

## Avaliação da Disponibilidade de Matérias-primas para as Indústrias de Cerâmica Vermelha da Região do Médio-baixo Rio Tietê, Estado de São Paulo

**Luiz Carlos Tanno<sup>a\*</sup>, Marsis Cabral Junior<sup>a</sup>, Carlos Tadeu de Carvalho Gamba<sup>a</sup>,**

**Daniel Seabra Nogueira Alves Albarelli<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>*Seção de Recursos Minerais e Tecnologia Cerâmica, Centro de Tecnologia de Obras de Infraestrutura, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532, Cidade Universitária, São Paulo, SP, Brasil*

*\*e-mail: tanno@ipt.br*

**Resumo:** O trabalho buscou identificar alternativas, técnica e institucionalmente articuladas, para a melhoria e garantia do sistema de suprimento mineral para as indústrias de cerâmica vermelha situadas na região do médio-baixo vale do rio Tietê, e que poderão embasar políticas públicas relativas ao aprimoramento competitivo do setor mínero-cerâmico paulista. As atividades desenvolvidas mostraram a relativa expressão do parque cerâmico instalado na região, que se encontra concentrado em duas aglomerações produtivas englobando os entornos dos municípios de Barra Bonita e Penápolis. São cerca de 170 estabelecimentos cerâmicos, responsáveis por uma demanda anual de matéria-prima mineral da ordem de um milhão de m<sup>3</sup>. Um dos principais desafios para o desenvolvimento dessa indústria decorre da indefinição quanto à garantia de suprimento de matéria-prima, o que foi acentuado pelo enchimento dos sucessivos reservatórios construídos ao longo do rio Tietê e que provocou a inundação de parcela importante das áreas tradicionalmente lavradas para a produção de argilas utilizadas em seu parque cerâmico. Os resultados dos estudos prospectivos, buscando-se novas fontes de matérias-primas, indicaram um prognóstico positivo sobre o potencial geológico de suprimento mineral para o parque cerâmico do vale do rio Tietê. Enquanto os depósitos de argila de várzea tradicionalmente explotados tendem ser mais escassos, irregulares e com reservas limitadas, nas áreas de influência das duas aglomerações cerâmicas há expressivos depósitos de argilas formacionais com reservas capazes de suprir a demanda atual, ou mesmo a ampliação da capacidade produtiva das unidades fabris. 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.

**Palavras-chave:** *matéria-prima, cerâmica vermelha, argila, mineração.*

### 1. Introdução

Como acontece também em outros aglomerados mínero-cerâmicos paulistas, apesar dos recentes avanços do setor produtivo, envolvendo uma série de iniciativas importantes, como melhoria dos processos industriais, maior controle e padronização dos produtos, e incremento da 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.

No caso específico da região do Médio-Baixo Tietê, a vulnerabilidade dessa indústria é agravada pela indefinição quanto à garantia de suprimento de matéria-prima, o que foi acentuado pelo enchimento dos sucessivos reservatórios construídos ao longo do rio Tietê e que provocou a inundação de parcela importante das áreas tradicionalmente lavradas para a produção de argilas ao seu parque cerâmico.

Este trabalho buscou identificar alternativas, técnica e institucionalmente articuladas, para a melhoria do sistema de suprimento mineral para o setor cerâmico, e que poderão embasar políticas públicas relativas ao aprimoramento competitivo do setor mínero-cerâmico paulista.

### 2. O Segmento Cerâmico na Região do Médio-Baixo Tietê

A área em foco localiza-se na região centro-oeste do Estado de São Paulo, abrangendo parcialmente nove Regiões de Governo (RG), tendo como eixo central o rio Tietê, no trecho entre Barra Bonita e

Araçatuba (Figura 1). Nessa região destacam-se as RG de Araçatuba, São José do Rio Preto, Bauru e Jaú como as que apresentam atividades relacionadas à indústria de cerâmica vermelha.

A atividade cerâmica na região surgiu no final do século 19, quando várias olarias instalaram-se ao longo das margens do rio Tietê por causa da ocorrência de expressivos depósitos de argila. A partir dos anos de 1940/50 a indústria passa por um processo de mecanização, que se intensifica nos anos 60 e 70, com a incorporação de técnicas de queima e de novos equipamentos.

O cenário de produção nessa região só foi modificado a partir da construção das usinas hidrelétricas, iniciada na década de 1960, que propiciou o crescimento econômico da região. No entanto, os sucessivos reservatórios instalados geraram transformações profundas no meio físico, ocasionando, por vezes, conflitos entre as diversas formas de uso do solo e restringindo sobremaneira as fontes de suprimento de matérias-primas para a indústria cerâmica regional.

O enchimento dos reservatórios ao longo do rio Tietê e tributários provocou o alagamento de grande parte das planícies aluvionares na região, dificultando o acesso às áreas tradicionalmente de extração de argila e, conseqüentemente, afetando o abastecimento de matérias-primas às cerâmicas locais. Este fato obrigou muitas indústrias cerâmicas a buscar suprimento em regiões cada vez mais distantes de suas instalações fabris, correndo o risco de comprometimento da economicidade dos empreendimentos. Atualmente, existem cinco usinas hidrelétricas instaladas nesse trecho: Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos, que formam uma área alagada superior a 1,9 milhões km<sup>2</sup>,

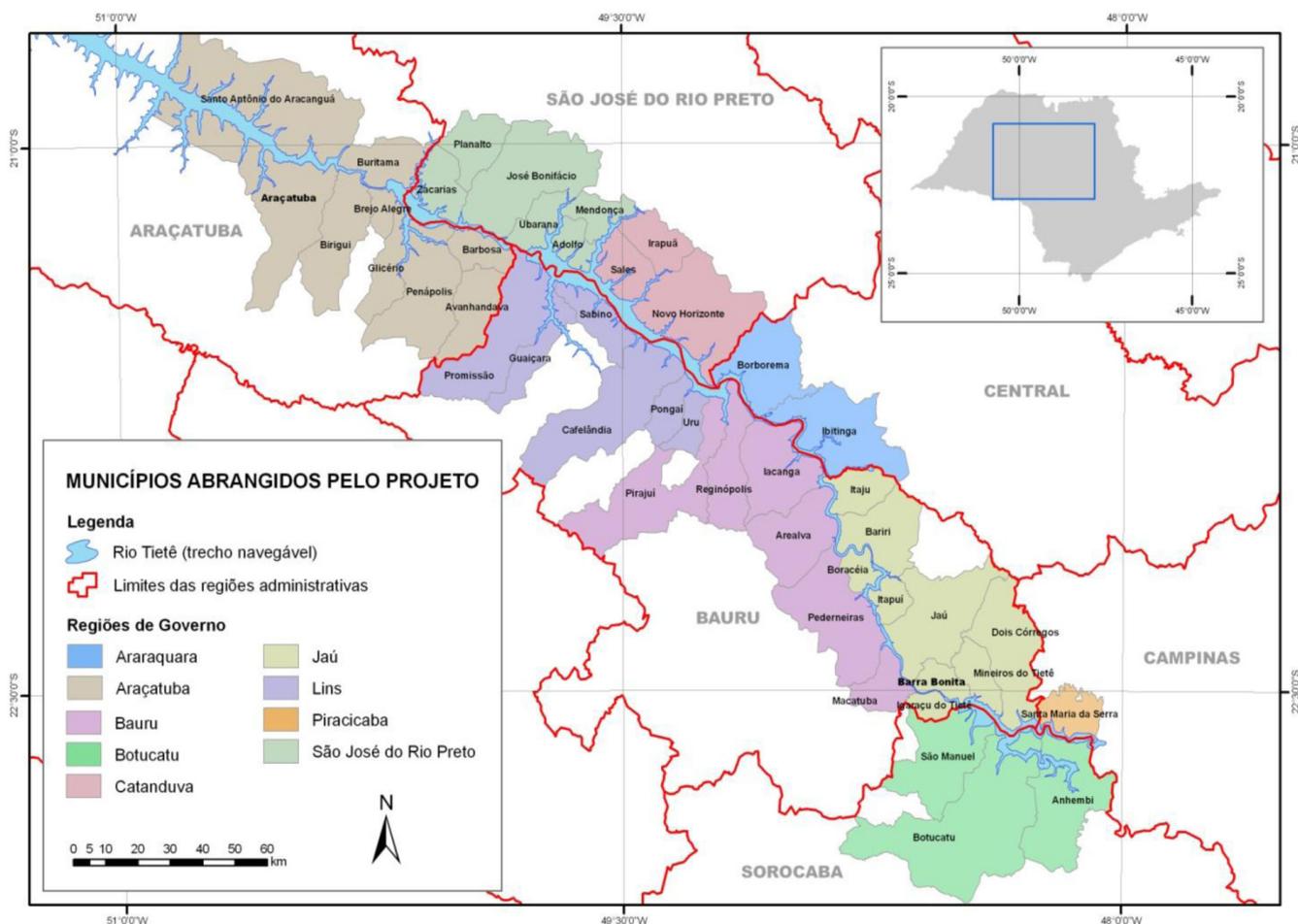


Figura 1. Localização da área de estudo: em destaque os municípios limítrofes à calha do rio Tietê.

com destaque para as usinas de Promissão e Três Irmãos, que juntas têm área inundada superior a 1,2 milhões de km<sup>2</sup>.

Na região de estudo, que abrange 42 municípios limítrofes à calha do rio Tietê, estão licenciados pela Cetesb (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) cerca de 170 empreendimentos cerâmicos, envolvendo cerâmicas e olarias, e 110 minerações, compreendendo principalmente areia, argila e brita (Figura 2).

Com base nessas informações e nos contatos com as entidades do setor cerâmico, é possível estabelecer dois aglomerados cerâmicos principais: um na região de Penápolis, com cerca de 120 empreendimentos e outro na região de Barra Bonita, com aproximadamente 40 unidades fabris, distantes entre si em cerca de 150 km (Figura 3).

### 2.1. Aglomerado produtivo da região de Penápolis

O aglomerado da região de Penápolis abrange diversos municípios com atividades cerâmicas, destacando: Barbosa, Penápolis, Araçatuba, Glicério e Ubarana.

Pelos cadastros da Cetesb (novembro/2012)<sup>1</sup> existem nessa região em torno de 120 empresas licenciadas. Contudo, em visita realizada pela equipe técnica à região observou-se que vários empreendimentos estavam paralisados ou operando esporadicamente. Desse total de empresas, 16 estão vinculadas ao Sindicato das Indústrias de Cerâmica para Construção Civil de Penápolis – Sinceplis.

Esse aglomerado é constituído por empreendimentos de pequeno a médio porte representados por cerâmicas e olarias. Nas cerâmicas predominam o forno do tipo abóboda, com queima à lenha e secagem

do material feita ao ar livre ou com ventiladores, ou em alguns casos em estufa, e os principais produtos fabricados são blocos cerâmicos, telhas e lajes.

As olarias constituem empreendimentos mais simples, pouco mecanizados, e muitas vezes não dispõem de equipamentos para a preparação e extrusão da massa cerâmica, e os fornos são, na sua maioria, do tipo caieira ou caipira. A maioria dessas indústrias é formada por empreendimentos de micro a pequeno porte, predominantemente familiar, e os produtos fabricados são tijolos maciços.

Com base no cadastro da Cetesb e em dados fornecidos pelo Sinceplis e pelo segmento oleiro, e considerando uma média mensal de 300 milheiros de peças por empresa, estima-se que a produção do aglomerado situa-se em torno de 450.000 milheiros de peças/ano. A Tabela 1 apresenta uma síntese de algumas características do sistema de suprimento mineral do aglomerado de Penápolis.

As matérias-primas consumidas na região são constituídas quase que exclusivamente de argilas plásticas orgânicas (várzea) provenientes de depósitos aluvionares associados ao vale do rio Tietê e de seus afluentes maiores e de lagos de idade quaternária que ocorrem na região. No caso das argilas de várzea consumidas, parte corresponde aos estoques formados há mais de 20 anos, quando a CESP (Companhia Energética de São Paulo) custeou a retirada de material argiloso de parte dos depósitos que seriam submersos para a formação dos reservatórios das usinas hidrelétricas. Esses estoques estão quase que totalmente exauridos.

O consumo anual de matéria-prima dessas indústrias é de aproximadamente 690.000 m<sup>3</sup>. No caso das cerâmicas, o consumo é





**Tabela 2.** Perfil do suprimento mineral da região de Barra Bonita.

NÚMERO DE CERÂMICAS	PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL		PRODUÇÃO TOTAL 2010	
	Milheiros de peças/ cerâmica		Milheiros de peças	
40	400		192.000	
TIPOS DE PRODUTOS	CONSUMO TOTAL DE ARGILA (mensal) (m <sup>3</sup> ) - 2010		MISTURAS PADRÃO	
			Produto 1	Produto 2
Telhas, Blocos e Lajes	300.000		Telha: argila de várzea (80%) taguá (20%)	Blocos e Lajes: argila de várzea (80%) taguá (20%)
SUPRIMENTO				
DISTÂNCIAS DE TRANSPORTE Km		PREÇOS PRATICADOS (FOB) – R\$/m <sup>3</sup>	PREÇO DE FRETE (Valores médios) – R\$/m <sup>3</sup>	Consumo Anual de Argila Valor (CIF) – R\$
ARGILA DE VÁRZEA	5	20,00	20,00	12.000.000,00
TAGUÁ	150	18,00	25,00	
PROBLEMAS IDENTIFICADOS				

1 – Instabilidade do suprimento mineral: carência de jazidas nas proximidades, dificuldade na regularização dos empreendimentos, deficiências no conhecimento geológico das jazidas e na tecnologia de lavra; falta de padronização das matérias-primas.

2 – Fragilidade da governança local: rivalidade acirrada entre os ceramistas e dificuldade de práticas cooperadas.

Obs. estimativa do consumo de argila considerando a relação média de 1.000 peças / 1,53 m<sup>3</sup> de argila ou 2,3 toneladas (peso específico de 1,5 da argila sobre o caminhão).

de natureza pelítica. Essas rochas são compostas de diferentes tipos de argilominerais, com predominância da caulinita e illita, e quantidade apreciável de óxido de ferro. As principais fontes de abastecimento localizam-se na região de Laranjal Paulista, distantes mais de 150 km de Barra Bonita.

Os preços praticados na comercialização das argilas na região situam-se na faixa de R\$ 20,00/m<sup>3</sup> (FOB mina), com o custo de frete podendo dobrar o preço final desse insumo mineral.

### 3. Potencial Geológico para o Suprimento de Matérias-primas na Região

Nos trabalhos prospectivos para a seleção de áreas potenciais e identificação de depósitos de argila foram consideradas as seguintes tipologias de depósitos:

- Depósitos aluvionares - argila em planícies aluviais atuais - várzeas e terraços, e depressões lacustres;
- Depósitos de argila formacionais associados ao relevo colinoso.

Os depósitos aluvionares (várzea e lagos) reconhecidos correspondem a uma série de ocorrências associadas aos tributários do rio Tietê e a pequenas bacias lacustres, estas últimas distribuídas essencialmente na região de Penápolis.

De forma geral, constituem depósitos lenticulares de pequenas dimensões (ordem de dezenas a centenas de milhares de toneladas), compostos de argilas caulínicas com elevada umidade e alta plasticidade. Correspondem aos depósitos preferencialmente lavrados pelos ceramistas, pois, em função das características cerâmicas de suas argilas, constituem matérias-primas que facilitam os processos de fabricação de produtos extrudados, com equipamentos convencionais e relativamente de pequena potência, possibilitando também a fabricação de peças em processos mais rudimentares (caso das olarias).

Não obstante, em função do porte, as reservas individuais dessas jazidas atendem de forma satisfatória apenas um pequeno número de estabelecimentos, o que implica invariavelmente na lavra simultânea de um conjunto de depósitos para suprir a demanda das aglomerações industriais do vale do rio Tietê.

A segunda modalidade de depósitos identificados diz respeito aos pacotes de rochas argilosas das bacias sedimentares do Paraná e Bauru.

Considerando a localização do aglomerado cerâmico de Barra Bonita, a ocorrência de sedimentos argilosos mais próximos e com potencial geológico para abrigar depósitos de matérias-primas cerâmicas está relacionada aos afloramentos da Formação Teresina, situados no município de Anhembi. Nesta região, essa unidade apresenta uma área expressiva de exposição, que abriga seqüências sedimentares métricas compostas essencialmente de rochas síltico-argilosas, com intercalações de arenitos muito finos e, subordinadamente, leitos carbonáticos, sugerindo excelentes perspectivas para o seu aproveitamento como fonte de matérias-primas cerâmicas.

Segundo ensaios laboratoriais (Tabela 3) os característicos cerâmicos determinados, como os índices de absorção de água e resistência mecânica, indicaram o potencial de uso dessas argilas para todos os produtos tradicionais de cerâmica vermelha, como tijolos maciços, blocos, telhas, lajes e elementos vazados. O mesmo foi verificado para as cores de queima, com as amostras apresentando padrões de tonalidades avermelhadas típicas para fins estruturais. Além dessas possibilidades de aplicações, duas amostras ensaiadas em patamar de queima mais elevado (1.050°C) apresentaram propriedades compatíveis para a composição de massas para a fabricação de ladrilhos de pisos vermelhos.

Além dessas propriedades cerâmicas das rochas argilosas da Formação Teresina, somam-se outros atributos geológicos relevantes que são indicativos da elevada favorabilidade para o aproveitamento econômico dessa unidade, como as espessuras relativamente elevadas das seqüências sedimentares aflorantes, que podem superar 20 m, e a sua área expressiva de exposição no município de Anhembi, onde aflora em uma faixa de cerca de 60 km<sup>2</sup> de extensão.

Em função da estrutura produtiva e das misturas de argila empregadas pelas indústrias de Barra Bonita, essa matéria-prima poderá servir como um componente complementar das massas cerâmicas, necessitando de um período de sazonalidade para incrementar a sua trabalhabilidade. Para as camadas de rochas argilosas menos alteradas, mais rijas (taguá duro), o processo de cominuição deverá valer-se de equipamentos adicionais, como destorroador e desintegrador, e, em casos de rochas mais duras, haverá a necessidade de se acoplar um equipamento de moagem (p.ex. moinho de martelo).

**Tabela 3.** Resultados dos ensaios cerâmicos das rochas argilosas da Formação Teresina\*\*\*\*.

Amostra	T °C	AA (%)	PA (%)	TRF (kgf/cm <sup>2</sup> )	CLS (%)	CLQ (%)	PF (%)	MEA (g/cm <sup>3</sup> )	LP (%)	COR
S-01-B	110			108	7,0				29,7	bege
	800	16,2	29,3	166		0	4,7	1,81		vermelho
	850	15,5	28,4	256		0,2	5,6	1,83		vermelho
	900	15,3	28,2	258		0,4	5,7	1,84		vermelho
	950	15,1	28,0	267		1,1	5,8	1,85		vermelho
S-06	110			62	6,8				29,0	cinza claro
	800	17,2	30,7	130		1,1	3,8	1,78		marrom claro
	850	14,5	26,8	255		1,3	4,8	1,85		marrom claro
	900	14,2	26,4	283		2,6	4,9	1,88		laranja
	950	11,4	22,4	318		4,5	5,0	1,98		laranja
AN-46	110			105	6,8				26,5	marrom
	800	16,2	29,2	171		0,4	4,4	1,80		laranja
	850	13,9	25,4	210		0,6	0,8	1,83		laranja
	900	13,6	25,1	228		1,1	0,9	1,85		laranja
	950	13,2	24,5	234		1,3	1,0	1,86		laranja
	1050	6,5	13,6	329		4,5	1,1	2,10		vermelho
AN-48	110			69	5,4				30,9	marrom claro
	800	18,3	31,5	110		0,6	6,1	1,72		laranja
	850	16,4	29,2	229		2,5	11,4	1,79		laranja
	900	14,6	26,7	243		3,0	11,6	1,84		laranja
	950	10,4	20,6	281		4,9	11,8	1,97		laranja
	1050	0,3	0,7	422		10,8	12,3	2,43		vermelho

\*\*\*\*Obs. Os horizontes de rochas amostrados variam de 2 a 4 m de espessura. Siglas empregadas: T – temperatura de queima, AA – absorção de água, PA – porosidade aparente, TRF – tensão de ruptura à flexão, CLS – contração linear a seco, CLQ – contração linear de queima, CLT – contração linear total, PF – perda ao fogo, MEA – massa específica aparente, LP – limite de plasticidade.

Fator inconveniente para o suprimento a partir desses depósitos de taguás é a distância relativamente elevada, entre 60 e 90 km do centro cerâmico de Barra Bonita. No entanto, trata-se da mais próxima concentração de depósitos de argila, de porte médio a grande, suficientes para sustentar a demanda de matérias-primas de Barra Bonita e região por dezenas de anos. Além disso, há um ganho considerável em relação ao suprimento atual de taguá efetuado a partir de minas localizadas a distâncias superiores a 120 km na região de Laranjal Paulista e Conchas.

Na região de Anhembi, a faixa de afloramentos da Formação Teresina situa-se nas adjacências do rio Tietê. Para minimizar o custo do frete, uma alternativa de logística a ser avaliada diz respeito ao transporte por meio de barcaças pela Hidrovia Tietê-Paraná.

Quanto ao suprimento mineral da aglomeração cerâmica da região de Penápolis, o prospecto geológico de maior interesse refere-se à faixa de afloramentos da Formação Araçatuba. Trata-se de uma sequência sedimentar com cerca de 30 m de espessura média, constituída por camadas métricas de siltitos e lamitos, com intercalações de arenitos muito finos. As melhores exposições das rochas siltosas ocorrem nos vales dos rios Tietê e Aguapeí e nos baixos de seus afluentes. Seus principais afloramentos concentram-se nos municípios de Araçatuba, Barbosa, Buritama, Birigui, Avanhandava, Promissão, Zacarias e Ubarama.

Estudos anteriores efetuados pelo IPT<sup>2,3</sup> atestaram laboratorialmente o potencial para o aproveitamento cerâmico dos pacotes pelíticos dessa unidade (Tabela 4), bem como, levantamentos de campo, incluindo sondagens, indicaram a perspectiva de reservas expressivas de argila (dezenas de milhões de toneladas).

Como no caso das rochas argilosas da Formação Teresina, os siltitos da Formação Araçatuba possuem propriedades fundentes (pela presença de argilominerais do grupo das ilitas), contribuindo no processo de queima para a fabricação de produtos com maior

resistência mecânica e menor absorção de água. Ademais, a partir da formulação de massas cerâmicas com os taguás dessa unidade, há também a possibilidade da produção de peças de maior valor agregado, como pisos extrudados (*adoquim*), ou mesmo agregado leve.

Parcela considerável dos lagos quaternários situados na região de Penápolis tem como substrato geológico as rochas pelíticas pouco permeáveis da Formação Araçatuba. Em parte das minas localizadas nessas bacias lacustres, as cavas atuais ultrapassam em profundidade o horizonte de sedimentos quaternários (geralmente de espessura inferior a 2 m), sendo lavrados também os siltitos intemperizados da Formação Araçatuba.

Essa iniciativa do aproveitamento dos sedimentos da Formação Araçatuba pelos ceramistas é relativamente recente e corrobora na prática os estudos laboratoriais que indicaram a qualificação das rochas argilosas dessa unidade para a produção dos diversos produtos de cerâmica vermelha.

A Figura 4 apresenta a delimitação das principais áreas potenciais como fontes de matérias-primas ao parque cerâmico do vale do rio Tietê. É destacado o sítio dos sedimentos da Formação Teresina mais próximo ao aglomerado de Barra Bonita, a faixa de afloramentos da Formação Araçatuba e a zona de concentração de lagos nos entornos do aglomerado de Penápolis. As demais áreas aluvionares são muito restritas e não representáveis em escala regional.

Cabe acrescentar, que a avaliação favorável quanto ao potencial de suprimento mineral para o parque cerâmico do vale do rio Tietê deve ser considerado como indicativo e relativo a uma primeira fase investigativa da dotação dos terrenos geológicos da região para portar jazidas de argila de grandes dimensões. Serve, sobretudo, para apontar a perspectiva do abastecimento de matérias-primas minerais às cerâmicas dos aglomerados de Penápolis e Barra Bonita, a partir das rochas argilosas das formações Araçatuba e Teresina. Essas

**Tabela 4.** Resultados dos ensaios cerâmicos das rochas argilosas da Formação Araçatuba.

Amostra	T °C	AA (%)	PA (%)	TRF (kgf/cm <sup>2</sup> )	CLS (%)	CLQ (%)	PF (%)	MEA (g/cm <sup>3</sup> )	LP (%)	COR
Z-03	110			19	8,7				33,3	marrom
	800	14,5	27,4	212		1,5	2,9	1,88		verm. escuro
	850	9,3	19,4	145		3,9	4,5	2,09		verm. escuro
	900*	6,0	11,1	321		n.det.	5,8	1,90		verm. escuro
	950	2,3	5,1	338		7,8	5,7	2,25		verm. escuro
Z-34	110			47	7,5				23,7	marrom
	800	16,7	30,2	99		0,7	3,1	1,82		marrom
	850	16,4	31,8	131		2,6	4,4	1,94		vermelho
	900	12	24,3	150		5,2	4,9	2,02		vermelho
	950	12,1	24,9	132		5,4	5,0	2,06		vermelho
Z-36	110			42	7,8				30,3	marrom
	800	18,9	33,5	131		1,5	2,9	1,78		vermelho
	850	14,8	28,8	257		3,4	4,9	1,99		vermelho
	900	10,4	21,3	238		6,0	5,4	2,05		vermelho
	950	9,9	20,5	241		6,5	6,4	2,07		vermelho
Z-46	110			58	6,4				29,9	marrom claro
	800	19,0	32,0	151		1,1	1,9	1,81		marrom
	850	16,4	30,6	201		1,7	2,3	1,86		marrom
	900	10,8	22,4	274		4,9	3,1	2,07		verm. claro
	950	10,5	21,9	281		5,1	3,3	2,08		verm. claro

unidades constituem uma alternativa de tipologia de jazidas muito mais robustas em relação aos depósitos quaternários (aluvionares e lacustres) tradicionalmente lavrados, os quais contam atualmente com reservas remanescentes relativamente escassas e espalhadas territorialmente.

A apreciação efetuada do potencial geológico para depósitos de argila pode também orientar a tomada de decisão do setor produtivo com respeito à seleção de áreas que deverão ser priorizadas para se iniciar o processo de legalização visando à implantação de futuras minas de argila.

No entanto, deve-se destacar que a caracterização dimensional dos depósitos (cubagem) e das propriedades das argilas deverá requerer, em fase subsequente de pesquisa, a implantação de malha sistemática de sondagens, estudos laboratoriais e testes em escala industrial para a adequação das matérias-primas argilosas e formulação de massas cerâmicas destinadas aos diversos produtos fabricados.

#### 4. Avaliação dos Resultados: Diretrizes para a Melhoria e Modernização do Sistema do Suprimento de Matérias-primas

Os estudos evidenciaram que um dos entraves ao aprimoramento competitivo das cerâmicas da região do médio Tietê refere-se às deficiências no sistema de suprimento mineral, que podem ser sintetizadas nas seguintes carências do setor empresarial:

- Falta de investimentos no conhecimento geológico das jazidas e das propriedades tecnológicas das argilas;
- Modelo de produção baseado em pequenas minas cativas de baixa produtividade, o que tem levado a disseminação de cavas e, muitas vezes, ao controle não satisfatório dos impactos ambientais;
- Dificuldade de legalização dos empreendimentos, o que faz com que haja produção informal de matéria-prima, tornando vulnerável a manutenção de parte do abastecimento das unidades industriais.

Os resultados dos estudos permitem estabelecer um prognóstico positivo sobre o potencial geológico de suprimento mineral para o

parque cerâmico do vale do rio Tietê. Enquanto os depósitos de argila de várzea tradicionalmente explorados tendem ser mais escassos, irregulares e com reservas limitadas, nas áreas de influência das duas aglomerações cerâmicas – Penápolis e Barra Bonita – há expressivos depósitos de argilas formacionais com reservas capazes de suprir a demanda atual, ou mesmo a ampliação da capacidade produtiva das unidades fabris. Ainda mais, as determinações laboratoriais indicam que a composição de massas cerâmicas com as argilas formacionais melhora o desempenho das peças, abrindo perspectivas para a diversificação e fabricação de peças cerâmicas de maior valor agregado.

Levando em conta essas características da dotação mineral, uma visão de futuro que busque a modernização da manufatura cerâmica e o aprimoramento do sistema de suprimento de matérias-primas para aglomerações do vale do rio Tietê deve considerar a intensificação do aproveitamento das reservas de argilas formacionais. Para tanto, um dos grandes desafios passa a ser o convencimento do setor empresarial no uso sistemático das argilas taguás em suas massas cerâmicas.

Como apontado por Cabral Junior et al.<sup>4</sup>, prevalecendo a tendência do modelo atual de suprimento mineral, no qual a produção é dominada pelos ceramistas, 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 de argila passa por investimentos na pesquisa geológica dos depósitos, no planejamento e desenvolvimento das lavras, e na caracterização e controle da qualidade das matérias-primas.

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<sup>5</sup>. 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

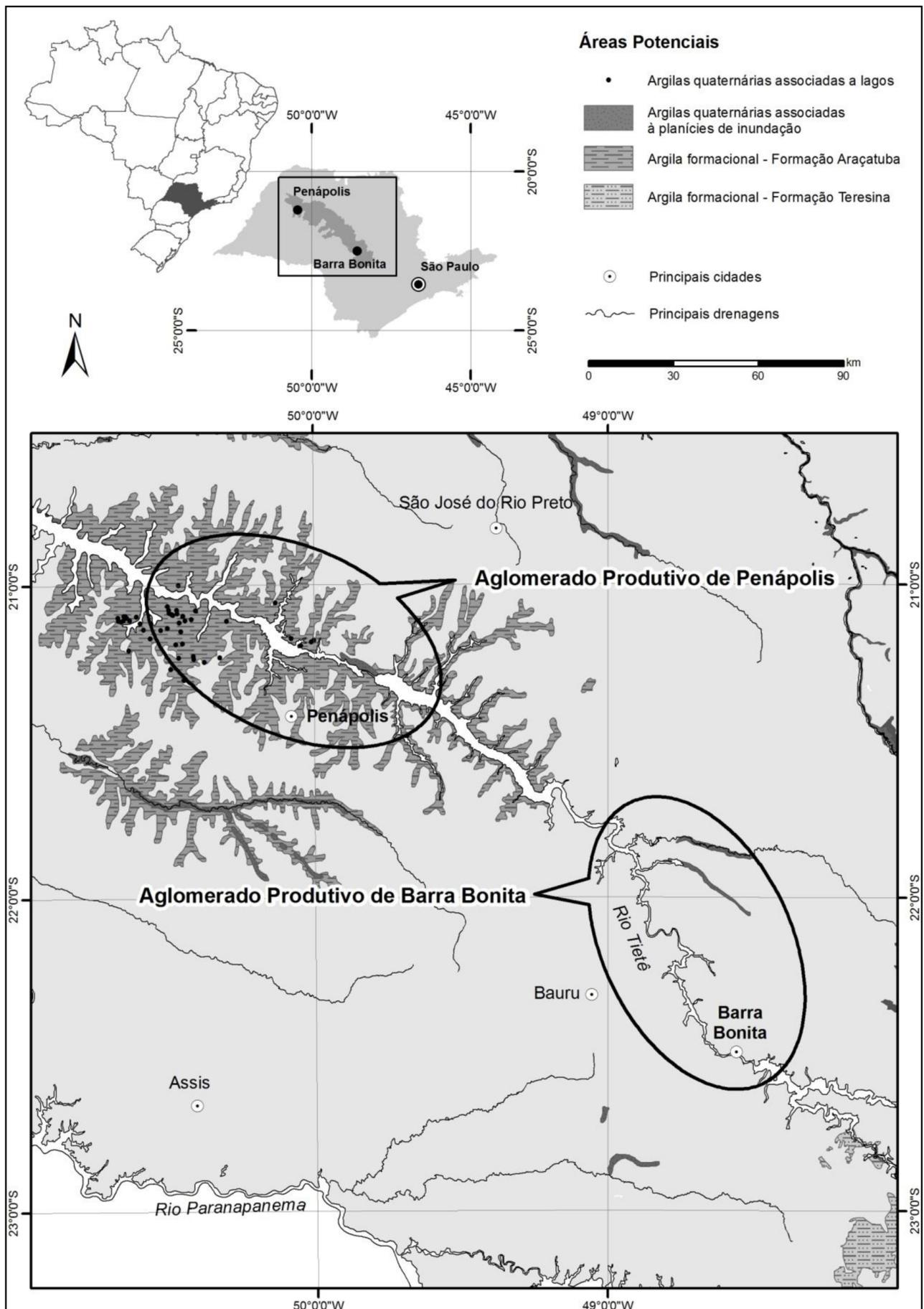


Figura 4. Localização das áreas potenciais de argila na região do Médio-Baixo Rio Tietê.

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.

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<sup>6</sup>.

Para o abastecimento das unidades de cerâmica vermelha, em função do tipo de matéria-prima processada e massa consumida, 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.

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.

Quando se leva em consideração que a sustentabilidade dos polos minero-cerâmicos depende da disponibilidade dos seus insumos minerais, outra ação fundamental diz respeito à promoção do ordenamento territorial geomineiro, de tal maneira a compatibilizar o desenvolvimento da atividade mineral com outras vocações econômicas locais e com a preservação ambiental.

## 5. Considerações Finais

Os trabalhos desenvolvidos no presente projeto permitiram fazer um diagnóstico sobre o segmento minero-cerâmico da região do Baixo-Médio Tietê quanto à disponibilidade de matérias-primas minerais para abastecimento do seu parque industrial.

Existem cerca de 170 estabelecimentos cerâmicos, incluindo olarias, responsáveis por um consumo anual de argila da ordem de um milhão de m<sup>3</sup>. O enchimento dos reservatórios ao longo do rio Tietê

e tributários provocou o alagamento de grande parte das planícies de inundação na região, dificultando sobremaneira o acesso às áreas tradicionalmente de extração de argila.

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. Essa escassez de matérias-primas obrigou muitas indústrias cerâmicas a buscar suprimento em regiões cada vez mais distantes de suas instalações fabris, correndo o risco de comprometimento da economicidade dos empreendimentos.

Os estudos prospectivos realizados na região revelaram um grande potencial geológico de suprimento mineral para o parque cerâmico do Vale do Rio Tietê a partir das rochas argilosas das formações Teresina e Araçatuba. Essas rochas constituem uma alternativa de tipologia de jazidas em relação aos depósitos quaternários (aluvionares e lacustres) tradicionalmente lavrados, os quais contam atualmente com reservas remanescentes relativamente escassas e espalhadas territorialmente.

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. Para o abastecimento das unidades cerâmicas, 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.

## Agradecimentos

Os autores são gratos à Secretaria de Energia do Governo do Estado de São Paulo, representada pelo seu Subsecretário de Mineração, José Fernando Bruno, pela liberação das informações do Relatório Técnico IPT n. 131 374-205, e, em especial, ao geólogo Osvaldo Obata, pela atenção e profícuas discussões técnicas no decorrer da elaboração do Relatório; e ao IPT pelo suporte para a elaboração desta publicação.

## Referências

1. COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Cadastro de empresas cerâmicas e de mineração – região do Médio-Baixo Tietê**. São Paulo: CETESB, 2012.
2. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Avaliação preliminar de argileiras na região do médio-baixo Tietê**. São Paulo: IPT, 1986. Rel. IPT nº 23924.
3. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Avaliação das potencialidades de argila para cerâmica vermelha nos entornos do rio Tietê na área do reservatório de Três Irmãos**. São Paulo: IPT, 1989. Rel. IPT nº 27 132, 2 v.
4. CABRAL JUNIOR, M. et al. A mineração de argila para cerâmica vermelha no Brasil. **Brasil Mineral**, v. 294, p. 46-57, 2010.
5. CABRAL JUNIOR, M. et al. A indústria de cerâmica vermelha e o suprimento mineral no Brasil: desafios para o aprimoramento da competitividade. **Cerâmica Industrial**, v. 17, p. 36-42, 2012.
6. 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, p. 11-19, 2009.