fortalecimento do elo mineral, com a consolidação, ao menos nos arranjos produtivos mais evoluídos, de um mercado produtor qualificado e gerencialmente individualizado da indústria cerâmica consumidora.

## Referências

- ANUÁRIO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 2002. DUAILIBI Fh, J., OZIEL de CARVALHO, O., Cerâmica Vermelha. In. Panoramas Setoriais, ABC, 74 - 78, 2002.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 2006. Cerâmica Vermelha. In. Panoramas Setoriais, ABC, 2006.
- CABRAL JUNIOR, M.; OBATA, O. R.; SINTONI, A. **Diretrizes para Gestão Municipal**. In: TANNO, L. C.; SINTONI, A. (Org.). Mineração e município: bases para planejamento e gestão dos recursos minerais. São Paulo: IPT, 2003. p.37-58.
- CABRAL JUNIOR, M. **Caracterização dos Arranjos Produtivos Locais (APLs) de Base Mineral no Estado de São Paulo: Subsídios à Mineração Paulista**. 2008. 281f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas, 2008.
- CABRAL JUNIOR, M.; CRUZ, T. T.; TANNO, L. C. Central de Massa: uma alternativa para o aprimoramento do suprimento de matéria-prima à indústria de cerâmica vermelha. **Cerâmica Industrial**, v. 14, n.5/6, 2009a. p. 11-19.
- CABRAL JUNIOR, M.; MOTTA, J. F. M.; ALMEIDA, A. dos S.; TANNO, L. C. **Argilas para Cerâmica Vermelha**. In: Luz, A. B.; Freitas; Lins, F. A. F.. (Org.). Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009b, v. 1, p. 747-770.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. – DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro, 2006**. Brasília. Disponível em: <<http://dnpm.gov.br/amb>. Acesso em 25 de jul. 2009.
- INSTITUTO META. **Identificação, caracterização e classificação de arranjos produtivos de base mineral e de demanda mineral significativa no Brasil**. Brasília: MCT, 2002. 5v.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA – IGME. Disponível em <http://www.igme.es>. Acesso em 25 de jul. 2009.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. **Análise Setorial de Mercado: Setor Cerâmico**. São Paulo: FIESP - DECOMTEC – Departamento de Competitividade e Tecnologia, 55 p. 2009.
- MOTTA, J.F.M.; ZANARDO, A.; CABRAL JR., M.; TANNO, L. C. e CUCHIERATO, G. As matérias-primas plásticas para a cerâmica tradicional: argilas e caulins. **Cerâmica Industrial**, vol.9, n.2, p.33-46. 2004.
- PESQUISA INDUSTRIAL, 2008. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IGGE, V. 27, No 1, 2008.**
- SCHWOB, M.R.V. et alii. *Applied Energy*, volume 86, Sept., 2009. p.1524-31.
- SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL – SGM. **Anuário Estatístico: Setor de Transformação de Não-Metálicos, 2008**. MME, Brasília, 2008.
- SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO – SINDUSCON – SP. **Informações gerais na homepage**. Disponível em <http://www.sindusconsp.com.br>. Acesso em 05 de dez. 2009.
- SINTONI, A. Ordenamento territorial da mineração de agregados. **Areia & Brita**, São Paulo, p. 26-30, out./nov./dez. 2007.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. **Mineral Yearbook, 2007**. Disponível em <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/clays/>. Acesso em 25 de jul. 2009.
- SUZIGAN. W. (Coord.). **Identificação, mapeamento e caracterização estrutural de arranjos produtivos locais no Brasil**. Brasília: IPEA/DISET, 2006. 56 p. (Relatório Consolidado).