

# PROJETO ORGANIZAÇÃO E FORMALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE EXTRAÇÃO DE ARGILA NO BAIXO JAGUARIBE - ESTADO DO CEARÁ



## RELATÓRIO FINAL DA ETAPA 1 - DIAGNÓSTICO

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL  
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MINERAÇÃO  
SUPERINTENDÊNCIA DO CEARÁ

**PROJETO  
ORGANIZAÇÃO E FORMALIZAÇÃO  
DAS ATIVIDADES DE EXTRAÇÃO DE ARGILA  
NO BAIXO JAGUARIBE - CEARÁ**

**RELATÓRIO FINAL DA ETAPA 1 - DIAGNÓSTICO**

Autores:

**Vanessa Maria Mamede Cavalcanti  
Marcos Aurelio Marcelino Moreira  
Cristiano Alves da Silva  
Fábio Perlatti**

Colaboradores:

**Ricardo Eudes Ribeiro Parahyba  
Carlos Mendes Batista  
Mirgom Martins Freitas  
Manoel Campelo Bezerra**

**FORTALEZA  
2013**

# SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>                                       | <b>1</b>  |
| <b>2 - METODOLOGIA .....</b>                                      | <b>4</b>  |
| <b>3 – CONTEXTO GEOLÓGICO .....</b>                               | <b>6</b>  |
| <b>3.1 – Unidades litoestratigráficas .....</b>                   | <b>8</b>  |
| <b>3.1.1 – Embasamento cristalino .....</b>                       | <b>8</b>  |
| <b>3.1.2 – Grupo Apodi .....</b>                                  | <b>8</b>  |
| <b>3.1.3 – Formação Faceira .....</b>                             | <b>8</b>  |
| <b>3.1.4 – Depósitos aluviais .....</b>                           | <b>8</b>  |
| <b>3.2 – Os depósitos aluviais quaternários .....</b>             | <b>9</b>  |
| <b>4 - LOCALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE EXTRAÇÃO .....</b> | <b>13</b> |
| <b>4.1 - Pólos de extração de argila do Baixo Jaguaribe .....</b> | <b>13</b> |
| <b>4.1.1 – Pólo Aracati - Itaiçaba .....</b>                      | <b>13</b> |
| <b>4.1.2 Pólo Palhano .....</b>                                   | <b>14</b> |
| <b>4.1.3 Pólo Jagaruana .....</b>                                 | <b>14</b> |
| <b>4.1.4 Pólo Russas .....</b>                                    | <b>14</b> |
| <b>4.1.5 - Pólo Limoeiro – Flores – Quixeré .....</b>             | <b>16</b> |
| <b>4.1.6 - Pólo São João do Jaguaribe – Tabuleiro .....</b>       | <b>18</b> |
| <b>4.1.7 - Pólo Alto Santo .....</b>                              | <b>18</b> |
| <b>4.2 - Principais Irregularidades .....</b>                     | <b>18</b> |
| <b>4.3 - Dimensionamento da Reserva Lavrável de Argila .....</b>  | <b>19</b> |
| <b>4.3.1 - Contextualização dos Dados .....</b>                   | <b>19</b> |
| <b>4.3.2 - Análise da Continuidade Espacial da Variável .....</b> | <b>21</b> |
| <b>4.3.3 - Estimação Geoestatística .....</b>                     | <b>24</b> |
| <b>4.3.4 - Resultados .....</b>                                   | <b>25</b> |
| <b>5 - UTILIZAÇÃO .....</b>                                       | <b>30</b> |
| <b>5.1 - Produtos Cerâmicos .....</b>                             | <b>30</b> |
| <b>5.1.1 - Produtos de Argila .....</b>                           | <b>30</b> |
| <b>5.1.2 - Cerâmica de Revestimento .....</b>                     | <b>33</b> |
| <b>5.1.3 - Tijolos Refratários .....</b>                          | <b>34</b> |
| <b>5.2 – Tipos de produtos fabricados em Russas .....</b>         | <b>34</b> |
| <b>6 - CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA .....</b>                  | <b>36</b> |

|  |    |
|--|----|
| <b>6.1 - Características das argilas .....</b>   | 36 |
| <b>6.2 - Ensaios de Caracterização .....</b>   | 37 |
| <b>6.3 – Métodos de seleção de amostragem e de caracterização tecnológica no projeto .....</b> | 38 |
| <b>6.4 - Resultados dos Ensaios Tecnológicos.....</b>  | 39 |
| <b>6.4.1 - Retração Linear .....</b>   | 40 |
| <b>6.4.2 - Tensão de Ruptura à Flexão.....</b>   | 40 |
| <b>6.4.3 - Absorção de água.....</b>   | 41 |
| <b>6.4.4 - Massa específica aparente (MEA) .....</b>   | 42 |
| <b>6.4.5 - Índice de Plasticidade.....</b>   | 43 |
| <b>6.4.6 - Resíduo retido na peneira n° 325 da ABNT (%) .....</b>                              | 43 |
| <b>6.4.7 - Perda ao fogo.....</b>  | 44 |
| <b>7 – PROCESSOS PRODUTIVOS .....</b>  | 45 |
| <b>7.1 – Lavra .....</b>   | 47 |
| <b>7.2 – Preparação da massa.....</b>  | 48 |
| <b>7.3 – Conformação.....</b>  | 52 |
| <b>7.4 – Secagem .....</b>   | 56 |
| <b>7.5 – Queima e resfriamento.....</b>  | 57 |
| <b>7.6 – Classificação .....</b>   | 60 |
| <b>8 - ASPECTOS AMBIENTAIS .....</b>   | 62 |
| <b>8.1 - Definições .....</b>  | 62 |
| <b>8.1.1 - Sucessão ecológica .....</b>  | 62 |
| <b>8.1.2 - Reabilitação, restauração e recuperação .....</b>                                   | 62 |
| <b>8.2 - Impactos ambientais causados pela mineração de argila .....</b>                       | 62 |
| <b>8.3 - Impactos ambientais da mineração de argila no Baixo Jaguaribe .....</b>               | 63 |
| <b>8.3.1 - Contexto Ambiental.....</b>   | 63 |
| <b>8.3.2 - Contextualização dos Impactos Ambientais .....</b>                                  | 64 |
| <b>8.3.3 - Impactos e passivos ambientais .....</b>  | 64 |
| <b>8.4 - Monitoramento e dimensionamento das áreas degradadas .....</b>                        | 67 |
| <b>8.4.1 - Descrição dos tipos de degradação .....</b>   | 69 |
| <b>8.5 - Indústria cerâmica .....</b>  | 71 |
| <b>8.6 - Mitigação dos Impactos Ambientais.....</b>  | 72 |
| <b>9 – ASPECTOS LEGAIS .....</b>   | 73 |
| <b>9.1 – Constituição Federal .....</b>  | 73 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>9.2 – Mineração .....</b>   | 73  |
| <b>9.2.1 – Regimes de aproveitamento .....</b>   | 73  |
| <b>9.2.2 – Áreas máximas e prazos .....</b>  | 74  |
| <b>9.2.3 – Tributação e Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM .....</b>   | 74  |
| <b>9.2.4 – Participação do proprietário do solo .....</b>  | 75  |
| <b>9.2.5 – Extração mineral não autorizada .....</b>   | 75  |
| <b>9.3 - Meio Ambiente .....</b>   | 75  |
| <b>9.3.1 – Licenciamento Ambiental .....</b>   | 76  |
| <b>9.3.2 – Áreas de Preservação Permanente - APP .....</b>   | 76  |
| <b>10 – DIREITOS MINERÁRIOS E LEGALIZAÇÃO .....</b>  | 79  |
| <b>11 – CARACTERIZAÇÃO DO SETOR PRODUTOR .....</b>   | 83  |
| <b>11.1 – Estrutura Empresarial .....</b>  | 83  |
| <b>11.2 – Recursos Humanos .....</b>   | 85  |
| <b>11.3 – Produção industrial, consumo e produção de argila .....</b>  | 86  |
| <b>12 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>   | 90  |
| <b>13 - REFERÊNCIAS .....</b>  | 94  |
| <b>ANEXO I - CADASTRO DE CERÂMICAS DO BAIXO JAGUARIBE - PESQUISA DNPM (2011) .....</b>   | 98  |
| <b>ANEXO II - ÁREAS ONERADAS PARA ARGILA NOS MUNICÍPIOS DO BAIXO JAGUARIBE .....</b>   | 103 |
| <b>ANEXO III - SONDAGENS REALIZADAS DURANTE O PROJETO TECMO, DESTACANDO AS CAMADAS CONSIDERADAS COMO RESERVA LAVRÁVEL DE ARGILA PARA A INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA DA REGIÃO DE RUSSAS/CE .....</b> | 112 |
| <b>ANEXO IV - MAPAS .....</b>  | 113 |

## 1 - INTRODUÇÃO

A região do Baixo Jaguaribe está localizada no nordeste do estado do Ceará, sendo formada pelos municípios de Alto Santo, Aracati, Ibicuitinga, Itaiçaba, Jagaruana, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Palhano, Quixeré, Russas, São João do Jaguaribe, Tabuleiro do Norte (Figura 1.1).



Figura 1.1 – Mapa da região do Baixo Jaguaribe. Fonte: Modificado de IPECE (2002)

Esta região possui o equivalente a 7,66% da área do estado do Ceará, 4,69% da população e 2,89% do PIB do estado (Tabela 1.1). Além da indústria cerâmica, são destaque na economia da região: a agricultura irrigada, concentrada, principalmente, nas áreas de aluviões; a pecuária mista (carne e leite), nas áreas de sertão; agroindústria ainda em desenvolvimento; piscicultura; carcinicultura e turismo na área litorânea.

| MUNICÍPIO              | ÁREA (km <sup>2</sup> ) <sup>1</sup> | POPULAÇÃO <sup>2</sup> | IDH <sup>3</sup> | PIB (R\$) <sup>4</sup>   | PIB per capita (R\$) <sup>4</sup> |
|------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Alto Santo             | 1.338,743                            | 16.360                 | 0,654            | 64.910.231,00            | 3.191,42                          |
| Aracati                | 1.229,194                            | 74.285                 | 0,758            | 526.970.404,00           | 7.774,45                          |
| Ibucuitinga            | 424,242                              | 11.335                 | 0,642            | 38.409.319,00            | 3.314,29                          |
| Itaiçaba               | 209,490                              | 7.321                  | 0,641            | 27.269.223,00            | 3.481,33                          |
| Jaguaruana             | 867,251                              | 32.239                 | 0,654            | 184.525.823,00           | 5.742,39                          |
| Limoeiro do Norte      | 751,535                              | 56.264                 | 0,711            | 266.920.000,00           | 4.890,00                          |
| Morada Nova            | 2.779,229                            | 62.086                 | 0,670            | 320.941.530,00           | 5.070,49                          |
| Palhano                | 442,785                              | 8.869                  | 0,649            | 31.035.663,00            | 3.383,37                          |
| Quixeré                | 616,825                              | 19.422                 | 0,652            | 198.346.824,00           | 10.162,77                         |
| Russas                 | 1.591,281                            | 71.265                 | 0,698            | 352.695.240,00           | 6.441,00                          |
| São João do Jaguaribe  | 280,436                              | 7.902                  | 0,694            | 33.991.993,00            | 3.989,20                          |
| Tabuleiro do Norte     | 861,838                              | 29.210                 | 0,698            | 121.734.295              | 4.144,99                          |
| <b>BAIXO JAGUARIBE</b> | <b>11.392,849</b>                    | <b>396.558</b>         | <b>0,677</b>     | <b>2.167.750.545,00</b>  | <b>5.466,41</b>                   |
| <b>CEARÁ</b>           | <b>148.825,60</b>                    | <b>8.448.055</b>       | <b>0,723</b>     | <b>74.950.000.000,00</b> | <b>8.870,00</b>                   |

Tabela 1.1 – Dados demográficos e econômicos dos municípios do Baixo Jaguaribe e do estado do Ceará. 1 – IBGE(2002); 2 – IBGE (2010a); 3 – PNUD (2000); IBGE (2010b).

Na tabela 1.2 é possível observar uma comparação entre os dados relativos ao setor cerâmico no Baixo Jaguaribe e no Estado do Ceará, conforme o último diagnóstico publicado sobre o setor cerâmico do estado pelo SINDICERÂMICA em 2002. Recentemente, em 2010, foi elaborado pelo Instituto Euvaldo Lodi um diagnóstico do APL de cerâmica vermelha de Russas.

Com base nos dados da tabela 1.2, observa-se que o Baixo Jaguaribe, com destaque para o município de Russas, detinha 43,17 % da produção de peças cerâmicas do estado do Ceará, 36,12% das empresas e 37,19 % dos empregos na indústria cerâmica.

| Municípios                            | Produção mensal de peças cerâmicas |               | Empresas   |               | Empregos     |               |
|---------------------------------------|------------------------------------|---------------|------------|---------------|--------------|---------------|
|                                       | Milheiros                          | %             | Nº         | %             | Nº           | %             |
| Russas                                | 30.557                             | 27,75         | 61         | 20,40         | 1.581        | 21,41         |
| Jaguaruana                            | 1.900                              | 1,73          | 3          | 1,00          | 121          | 1,64          |
| Alto Santo                            | 4.582                              | 4,16          | 10         | 3,34          | 261          | 3,54          |
| Limoeiro do Norte                     | 3.500                              | 3,18          | 12         | 4,01          | 301          | 4,08          |
| Quixeré                               | 2.065                              | 1,88          | 5          | 1,67          | 134          | 1,81          |
| Aracati                               | 1.000                              | 0,91          | 1          | 0,33          | 120          | 1,63          |
| Palhano                               | 2.180                              | 1,98          | 6          | 2,01          | 87           | 1,18          |
| Tabuleiro do Norte                    | 396                                | 0,36          | 2          | 0,67          | 34           | 0,46          |
| Morada Nova                           | 510                                | 0,46          | 4          | 1,34          | 49           | 0,66          |
| Itaiçaba                              | 534                                | 0,48          | 2          | 0,67          | 38           | 0,51          |
| S. J.do Jaguaribe                     | 310                                | 0,28          | 2          | 0,67          | 20           | 0,27          |
| <b>Total Baixo Jaguaribe</b>          | <b>47.534</b>                      | <b>43,17</b>  | <b>108</b> | <b>36,12</b>  | <b>2.746</b> | <b>37,19</b>  |
| <b>Total Estadual (85 municípios)</b> | <b>110.119</b>                     | <b>100,00</b> | <b>299</b> | <b>100,00</b> | <b>7.383</b> | <b>100,00</b> |

Tabela 1.2 – Dados econômicos da indústria cerâmica no Baixo Jaguaribe e no estado do Ceará. Fonte: SINDICERÂMICA (2002).

A produção de cerâmica na região tem mais de 50 anos, tendo iniciado no município de Russas, pelo alto potencial para exploração de argila, devido à localização na bacia do Rio Jaguaribe. Inicialmente, a população local aproveitou a matéria prima para fabricação de cerâmica vermelha de forma totalmente artesanal, posteriormente foram sendo agregados processos industriais e em consequência a produção cresceu e se estendeu para outros municípios do Baixo Jaguaribe.

Os Arranjos Produtivos Locais (APLs) são definidos como aglomerados de empresas localizadas em um mesmo território, que apresentam especialização produtiva e mantêm vínculos de articulação, interação, cooperação e aprendizagem entre si e com outros atores locais, tais como, governo, associações empresariais, instituições de crédito, ensino e pesquisa.

O APL de Cerâmica Vermelha de Russas de acordo com o Plano de Desenvolvimento do APL de Russas, desenvolvido por órgãos federais e estaduais e entidades representativas dos ceramistas, teve origem devido à sua localização sobre um expressivo depósito de argila, fazendo com que a disponibilidade do insumo incentivasse uma tradição cerâmica que tem passado de pai para filho e, por consequência, gerou um espírito de cooperação entre os ceramistas ocasionando a união dos empresários que, juntos, iniciaram a busca de novas tecnologias e a formação de alianças institucionais. O ponto de partida para o processo de construção do APL foi o município de Russas, estendendo-se depois pela região.

O projeto Organização e Formalização das Atividades de Extração de Argila no Baixo Jaguaribe – CE foi proposto considerando que esta região se consolidou como o mais importante pólo da indústria cerâmica no Ceará e pelo fato de que a extração de argila era predominantemente informal, transcorrendo sem autorização do DNPM e sem licenciamento ambiental, ocasionando baixa produtividade, alta degradação ambiental, falta de controle de qualidade e elevado nível de perdas nas etapas de lavra e beneficiamento.

Neste contexto, o projeto tem por objetivo contribuir para organizar e formalizar a atividade mineradora na região, sendo constituído por duas fases, os resultados da primeira constam neste relatório, em que é apresentado um diagnóstico do setor cerâmico com ênfase na mineração, com propostas para racionalização da extração de argila e indicação de recomendações de soluções para os problemas encontrados, visando subsidiar as ações futuras do DNPM, que serão implementadas na fase seguinte de formalização.

## 2 - METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa do projeto foi composta de duas etapas:

Etapa 1 - Diagnóstico da situação do APL de cerâmica vermelha de Russas:

- ✓ Geologia e potencial mineral;
- ✓ Cadastramento das áreas de extração de argila;
- ✓ Cadastramento das unidades de produção (Indústria cerâmica);
- ✓ Identificação das áreas degradadas pela mineração, avaliação dos danos e proposição de medidas mitigadoras;
- ✓ Dimensionamento dos depósitos e das áreas degradadas pela mineração;
- ✓ Caracterização tecnológica do bem mineral;
- ✓ Elaboração do relatório final constituído pelos resultados dos itens anteriores, acrescido de propostas para racionalização da extração de argila e padronização dos insumos, além da indicação de soluções para outros problemas encontrados, visando subsidiar as ações futuras do DNPM.

Etapa 2 – Formalização da atividade de extração mineral, que será realizada pelo Serviço de Fiscalização da Superintendência do DNPM no Ceará, com base nas indicações do relatório final da Etapa 1.

Para realização da primeira etapa foi realizado inicialmente um levantamento dos trabalhos executados anteriormente, referente à geologia da região do Baixo Jaguaribe. Nesta fase foi possível identificar antigos pontos de extração e dados de perfis de sondagens (trado e percussão) de material argiloso apresentados nesses estudos, permitindo uma melhor compreensão do contexto geológico local e seu potencial mineral.

Para complementação das informações obtidas na pesquisa bibliográfica foram realizadas diversas etapas de campo, com o intuito de mapear as unidades de produção (cerâmicas) e a localização e distribuição das áreas de extração.

Para as unidades produtivas, foi aplicado um questionário visando à caracterização do setor produtor contendo informações tais como: localização e responsável pela cerâmica, tipo e quantitativo do material produzido, origem da matéria-prima e destino do produto.

Também foram realizadas visitas técnicas a cinco cerâmicas pré-selecionadas (uma de grande porte, três de médio porte e uma de pequeno porte) na região de Jagaruana, Russas e Flores, para acompanhamento e registro fotográfico do processo de fabricação dos materiais produzidos a partir da argila.

Todos os dados obtidos em campo foram compilados e passaram a compor um banco de dados geográfico em ambiente SIG- Sistema de Informação Geográfica.

Como o município de Russas, detém 68% das cerâmicas do Baixo Jaguaribe, 60% dos licenciamentos para argila e consome 72% da argila produzida na região, foram selecionadas algumas áreas deste município como objeto de detalhamento para caracterização da matéria-prima e dimensionamento das áreas degradadas. A primeira se encontra nas proximidades da sede do município de Russas, e a segunda, nas proximidades do distrito de Flores. Nessas áreas foi efetuado um levantamento das profundidades encontradas nas cavas, bem como o dimensionamento das áreas degradadas a partir da fotointerpretação de imagens de satélite da região. Parte da primeira área selecionada (arredores da sede de Russas) foi aproveitada para o dimensionamento dos depósitos (Figura 2.1)

Para realizar o dimensionamento da reserva lavrável de argila foram utilizados como referência os furos de sondagem realizados no Projeto TECMO (Tecnologia em Cerâmica - Ações para a Modernidade e Competitividade) executado com recursos do PADCT (Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) do CNPq (Parahyba 2001, Parahyba *et al* 2001).

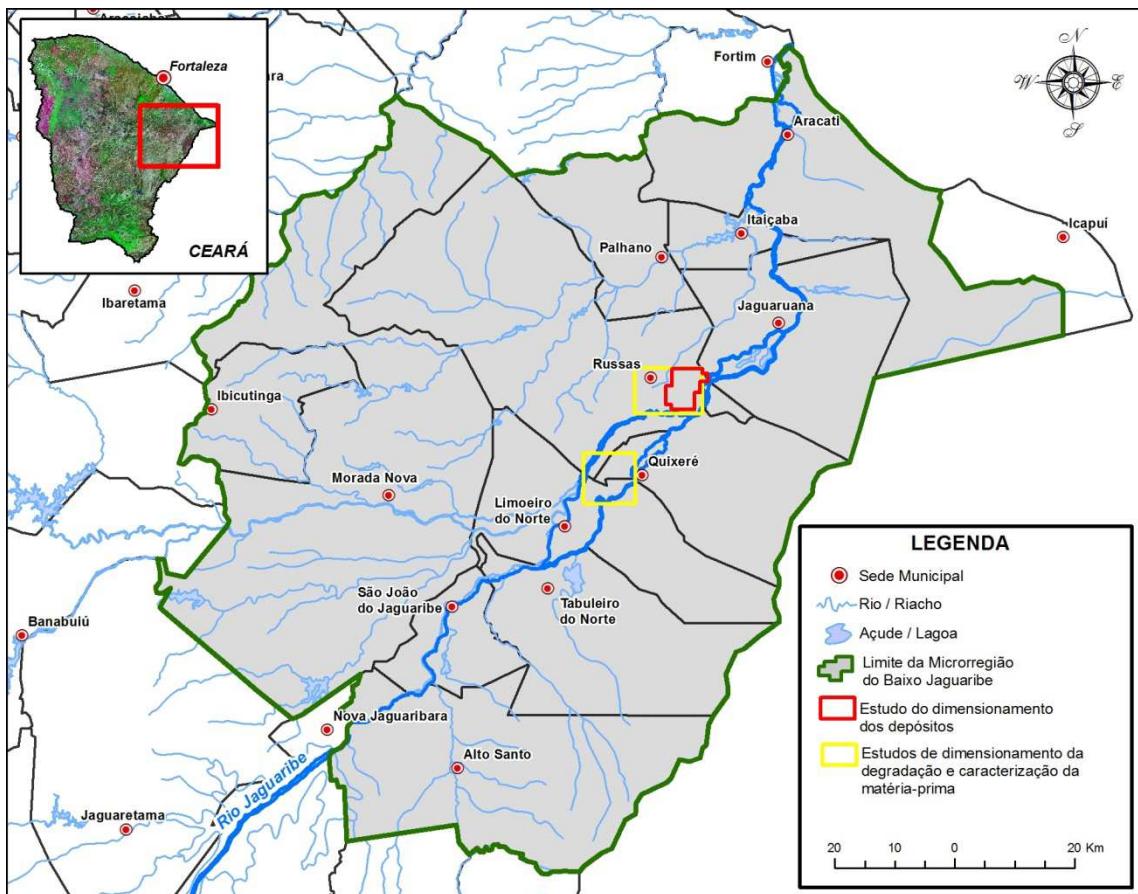


Figura 2.1 - Localização das áreas selecionadas para detalhamento. Áreas em amarelo - estudos de dimensionamento da degradação e caracterização da matéria-prima; Área em vermelho - estudo do dimensionamento dos depósitos.

Entretanto, devido à falta de informação para o restante da área de estudo, só foi possível dimensionar a reserva lavrável de argila de parte do município de Russas. Contudo, diante da grande representatividade desta área no contexto da exploração de argila da região, a mesma será usada neste trabalho como modelo para compreender a exploração de argila para todo o pôlo cerâmico do Baixo do Jaguaribe.

No tocante a caracterização da matéria prima, vários ensaios tecnológicos foram realizados a partir do material coletado em treze furos a traço executados nas proximidades da sede do município de Russas e do distrito de Flores. A definição dos alvos para execução dos furos foi realizada com base na modelagem da reserva lavrável de argila de parte do pôlo de extração de Russas, realizada neste projeto, juntamente com as informações de profundidade catalogadas em campo.

Todos os dados obtidos em campo, bem como os diversos mapas gerados a partir do banco de dados do SIG foram compiladas e utilizadas na elaboração do relatório final deste projeto, que além destas informações apresenta propostas para racionalização da extração de argila e padronização dos insumos, além da indicação de soluções para outros problemas encontrados, visando subsidiar as ações futuras do DNPM.

### 3 – CONTEXTO GEOLÓGICO

A região do Baixo Jaguaribe está inserida, geologicamente, no denominado Domínio Tectônico Setentrional da Província Borborema, entre as unidades cratônicas do São Francisco-Congo e São Luis-Oeste África (Figura 3.1). Os arranjos estruturais, metamorfismo e magmatismo granítóide têm sido relacionados a eventos geotectônicos do Neoproterozoico e relacionados ao Ciclo Brasiliano/Pan-Americano (Cavalcante, 1999).

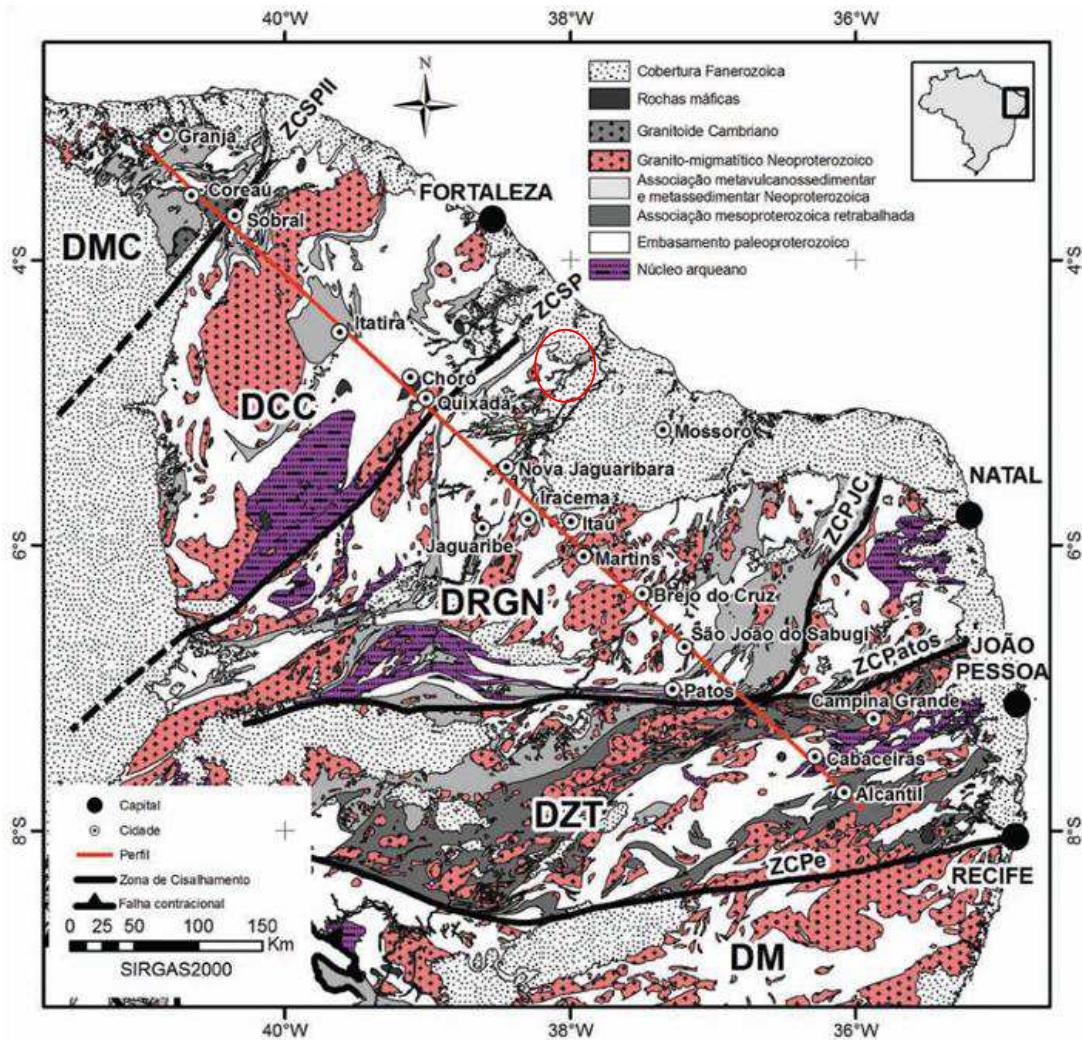


Figura 3.1 – Principais domínios tectônicos e zonas de cisalhamento da Província Borborema. Domínios tectônicos: DMC – Médio Coreau; DCC – Ceará Central; DRGN – Rio Grande do Norte ou Setentrional; DZT – Zona Transversal; DM – Meridional. Zonas de cisalhamento: ZCSPII – Sobral-Pedro II; ZCSP – Senador Pompeu; ZCPJC - Picuí-João Câmara; ZCPatos - Patos; ZCPe – Pernambuco. (Bazzi et al, 2003).

A região é formada por rochas do embasamento cristalino, constituído pelo Complexo Jaguaretama, mais antigo, e Grupo Orós. Sobrejacentes, a leste do rio Jaguaribe, formando a Chapada do Apodi, ocorrem unidades cretácicas da bacia Potiguar, formações Jandaíra e Açu. Bordejando a margem oeste do rio Jaguaribe, estão representados os sedimentos tércio-quaternários da Formação Faceira e na faixa litorânea ocorrem os depósitos representativos do Grupo Barreiras. Finalmente, na planície fluvial dos cursos d’água ocorrem os sedimentos aluviais quaternários, a que estão associados os depósitos argilosos explorados na região (Figura 3.2).

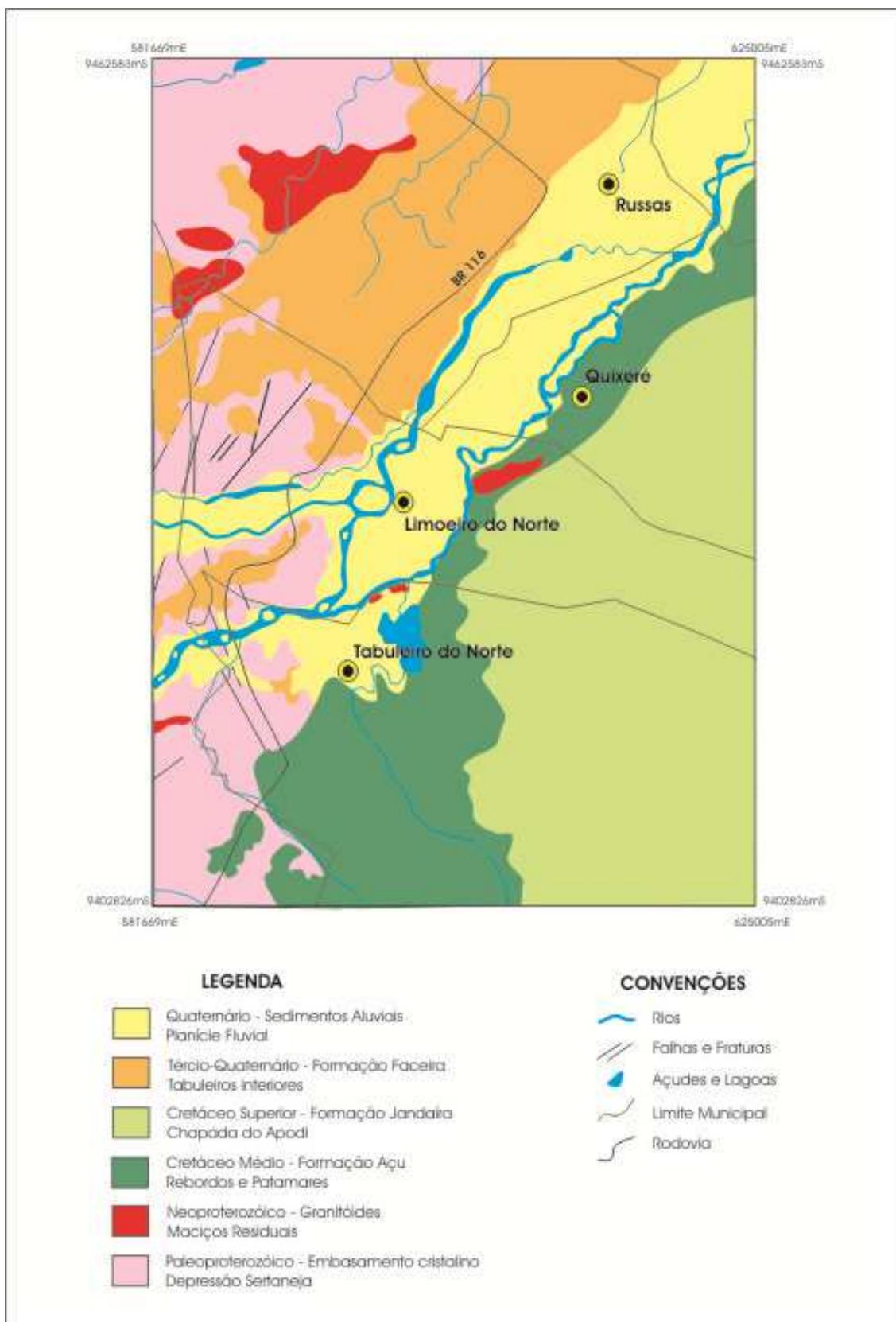


Figura 3.2 - Esboço geológico-geomorfológico. Adaptado de Maia (2005)

### 3.1 – Unidades litoestratigráficas

#### 3.1.1 – Embasamento cristalino

Segundo CPRM (2003), o embasamento cristalino da região do Baixo Jaguaribe é constituído predominantemente por litologias do Complexo Jaguaretama, do Paleoproterozóico, formado de ortognaisses migmatizados, de composição granítica e tonalítica, em associação com paragnases, anfibolitos, quartzitos, metaultramáficas e rochas calcissilicáticas.

Subordinadamente ocorrem rochas paleoproterozóicas do Grupo Orós, que na região do Baixo Jaguaribe é formado por micaxistas, quartzitos, filitos, metacalcários, metadolomitos e rochas calcissilicáticas.

Associados as rochas do embasamento cristalino, ocorrem granitóides do Neoproterozóico, de composição granítica e granodiorítica dominantes.

As litologias do Complexo Jaguaretama e Grupo Orós estão associadas à depressão sertaneja enquanto os granitóides representam os maciços residuais.

#### 3.1.2 – Grupo Apodi

Os sedimentos da bacia Potiguar ocorrem na margem direita do rio Jaguaribe e compõem o Grupo Apodi, constituído pelas formações cretácicas Açu e Jandaíra.

A Formação Açu, do Cretáceo Médio (Albiano-Cenomaniano), tem espessuras entre 400 e 800 metros, sendo formada por uma seção inferior de siliciclásticos médios a grossos, predominantemente fluviais, sobrepostos por arenitos finos com intercalações de folhelhos e siltitos, depositados em ambiente deltaico.

A deposição da Formação Jandaíra foi resultado de um período transgressivo ocorrido no Cretáceo Superior (Turoniano), em que o mar cobriu toda a bacia permitindo a acumulação de carbonatos marinhos fossilíferos que recobrem concordantemente a Formação Açu (Pessoa Neto *et al.*, 2007). Largamente aflorante, compõem-se de calcarenito com bioclastos de moluscos, algas verdes e calcilutitos, com ambiente deposicional englobando fáceis de maré, laguna rasa, plataforma rasa e mar aberto, com espessura máxima de 650 metros (Schobbenhaus *et al.*, 1984).

Estes depósitos representam um compartimento de relevo relativamente plano, desenvolvendo uma expressiva *cuesta* que ocupa a divisa dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, com caimento topográfico suave no sentido do litoral e apresentando seu front voltado para o interior, configurando um relevo em chapada, denominado Chapada do Apodi. A bacia apresenta limite escarpado em contato com os sedimentos da planície fluvial do rio Jaguaribe (Maia, 2005).

#### 3.1.3 – Formação Faceira

Os depósitos sedimentares tércio-quaternários (Plioceno-Pleistoceno) denominados de Formação Faceira ocorrem margeando os rios Jaguaribe e Banabuiú e formando tabuleiros interiores. Está depositado em discordância sobre o embasamento cristalino, principalmente na margem esquerda do rio Jaguaribe, ocorrendo também sobre os patamares da Formação Açu, na margem direita deste rio.

É constituída de sedimentos clásticos afossilíferos, de composição arenoso-siltoso-argilosa, mal selecionados, friáveis, pouco consolidados, de cores variadas, em que predominam os tons avermelhados.

#### 3.1.4 – Depósitos aluviais

Os depósitos aluviais quaternários (Pleistoceno-Holoceno) recobrem os canais e planícies de inundação do rio Jaguaribe e seus afluentes. São formados de sedimentos inconsolidados ou parcialmente consolidados, constituídos de areias finas a grossas, siltos, argilas e, em menor escala, por cascalhos.

Distribuem-se nas porções marginais dos rios e alargam-se a partir da confluência do rio Banabuiú com o rio Jaguaribe na altura da cidade de Limoeiro do

Norte, chegando a atingir mais de 10 km de largura na cidade de Russas, voltando a diminuir à jusante, já na faixa litorânea, em função dos depósitos tércio-quaternários da Formação Barreiras.

Os depósitos de argila explorados para suprir a indústria cerâmica regional estão associados a esta unidade litoestratigráfica.

### 3.2 – Os depósitos aluviais quaternários

A matéria prima necessária para suprir a demanda da indústria de cerâmica vermelha do Baixo Jaguaribe é oriunda dos depósitos argilosos associados à planície aluvial do rio Jaguaribe.

A planície aluvial é uma feição típica de acumulação originada pela dinâmica do sistema fluvial (erosão no alto curso do rio; transporte no médio curso e deposição no baixo curso). Essas feições se formam no médio e baixo curso do rio, em que o relevo, mais arrasado pela erosão, apresenta baixo gradiente topográfico, ocasionando uma diminuição da energia do rio, permitindo que os sedimentos carregados em suspensão se depositem no fundo do canal. Popularmente conhecidas como várzeas, essas planícies são áreas inundáveis, afetadas pelas cheias anuais e periódicas.

Maia (2005) propõe uma reconstituição evolutiva para a formação do ambiente aluvionar no baixo curso do rio Jaguaribe, com base, fundamentalmente, em processos tectônicos e climáticos. Diferente de outras regiões do estado, a formação da planície não se deu apenas sobre o embasamento cristalino, sua evolução está intrinsecamente condicionada à resistência que as rochas do Grupo Apodi apresentam à erosão fluvial. O baixo vale também é resultado do recuo da vertente, que tem como principal responsável a rede de drenagem. Outro elemento fundamental é a ação dos processos morfogenéticos cenozóicos, caracterizados por intensa variação climática, que continuam provocando o desgaste do relevo e consequentemente a formação de ambientes deposicionais, resultantes da dinâmica fluvial e de seu incessante trabalho de erodir, transportar e depositar, modificando constantemente as formas de relevo.

A Figura 3.3 mostra um perfil topográfico esquemático do baixo vale do rio Jaguaribe, em que estão definidas as zonas de acumulação e as zonas de intemperismo mais próximas ao leito atual e as prováveis áreas fontes dos depósitos argilosos, representadas pelo embasamento cristalino, Grupo Apodi e Formação Faceira.

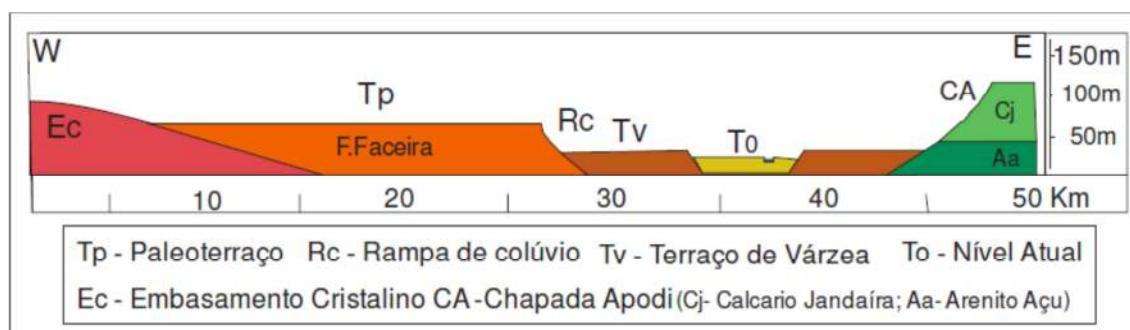


Figura 3.3 - Perfil esquemático transversal do baixo vale do rio Jaguaribe (Lima, 2009).

Os resultados obtidos nos estudos hidrogeológicos realizados pelo Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe (SUDENE, 1967) indicaram espessuras dos depósitos aluviais superiores a 30 metros em alguns furos realizados a jusante da confluência do rio Banabuiú com o rio Jaguaribe, locais em que o vale é muito largo, com terraços marginais inundáveis nas cheias.

Cabral & Maia (2001; *apud* Lima, 2009), tendo como base seis sondagens realizadas para captação de água na região de Limoeiro do Norte, reforçaram essa

afirmação e definiram quatro unidades litológicas que constituem os depósitos aluviais do baixo rio Jaguaribe (Figura 3.4), ou seja:

Unidade 1 – Corresponde à unidade de topo, com espessura máxima de 9,0 metros. É constituída por argila-siltosa e argila silto-arenosa, de cores variadas (cinza, cinza escuro, cinza amarronzado, cinza avermelhado e esverdeado). O nível freático esta posicionado, nos poços estudados, em torno de 7,0 m de profundidade. Esta unidade representa o depósito de argila explorado na região para suprir a indústria cerâmica.

Unidade 2 – É constituída por areias grossas a cascalhos médios em cores variadas, possuindo espessura em torno de 20,0 metros. São comuns intercalações de lentes de argilas cinza escura a amarronzadas e esverdeadas, que podem alcançar 5,0 m de espessura e boa expressão lateral. Esta unidade está relacionada ao aquífero mais utilizado para captação de água.

Unidade 3 – É formada por cascalho médio a grosso, mal a medianamente selecionado, com cores variadas, possuindo intercalações (1,0 a 2,0 m) e lentes de argila cinza-esverdeada. Tem espessura em torno de 15,0 m. Não são relatados na bibliografia afloramentos das unidades 2 e 3.

Unidade 4 – Corresponde à base do depósito aluvial, sendo constituída por arenito fino a médio, cores variadas (avermelhado, esverdeado e esbranquiçado), estando, provavelmente relacionados à Formação Açu do Grupo Apodi.

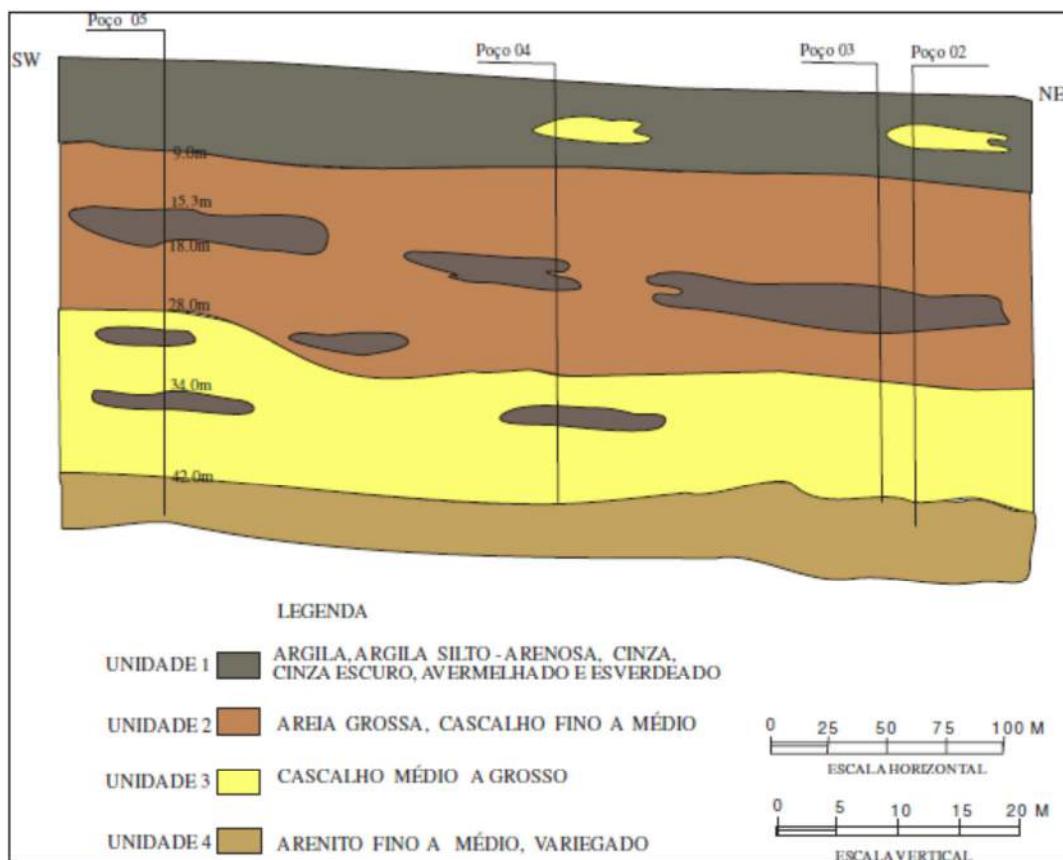


Figura 3.4 – Perfil esquemático do depósito aluvial do rio Jaguaribe na região de Limoeiro do Norte. (Lima, 2009).

O foco deste trabalho é a camada mais superficial definida por Cabral & Maia (2001; *apud* Lima, 2009) como unidade 1, que já foi estudada em trabalhos anteriores por Parahyba *et al* (2000), Medeiros & Parahyba (2003), Lima *et al* (2007) e Lima (2009).

A camada estudada é constituída por argila cinza, argila amarronzada, argila siltosa, silte argiloso e silte, que ocorrem sobrejacentes a depósitos arenosos. A partir de 1,0 m de profundidade podem começar a ocorrer nódulos de calcário com

diâmetros de 0,5 a 5,0 cm e concreções limoníticas arredondadas com diâmetros de 2,0 a 5,0 mm, cujo tamanho aumenta com a profundidade.

Furos de trado realizados no pólo de extração de Russas apresentaram espessuras de 1,5 a pouco mais de 5,5 m. Os resultados indicam que a camada alcança pouco mais de 5,0 metros de espessura, quando começam a aparecer os sedimentos mais arenosos, devendo ser considerado que alguns furos foram concluídos com pouco menos de 5,5 metros ainda na camada de argila, com o lençol freático impedindo o avanço do trado, como pode ser visualizado no mapa de profundidade da camada argilosa elaborado para a região a SE-E de Russas. No pólo de Flores, os furos de trado ficaram limitados em cerca de 4,0 metros de profundidade, ainda na camada composta de argila siltosa e silte argiloso.

Lima (2009) estudou a composição granulométrica e a plasticidade de furo de sondagem a trado realizado no município de Russas (Tabela 3.1). Normalmente, o limite inferior da sondagem a trado é definido quando o equipamento atinge o lençol freático. Analisando o perfil, observa-se o aumento gradual do percentual de areia e material apresentando boa plasticidade até 2,5 m de profundidade.

| Profundidade (m) | Composição granulométrica (%) |       |        | Classificação Textural |                                | Plasticidade          |
|------------------|-------------------------------|-------|--------|------------------------|--------------------------------|-----------------------|
|                  | Areia                         | Silte | Argila | Shepard <sup>1</sup>   | Soil Survey Staff <sup>2</sup> |                       |
| 0 – 0,20         | 07                            | 46    | 47     | Argila siltosa         | Argila siltosa                 | Plástico              |
| 0,20 – 1,20      | 06                            | 47    | 47     | Silte argiloso         | Argila siltosa                 |                       |
| 1,20 – 2,00      | 10                            | 50    | 40     | Areia-silte-argila     | Franco argiloso                |                       |
| 2,00 – 2,20      | 27                            | 40    | 33     | Areia siltosa          | Franco                         |                       |
| 2,20 – 2,50      | 39                            | 35    | 26     |                        |                                |                       |
| 2,50 – 2,70      | 51                            | 32    | 17     |                        |                                |                       |
| 2,70 – 3,00      | 84                            | 14    | 02     | Areia                  | Areia franca                   | Ligeiramente plástico |
|                  |                               |       |        |                        |                                | Não plástico          |

(1) Shepard (1954); (2) EMBRAPA (1997)

Tabela 3.1 – Composição granulométrica, classificação textural e plasticidade de sondagem a trado realizada na planície aluvial do rio Jaguaribe, município de Russas. Modificado de Lima (2009).

Lima *et al* (2007) realizou amostragem em sondagem a trado realizada em uma área de extração de uma cerâmica no município de Russas, que atingiu o lençol freático com 3,60 m de profundidade, tendo estudado a composição granulométrica e a plasticidade em oito amostras (Tabela 3.2). Analisando o perfil verifica-se que a sondagem não atravessou a camada argilosa, como ocorreu no furo da tabela 3.1, denotando uma espessura maior da camada e a ocorrência de prováveis bolsões de silte menos plástico. Observa-se também que o material é menos argiloso que do furo da tabela 3.1.

A maioria das áreas de argila em exploração nos municípios do Baixo Jaguaribe ou não está regularizada ou está regularizada sob regime de licenciamento, o que torna os dados oficiais de reservas muito pouco significativos em relação aos dados reais.

| Profundidade (m) | Composição granulométrica (%) |       |        | Classificação Textural |                                | Plasticidade          |
|------------------|-------------------------------|-------|--------|------------------------|--------------------------------|-----------------------|
|                  | Areia                         | Silte | Argila | Shepard <sup>1</sup>   | Soil Survey Staff <sup>2</sup> |                       |
| 0 – 0,24         | 28,91                         | 68,33 | 2,76   | Silte arenoso          | Franco argilo siltoso          | Muito plástico        |
| 0,24 – 0,34      | 32,65                         | 57,14 | 10,21  | Silte arenoso          | Franco argilo siltoso          |                       |
| 0,34 – 1,19      | 21,47                         | 63,25 | 15,28  | Silte arenoso          | Franco siltoso                 | Plástico              |
| 1,19 – 1,33      | 7,09                          | 81,21 | 11,70  | Silte                  | Silte                          | Ligeiramente plástico |
| 1,33 – 1,58      | 13,33                         | 81,11 | 5,56   | Silte                  | Silte                          |                       |
| 1,58 – 2,12      | 21,84                         | 63,12 | 15,04  | Silte arenoso          | Franco siltoso                 | Plástico              |
| 2,12 – 2,68      | 24,08                         | 66,50 | 9,42   | Silte arenoso          | Franco siltoso                 |                       |
| 2,68 – 3,60      | 18,08                         | 75,95 | 5,96   | Silte arenoso          | Franco siltoso                 |                       |

(1) Shepard (1954); (2) EMBRAPA (1997)

Tabela 3.2 – Composição granulométrica, classificação textural e plasticidade de sondagem a trado realizada na em área de extração na planície aluvial do rio Jaguaribe, município de Russas. Modificado de Lima et al (2007).

## 4 - LOCALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE EXTRAÇÃO

Ao longo do Baixo Jaguaribe, a maioria das áreas de extração de argila legalizadas opera sob o regime de licenciamento, embora existam também processos de autorização de pesquisa em vigor. As áreas de extração estão concentradas nas proximidades da sede do município de Russas e do distrito de Flores, onde também está situada a maioria das cerâmicas da região.

### 4.1 - Pólos de extração de argila do Baixo Jaguaribe

Devido à constante variação dos locais que as empresas utilizam para retirada do material argiloso, os pólos produtores foram organizados a partir do agrupamento das cerâmicas cadastradas neste projeto. Assim, foram estruturados sete pólos de extração (Figura 4.1) no Baixo Jaguaribe: 1) Aracati – Itaiçaba; 2) Palhano; 3) Jaguaruana; 4) Russas; 5) Limoeiro - Flores – Quixeré; 6) São João do Jaguaribe – Tabuleiro; 7) Alto Santo. Convém ressaltar que as poligonais dos pólos nos mapas não levaram em consideração os limites municipais, desse modo, o quantitativo de cerâmicas e licenciamentos informados podem não coincidirem em alguns casos com os informados no capítulo *Direitos Minerários e Legalização*.

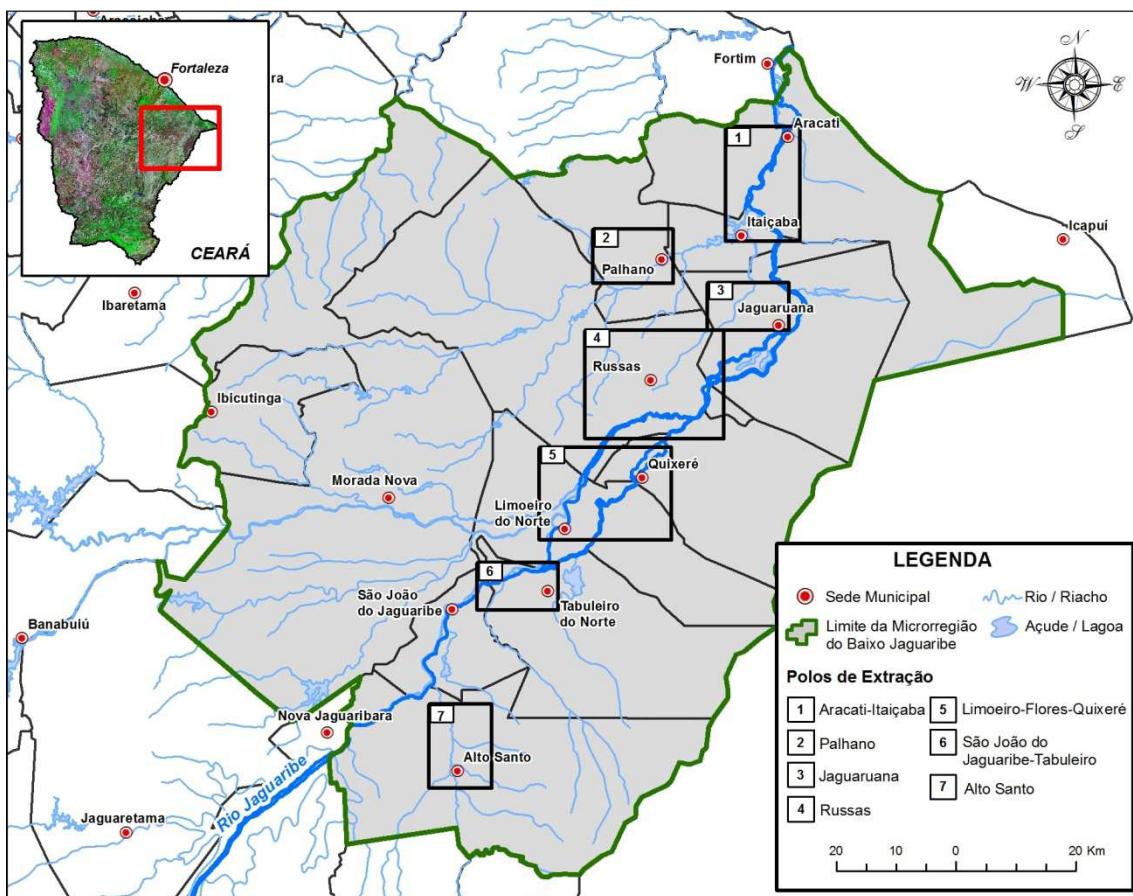


Figura 4.1: Localização dos Pólos de Extração do Baixo Jaguaribe

#### 4.1.1 – Pólo Aracati - Itaiçaba

No pólo Aracati - Itaiçaba (Vide Anexo IV - Mapa 01) foram cadastradas quatro cerâmicas, sendo que uma está desativada. Nas proximidades das cerâmicas existem pelo menos dois licenciamentos ativos cujo requerimento foi destinado para exploração de argila, sendo que duas empresas informaram que suas retiradas ocorrem na área do processo 800.004/2005, distante cerca de 2 km de uma cerâmica e 12,5 km da segunda. No caso da terceira cerâmica ativa não foi possível identificar a localização da extração.

#### 4.1.2 Pólo Palhano

Neste pólo (Vide Anexo IV - Mapa 02) foram identificadas sete cerâmicas ativas, sendo uma localizada no município de Russas na divisa com Palhano. Três empresas informaram que o material utilizado é retirado na região do Sítio Ilhas, com distância aproximada de 17 km das cerâmicas, na área do licenciamento nº 800.357/1997 (no caso, requerido para areia), enquanto que as outras quatro empresas relataram que a matéria-prima tem origem no município de Russas, mas não foi possível identificar a referida área e se a mesma está regularizada ou não. Nas proximidades do pólo Palhano somente foi possível reconhecer um único licenciamento direcionado para a extração de argila (800.725/2009), cuja cerâmica mais próxima está localizada há apenas 4 km de distância. Apesar da pequena distância, nenhuma empresa informou utilizá-lo como origem da matéria-prima.

#### 4.1.3 Pólo Jaguaruana

No pólo Jaguaruana, (Vide Anexo IV - Mapa 03) das cinco cerâmicas cadastradas, três informaram que o material utilizado na produção tem origem nas áreas dos licenciamentos 800.381/2010, 800.318/2011 e 800.358/1997 (esse último requerido para areia), sendo que cada empresa recebe material de um único processo. Vale ressaltar que essas empresas estão localizadas muito próximas aos limites de seus respectivos títulos (distância máxima de 200 metros). Embora não tenham sido identificados os processos das outras duas empresas, uma informou que a extração ocorre no Sítio Pasta Branca e a segunda recebe material do Sítio Cardeal.

#### 4.1.4 Pólo Russas

É neste pólo que se concentra o maior número de cerâmicas e licenciamentos ativos, ao todo foram cadastradas 108 destas empresas e 23 processos licenciados para argila em sua área de abrangência, sendo que foi possível correlacionar somente 46 cerâmicas com os processos informados como origem da matéria-prima. (Vide Anexo IV - Mapa 04). Como não foi possível a identificação da área do processo para extração de argila pelas demais empresas, as mesmas não foram utilizadas na elaboração da tabela 4.1.

| Processo     | Quant. cerâmicas relacionadas | Distância aproximada                                      | Substância | Fase            |
|--------------|-------------------------------|---|------------|-----------------|
| 800.608/2010 | 1                             | 13 km   | Argila     | Licenciamento   |
| 800.593/2007 | 1                             | 0,5 km  | Argila     | Licenciamento   |
| 800.781/2008 | 1                             | interno   | Argila     | Licenciamento   |
| 800.003/2008 | 2                             | 0,5 km; 3 km  | Argila     | Licenciamento   |
| 801.258/2010 | 1                             | 2,5 km  | Argila     | Requer. Licenc. |
| 800.606/2010 | 4                             | 10 km; 15 km; 23,5 km; 24,5 km                            | Argila     | Licenciamento   |
| 800.004/2007 | 2                             | 2 km; 4 km  | Argila     | Licenciamento   |
| 800.512/2012 | 1                             | 4,5 km  | Argila     | Requer. Licenc. |
| 800.812/2010 | 1                             | 5 km  | Argila     | Requer. Licenc. |
| 800.800/2010 | 1                             | 4 km  | Argila     | Requer. Licenc. |
| 800.670/2010 | 1                             | 4 km  | Argila     | Requer. Licenc. |
| 800.101/2007 | 8                             | 1 km; 1,5 km; 2 km; 3 km; 4 km; 4,5 km; 6 km; 9 km; 14 km | Argila     | Licenciamento   |
| 800.807/2010 | 1                             | 4 km  | Argila     | Requer. Licenc. |
| 800.440/2006 | 5                             | 0,25 km; 0,6 km; 2 km; 2,5 km; 2,5 km                     | Argila     | Licenciamento   |

|                     |   |                             |        |                  |
|---------------------|---|-----------------------------|--------|------------------|
| <b>800.117/2007</b> | 1 | 1 km                        | Areia  | Licenciamento    |
| <b>800.437/2007</b> | 1 | 4 km                        | Argila | Licenciamento    |
| <b>800.605/2010</b> | 1 | 2 km                        | Argila | Requer. Licenc.  |
| <b>800.653/2010</b> | 2 | 0,05 km; 0,7 km             | Argila | Licenciamento    |
| <b>800.063/2003</b> | 2 | 1 km; 2 km                  | Argila | Requer. Licenc.  |
| <b>800.122/2007</b> | 3 | 0,01 km; 0,02 km;<br>0,4 km | Argila | Licenciamento    |
| <b>800.832/2008</b> | 1 | 2 km                        | Argila | Licenciamento    |
| <b>800.295/2011</b> | 1 | 6 km                        | Areia  | Requer. Licenc.  |
| <b>800.126/2007</b> | 2 | 3 km; 3 km                  | Saibro | Licenciamento    |
| <b>800.032/2010</b> | 1 | 4,5 km                      | Argila | Aut. de Pesquisa |
| <b>800.436/2007</b> | 1 | 1,5 km                      | Areia  | Licenciamento    |

Tabela 4.1 - Distância aproximada das áreas dos processos informados pelas cerâmicas do pólo de Russas como fonte da argila utilizada em relação às empresas.

Observa-se a partir dos dados acima que a maioria das cerâmicas que informou o processo de extração está situada em uma distância inferior a 5 km de sua respectiva área (Figura 4.2).

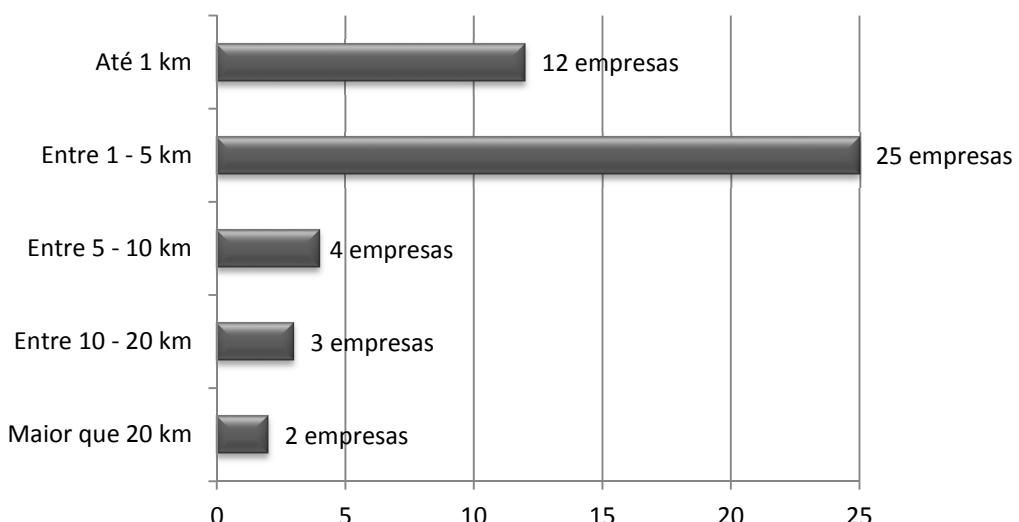


Figura 4.2 - Quantidade de empresas segundo a distância das cerâmicas até as áreas de extração informadas.

Outro fato importante a ser mencionado é que dos 23 licenciamentos caracterizados para exploração de argila nesse pólo, somente 14 foram apresentados pelas empresas envolvidas como fonte de argila (foi relatado um licenciamento cujo uso está cadastrado para exploração de areia). Os demais se referem a processos ainda em fase de requerimento de licenciamento e autorização de pesquisa.

### Profundidade de Extração

Dados do levantamento realizado pela equipe do DNPM em agosto de 2011 nas proximidades da sede do município de Russas apontam que 55% das cavas cadastradas apresentaram profundidade inferior a 1 metro, e somente 35% apresentaram profundidades superiores a 1,5 metros (Figura 4.3).

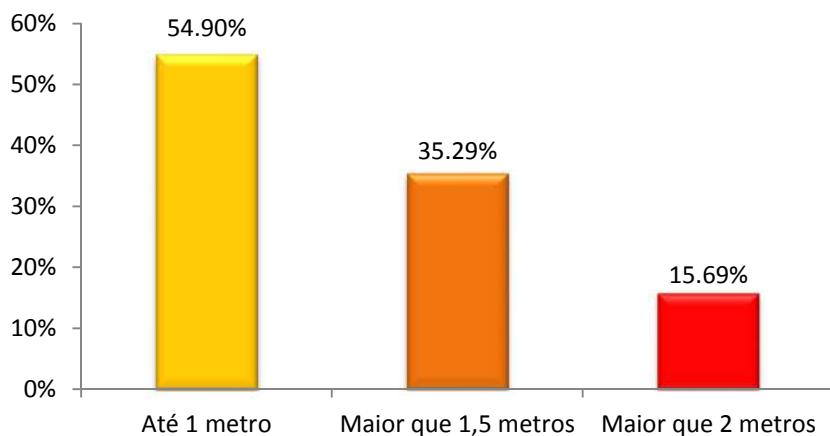


Figura 4.3 - Representatividade da profundidade das cavas no pólo Russas.

Essas baixas profundidades de aproveitamento do pacote argiloso refletem no alto índice de abandono das cavas abertas, uma vez que muitas empresas retiram somente a camada mais superficial de argila e em seguida se deslocam para a abertura de cavas em novos pontos de extração. Esse fato pode ser observado inclusive em áreas de licenciamento, onde os responsáveis ao invés de aumentar a profundidade de recuperação de material nas cavas já abertas optam por iniciar novas frentes em outras áreas. Desse modo, mais de 70% das cavas cadastradas nesse levantamento foram definidas como abandonadas, e somente uma foi registrada como ativa. As demais foram avaliadas como paralisadas, pois não foi possível identificar se a área será alvo de futuros trabalhos em curto prazo.

#### 4.1.5 - Pólo Limoeiro – Flores – Quixeré

Esse pólo apresentou a segunda maior concentração de cerâmicas e licenciamento: 37 empresas e 14 processos licenciados para argila (Tabela 4.2). Convém ressaltar que a relação de número de licenciamentos para número de cerâmicas neste pólo é quase duas vezes maior em comparação ao pólo de Russas. (Vide Anexo IV - Mapa 05)

| Pólo                              | Nº de Cerâmicas | Nº de Licenciamentos |
|-----------------------------------|-----------------|----------------------|
| Aracati - Itaiçaba                | 4               | 2                    |
| Palhano                           | 7               | 1                    |
| Jaguaruana                        | 5               | 4                    |
| Russas                            | 108             | 23                   |
| Limoeiro - Flores - Quixeré       | 37              | 14                   |
| São João do Jaguaribe – Tabuleiro | 4               | 3                    |
| Alto Santo                        | 9               | 3                    |

Tabela 4.2 - Número de cerâmicas e licenciamentos de argila por pólo no Baixo Jaguaribe.

De modo semelhante ao pólo Russas, aqui somente em 17 empresas foi possível efetuar a correlação com os processos informados como origem da matéria-prima (dez), não sendo utilizadas as demais cerâmicas na elaboração da tabela 4.3. Desses dez processos informados, seis se referem a licenciamentos voltados para exploração de argila, e os demais são processos ainda em fase de requerimento de licenciamento ou autorização de pesquisa.

| Processo            | Quant.<br>cerâmicas<br>relacionadas | Distância aproximada                             | Substância | Fase             |
|---------------------|-------------------------------------|--|------------|------------------|
| <b>800.118/2003</b> | 3                                   | 1,5 km; 1,5 km; 13 km                            | Argila     | Licenciamento    |
| <b>800.691/2009</b> | 1                                   | 0,6 km   | Areia      | Licenciamento    |
| <b>800.937/2008</b> | 1                                   | interno  | Argila     | Aut. de Pesquisa |
| <b>800.575/2010</b> | 1                                   | 3 km   | Argila     | Licenciamento    |
| <b>800.748/2007</b> | 1                                   | interno  | Areia      | Licenciamento    |
| <b>800.665/2011</b> | 1                                   | interno  | Argila     | Requer. Licenc.  |
| <b>800.603/2010</b> | 1                                   | 3 km   | Argila     | Requer. Licenc.  |
| <b>800.658/2010</b> | 2                                   | 0,06 km; 5,5 km                                  | Argila     | Requer. Licenc.  |
| <b>800.421/2007</b> | 6                                   | interno; interno; 0,6 km; 0,5 km; 0,8 km; 2,5 km | Argila     | Licenciamento    |
| <b>800.079/2009</b> | 1                                   | 6 km   | Argila     | Licenciamento    |

Tabela 4.3 - Distância aproximada das áreas dos processos informados pelas cerâmicas do pólo Limoeiro – Flores – Quixeré como fonte da argila utilizada em relação às empresas.

Da mesma forma, a maioria das cerâmicas que informou a fonte de material está situada em uma distância inferior a 5 km da área do respectivo processo (Figura 4.4).

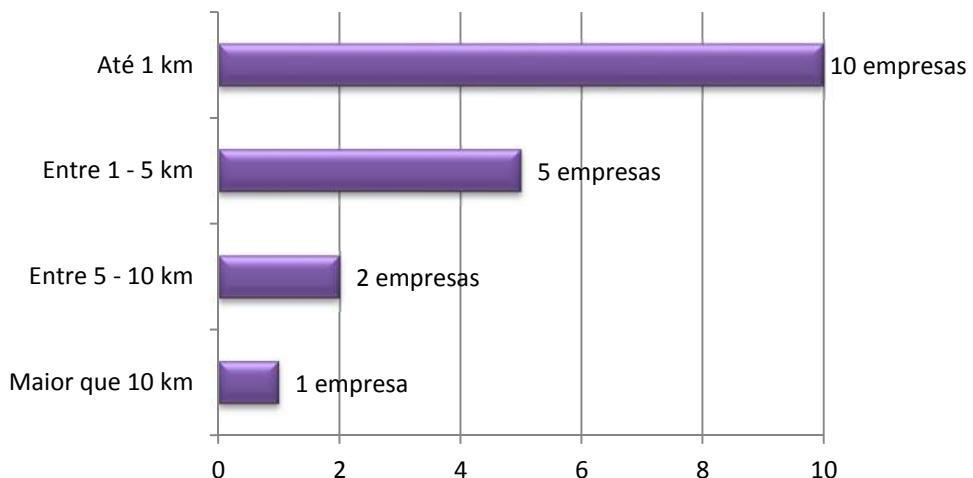


Figura 4.4 - Quantidade de empresas segundo a distância das cerâmicas até as áreas de extração informadas no pólo Limoeiro – Flores – Quixeré.

### Profundidade de Extração

Dados do levantamento realizado pela equipe do DNPM em agosto de 2011 nas proximidades da sede do distrito de Flores apontam que mais de 40% das cavas cadastradas apresentaram profundidade inferior a 1 metro e 47% apresentaram profundidades superiores a 1,5 metros. Apesar de apresentar um melhor aproveitamento do pacote argiloso em relação ao pólo de Russas, apenas 25% das cavas possuem profundidade mínima de 2 metros. De modo semelhante, cerca de 70% das cavas cadastradas nesse levantamento foram definidas como abandonadas; já as demais foram registradas como paralisadas, segundo definição já citada (Figura 4.5).

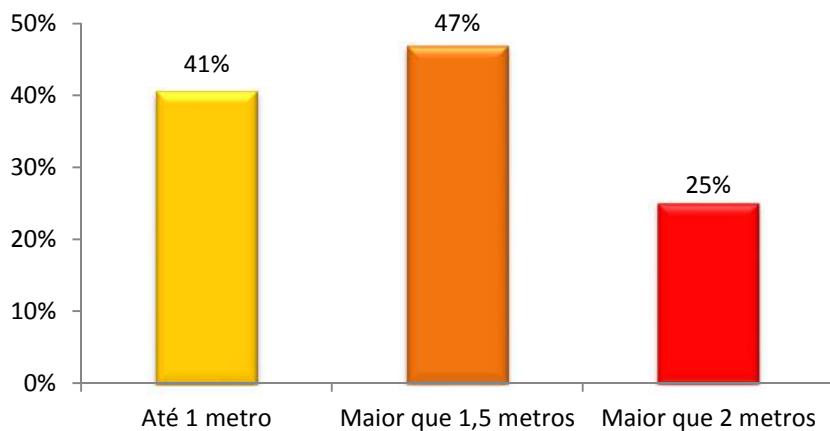


Figura 4.5 - Representatividade da profundidade das cavas no pólo Limoeiro – Flores – Quixeré.

#### 4.1.6 - Pólo São João do Jaguaribe – Tabuleiro

Considerando as quatro cerâmicas ativas no Pólo São João do Jaguaribe - Tabuleiro (Vide Anexo IV - Mapa 06), três delas informaram obter material na área pertinente ao processo 801.152/2008, sendo que uma delas está posicionada dentro dos limites do referido processo e as outras duas estão situadas a distâncias entre 5 km e 6 km do mesmo. Um segundo licenciamento para argila é observado nas proximidades de duas dessas empresas (0,5 km e 1 km de distância), mas nenhuma delas declarou utilizá-lo como fonte de material. A quarta empresa está localizada na área interna do processo 800.137/2005, mencionado pela mesma como sua fonte de matéria-prima.

#### 4.1.7 - Pólo Alto Santo

Com suas nove cerâmicas cadastradas, o pólo Alto Santo (Vide Anexo IV - Mapa 07) apresenta três empresas que declaram como fonte da argila utilizada o processo 800.576/2010 (ainda em fase de requerimento) e outras três que mencionam o processo 800.050/2007. As outras três cerâmicas não detalharam o licenciamento de extração, mas relataram que a retirada ocorre nas localidades de Sítio Morrinhos, Sítio Taborda e Jardim. Existem ainda pelo menos dois licenciamentos para argila nas proximidades dessas cerâmicas, mas nenhuma relatou aproveitar a argila em seus limites (com relação à cerâmica mais próxima, um dos licenciamentos apresenta distância inferior a 1 km e o outro, pouco mais de 2 km; outras quatro cerâmicas mais próximas apresentam distância de até 6 km desses processos).

### 4.2 - Principais Irregularidades

Apesar das vistorias realizadas pelo DNPM no Baixo Jaguaribe, fiscalizando e informando aos responsáveis sobre os requisitos legais para continuidade da extração, várias são as extrações irregulares que persistem em ocorrer nestas zonas. Assim, os principais problemas encontrados são:

1. O minerador possui área regularizada, mas a retirada de material ocorre fora dos domínios estabelecidos no licenciamento;
2. Atividades realizadas em áreas de outro titular de licenciamento, sem autorização formal deste;
3. Extração em áreas ainda em fase de pesquisa ou requerimento de licenciamento;
4. Lavra em locais sem nenhum cadastro junto aos órgãos competentes.

Os três primeiros pontos dizem respeito às atividades desenvolvidas em áreas cujo titular é conhecido e, portanto, os procedimentos administrativos podem ser direcionados ao mesmo. No caso do último ponto, por não haver titularidade, torna-se

difícil identificar os responsáveis e efetuar tais procedimentos, além de comprometer diretamente na arrecadação da CFEM.

Nos dois primeiros pontos convém ressaltar que por vezes é observada a falta de identificação dos limites *“in situ”*, que poderiam ser efetuadas com o auxílio de “piquetes”. Desse modo o responsável pela execução da atividade (carregador) acaba retirando material externo à área devida, em zonas não legalizadas ou de outros licenciados. Em todos os casos em que se constata irregularidade os agentes fiscalizadores são orientados a emitir um “Auto de Paralisação” e a atividade interrompida imediatamente.

Outro problema identificado durante as vistorias de campo é a maneira que os responsáveis pela extração se comportam com a presença do agente fiscalizador. Durante o período em que se nota a presença de veículos dos órgãos competentes na região a lavra é interrompida até que se tenha certeza de que o agente já tenha se retirado do local, o que dificulta a identificação dos responsáveis pela extração irregular.

#### **4.3 - Dimensionamento da Reserva Lavrável de Argila**

Diante da necessidade de ordenar a exploração de argila no polo cerâmico do Baixo Jaguaribe, foi realizado o mapeamento, através de modelagem geoestatística, da espessura da reserva lavrável de argila para fabricação de cerâmica vermelha em um trecho da bacia do baixo curso do Rio Jaguaribe, município de Russas/CE, com o objetivo de usar esta área como modelo para ordenamento da exploração de argila para todo o polo cerâmico do Baixo Jaguaribe.

Neste contexto, a modelagem geoestatística é aplicada neste estudo como uma abordagem probabilística, que engloba um conjunto de métodos estatísticos, para a análise e mapeamento de dados distribuídos no espaço. Sendo esta, uma alternativa eficaz para um melhor entendimento do comportamento espacial da reserva lavrável de argila na área de estudo, permitindo o ordenamento de sua exploração de forma sustentável, com respeito ao meio ambiente e garantindo a renda e o desenvolvimento das populações locais.

A metodologia utilizada para esta modelagem foi aplicada ao longo de cinco etapas, listados a seguir e explicadas em maior nível de detalhe na sequência:

- Contextualização dos dados;
- Análise da continuidade espacial da variável;
- Estimação geoestatística;
- Resultados.

##### **4.3.1 - Contextualização dos Dados**

Para realizar o dimensionamento da reserva lavrável de argila, inicialmente foi escolhida como área de estudo uma porção de aproximadamente 35km<sup>2</sup> no município de Russa/CE, conforme ilustrado na Figura 4.5.

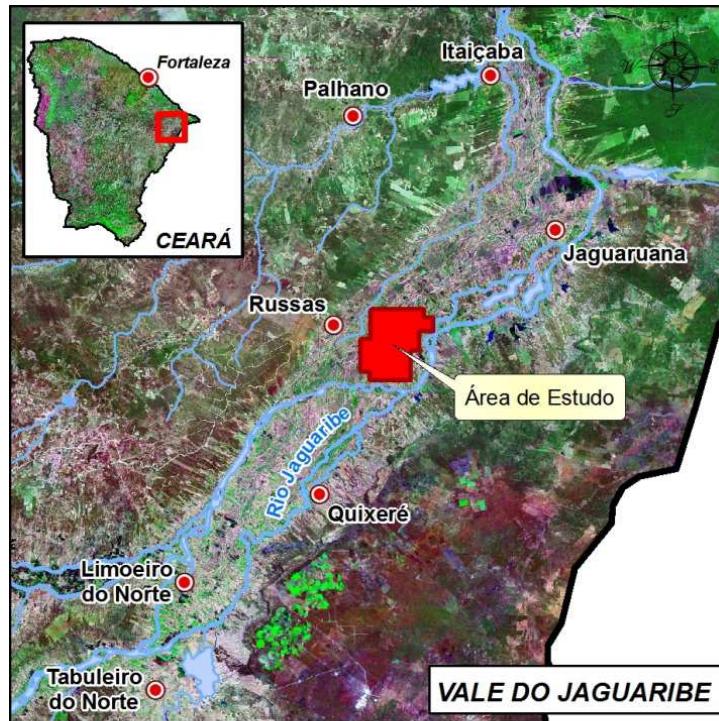


Figura 4.5: Localização da área de estudo para dimensionamento da reserva lavrável de argila.

De acordo com o cadastro das unidades produtivas (cerâmicas), realizado neste trabalho, esta região possui atualmente 41 cerâmicas em atividade, bem como 11 processos na fase de licenciamento em vigor. Dados que denotam a representatividade desta área de estudo no contexto de toda a região do polo cerâmico do Baixo Jaguaribe.

Para realizar a modelagem geoestatística desta porção do polo cerâmico do Baixo Jaguaribe, foram utilizados os perfis de 34 furos de sondagem, realizados durante o Projeto TECMO (Parahyba, 2001). (Vide tabela das sondagens no Anexo III)

Como o foco principal do projeto TECMO era a caracterização tecnológica da argila, e não o mapeamento da jazida, as sondagens foram realizadas de forma irregular pela área estudo, sendo o critério de escolha dos locais para perfuração a proximidade de extrações em atividade. Vale salientar também que após alguns estudos prévios, os técnicos do projeto TECMO concluíram que a reserva lavrável de argila estava localizada até 5m de profundidade, logo as sondagens foram realizadas considerando este patamar. Sendo assim, os perfis de sondagem utilizados neste trabalho não representam o pacote de argila em sua totalidade, mas apenas a camada considerada lavrável pelo projeto TECMO.

Na Figura 4.6 está representada a distribuição espacial da variável na área de estudo, sendo possível observar duas zonas próximas, localizadas no centro-sul da área, onde as espessuras da reserva lavrável de argila são maiores.

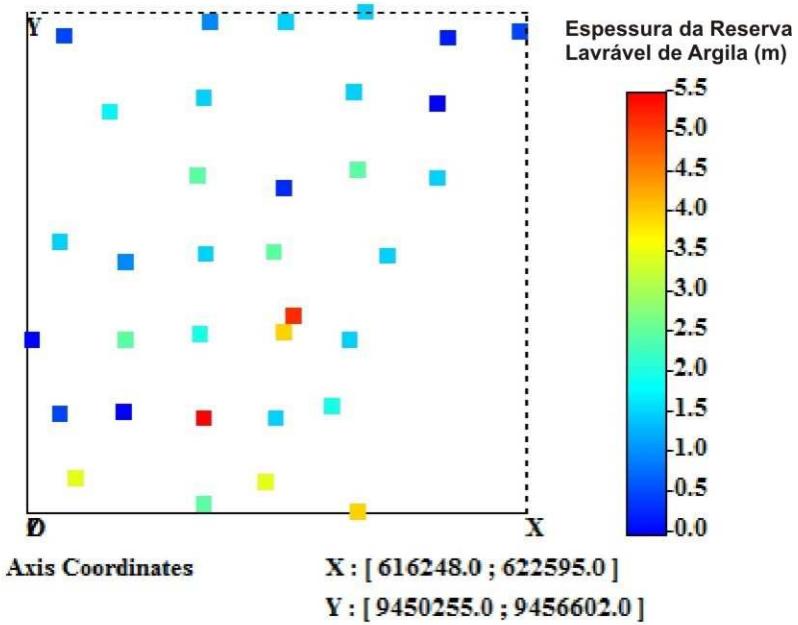


Figura 4.6: Distribuição espacial da variável reserva lavrável de argila – Russas/CE

#### 4.3.2 - Análise da Continuidade Espacial da Variável

Para realizar a análise da continuidade espacial da espessura da reserva lavrável de argila, foi utilizado o software geoMS, *Geostatistical Modelling Software* do Centro de Modelização de Reservatórios Petrolíferos (CMRP), *copyright CMRP-IST, 2000*.

Inicialmente foi realizada uma análise da forma como a variável em estudo se distribui no espaço, a fim de saber se estamos realmente trabalhando com uma variável regionalizada, onde os valores dependem da localização espacial com características intermédias entre as variáveis puramente aleatórias e as variáveis determinísticas. Tal conclusão é dada por parâmetros como a variabilidade e grau de normalidade da amostra. Tais informações podem ser observadas na Figura 4.7 gerada pelo módulo geoDATA do geoMS.

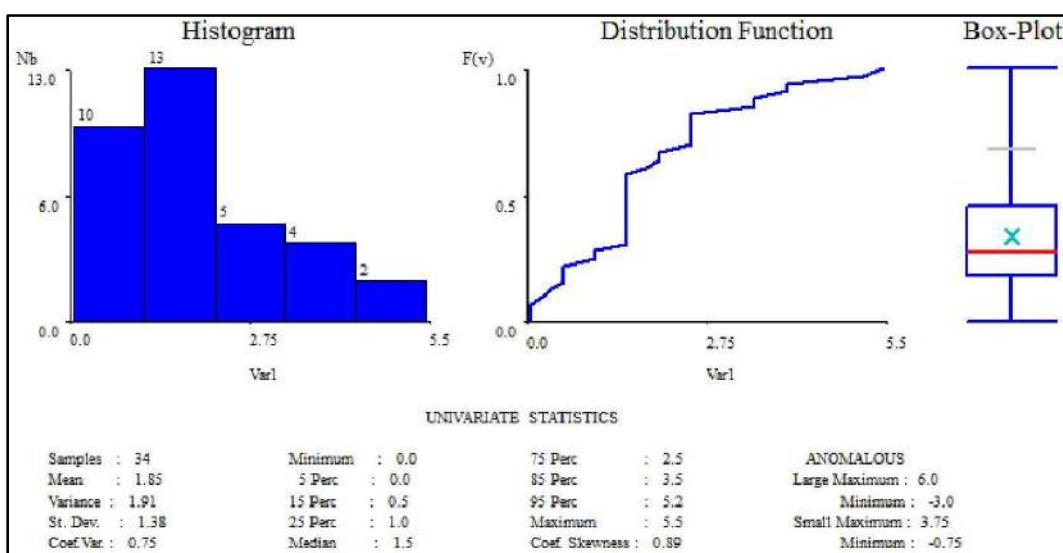


Figura 4.7: Estatísticas da variável espessura da reserva lavrável de argila – Russas/CE.

Como é possível observar na Figura 4.7, os dados amostrados apresentam uma elevada dispersão, apresentando um coeficiente de variação de 75%. Também é possível constatar através do coeficiente de *skewness* a assimetria da amostra (visto que o valor é positivo), apresentando distribuição enviesada à esquerda, como pode ser observado no histograma e comprovado pelo gráfico de *boxplot*, onde a linha vermelha que representa a mediana não coincide com o centro da caixa. Já o gráfico da função de distribuição demonstra que a variável não apresenta distribuição normal.

Diante da elevada dispersão e assimetria da amostra, bem como a conclusão que a variável não se apresenta normal, optou-se por realizar a caracterização do comportamento espacial da espessura da reserva lavrável de argila, segundo variogramas experimentais, de modo a sabermos se apresenta dependência espacial em direções preferenciais do espaço (anisotropia), ou não (isotropia).

Para realizar a modelagem espacial da variável regionalizada, foram utilizados dois tipos de variogramas experimentais, conforme ilustrado na Figura 4.8.

| VARIOGRAMA SEGUNDO UMA DETERMINADA DIREÇÃO   | VARIOGRAMA OMNIDIRECIONAL   |
|--|---|
| Utilizado na modelagem anisotrópica, este variograma toma a forma de dois cones simétricos, e por isso o peso é maior para amostras que estão nestas direções. | Utilizado na modelagem isotrópica, neste variograma é dado o mesmo peso a amostras que estão à mesma distância do ponto, embora em diferentes direções. |

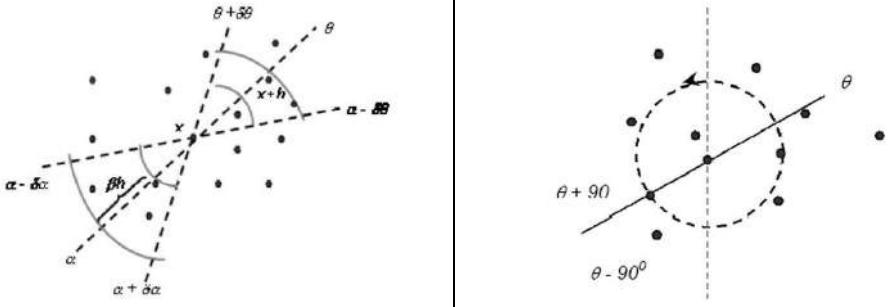


Figura 4.8: Tipos de modelos de variogramas experimentais. Fonte: Adaptado de (Braz et al, 2013).

No tocante a modelagem anisotrópica, foram gerados os variogramas experimentais usando o módulo geoVAR do software geoMS, utilizado um espaçamento de 500m (*lag distance* – define qual a amplitude de cada classe de distância onde irão ser calculados os variogramas experimentais), até um limite de 6.000m (*cut distance* - define a distância a partir da qual não são considerados pares de pontos para o cálculo do variograma, relativamente a uma dada direção). Em todos os ajustes foi utilizado o modelo esférico<sup>1</sup>.

Na tentativa de elucidar o comportamento da variável regionalizada em questão, foram gerados 19 variogramas<sup>2</sup> experimentais entre as direções -90° e 90°. O resultado pode ser observado na Figura 4.9 que apresenta a variação das amplitudes

<sup>1</sup> O modelo esférico é o mais utilizado no ajuste do variograma, possui patamar, e um limite superior para o qual tendem os valores do variograma com o aumento dos valores de  $h$ , e a amplitude de  $h=a$ . A amplitude mede a distância a partir do qual os valores de  $Z(x)$  deixam de estar correlacionados.

<sup>2</sup> O Variograma é um instrumento que descreve quantitativamente a variação no espaço de um fenômeno regionalizado; seu fundamento é o de que quanto maior a correlação entre os pontos menor a variância das diferenças

conforme as direções dos variogramas (ângulo da direção do variograma definido no plano XOY).

A análise variograma realizada no modulo geoVAR do *software* geoMS trabalha com o semivariograma  $g(h)$ , que é a metade da função variograma. Entretanto, muitos autores usam simplesmente o termo função variograma para expressá-la. Sendo assim, o valor de semivariância aumenta à medida que aumenta a distância de separação entre os pontos, até atingir o patamar, denominado “*sill*”, momento em que a variância dos dados se torna constante com a distância entre as amostras. O valor de  $\lambda(h)$  nesse ponto é aproximadamente igual à variância total dos dados. Tal parâmetro é fundamental no processo de *krigagem* utilizando análise variograma, uma vez que permite a determinação da distância limite entre dependência e independência entre das amostras.

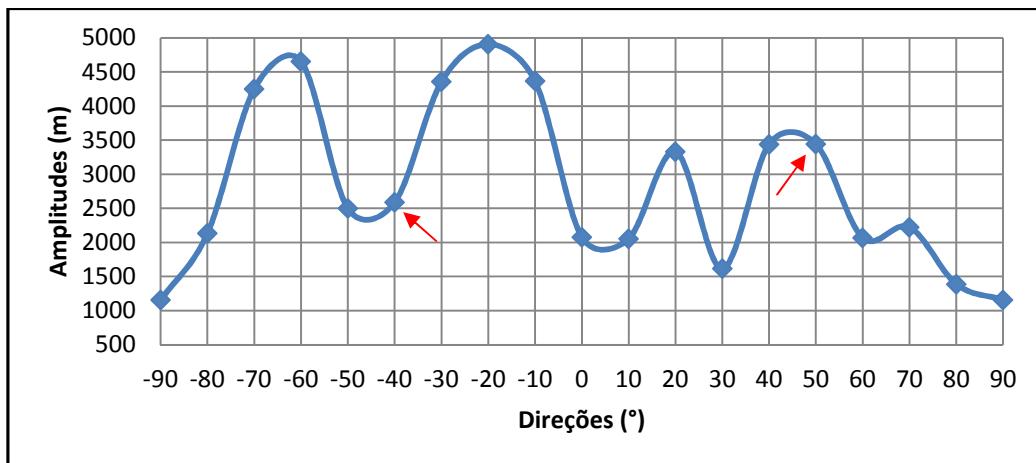


Figura 4.9: Variação das amplitudes conforme as direções dos variogramas

De posse da variação das amplitudes (Figura 4.9) e da análise dos variogramas experimentais, foi possível definir a elipse de anisotropia (considerando direções ortogonais e variogramas com menor número de pontos anômalos) com eixo maior na direção 50° (ângulo relativo ao norte geográfico), e eixo de menor amplitude na direção -40°. Os variogramas correspondentes à maior e à menor amplitude com o modelo ajustado estão ilustrados na Figura 4.10.

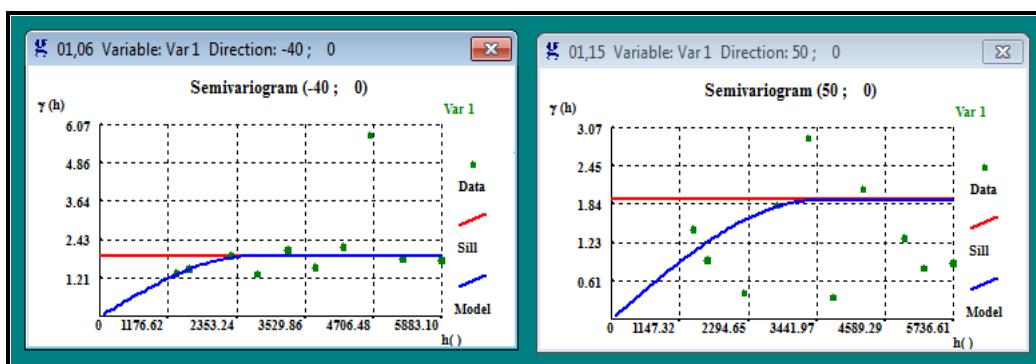


Figura 4.10: Variogramas ajustados correspondentes às direções de maior e menor amplitude para a variável espessura da reserva lavrável de argila – Modelagem Anisotrópica

Já na modelagem utilizando o modelo isotrópico, assim como na anisotrópica, foram gerados os variogramas experimentais usando o módulo geoVAR do *software*

geoMS, utilizando um espaçamento de 500m até um limite de 6.000m. Em todos os ajustes foi utilizado o modelo esférico.

Foram gerados três variogramas experimentais, sendo um na direção 0° (norte/sul); 90° (leste/oeste); e outro omnidirecional. Após a análise destes variogramas, chegamos à conclusão que o variograma mais representativo, com menor número de pontos anômalos, foi o omnidirecional (Figura 4.11), sendo este variograma o escolhido para realizar a modelagem isotrópica.

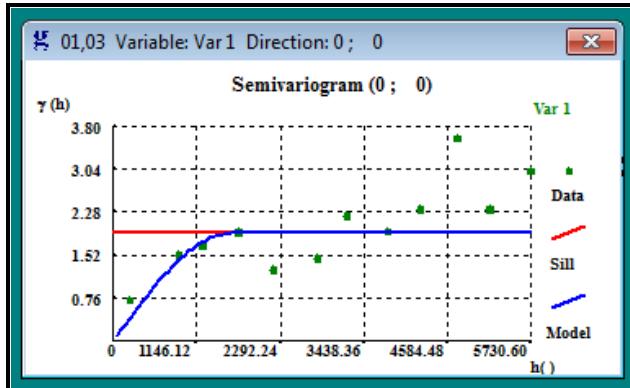


Figura 4.11: Variograma ajustado da variável espessura da reserva lavrável de argila – Modelagem Isotrópica

#### 4.3.3 - Estimação Geoestatística

Na estimação foi utilizado um interpolador denominado *krigagem*, que usa o conhecimento da correlação espacial obtida pelo variograma para fazer uma estimação da variável, possibilitando assim, estimar a espessura da reserva lavrável de argila nos locais não amostrados da área de estudo. A *krigagem* é um interpolador linear (suas estimativas são combinações lineares das N variáveis vizinhas); exato (pretende que a média e variância dos erros sejam iguais ou as mais próximas possíveis de zero); e estocástico (além de fornecer a estimativa do ponto, fornece também à estimativa do erro).

De acordo com Moreira et al. (2012), as vantagens da *krigagem* são:

- Considera o número de pontos necessário para se calcular uma média local;
- Integra as características espaciais dos pontos amostrais (tamanho, orientação e forma da distribuição);
- Otimiza a interpolação através do uso de pesos;
- Aponta a incerteza através da estimativa da confiabilidade da superfície interpolada.

Neste contexto, foi utilizado o módulo geoKRIG do software geoMS para realizar duas *krigagens* ordinárias<sup>3</sup>, sendo uma anisotrópica e outra isotrópica. Como *input* destas modelagens, foram usadas às definições de *grid* apresentadas na Tabela 4.4. Para a modelagem isotrópica foi utilizado como raio o valor de 1.604, correspondente à amplitude obtida no variograma omnidirecional. Já na modelagem anisotrópica foram utilizados os parâmetros de anisotropia resultantes da análise dos variogramas, conforme os dados exibidos na Tabela 4.5.

<sup>3</sup> Na *krigagem* ordinária as médias locais não são necessariamente próximas da média da população usando-se apenas os pontos vizinhos para a estimação.

| Coordenadas UTM |         |         | Espaçamento do grid | Número de Blocos |
|-----------------|---------|---------|---------------------|------------------|
|                 | Mínimo  | Máximo  |                     |                  |
| X               | 616000  | 623000  | 10m                 | 701              |
| Y               | 9450000 | 9457000 | 10m                 | 701              |

Tabela 4.4: Parâmetros utilizados no grid de estimativa

| Parâmetros            | Modelo Anisotrópico |
|-----------------------|---------------------|
| Direção Principal     | 50                  |
| Direção do eixo menor | -40                 |
| Raio principal        | 3441                |
| Raio menor            | 2588                |
| Razão de anisotropia  | 1.33                |

Tabela 4.5: Parâmetros de anisotropia resultantes da análise variograma.

Tanto a modelagem anisotrópica quanto a isotrópica apresentaram comportamento aproximadamente normal, como pode ser observado na Figura 4.12.

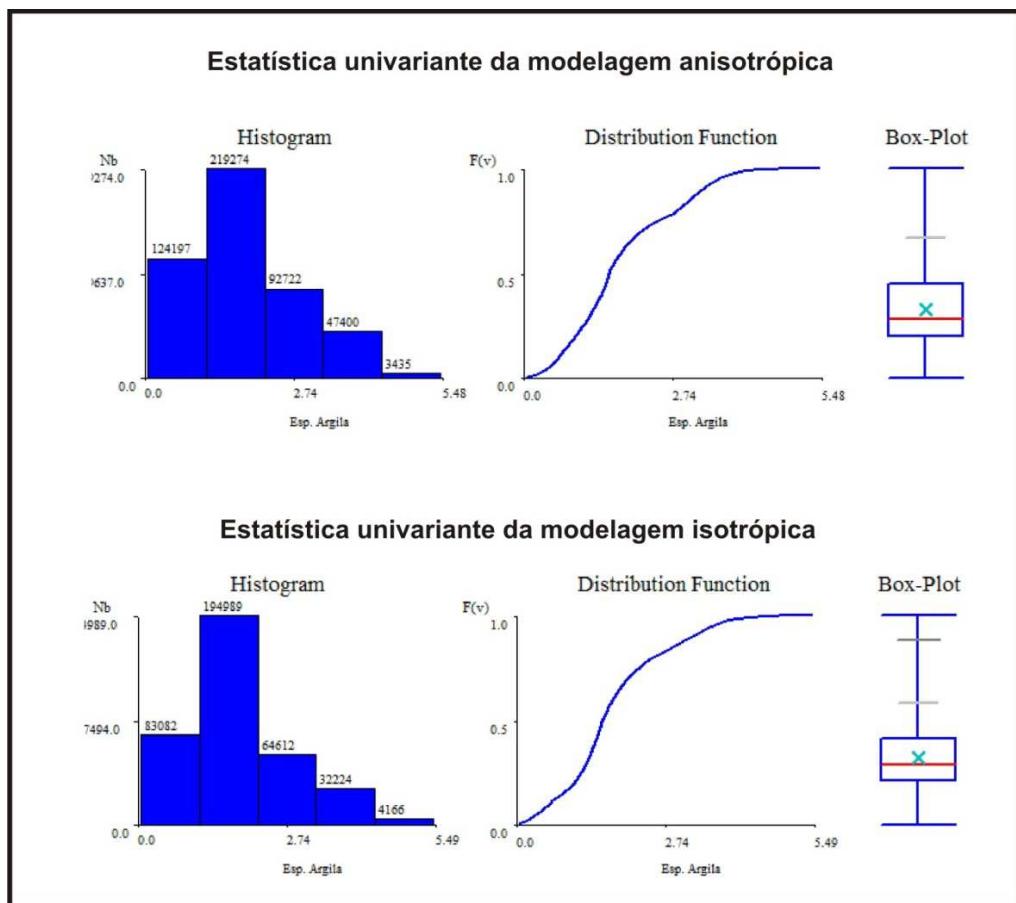


Figura 4.11: Estatística univariante da modelagem anisotrópica e isotrópica.

#### 4.3.4 - Resultados

De posse das superfícies estimadas pelo processo de *krigagem* ordinária, utilizando o modelo anisotrópico e isotrópico, foi realizada uma validação cruzada, ou teste do ponto fictício, onde para cada amostra, estima-se sequencialmente o valor da

variável regionalizada, considerado desconhecido, calculando o erro de estimação real. A partir da validação cruzada foi possível aferir o coeficiente de correlação entre os valores reais (amostras) e os valores estimados nos dois processos de modelagem.

A concordância dos resultados apresentados pelos dois procedimentos utilizados pode ser visualizada no diagrama de dispersão (Figura 4.12) e é referendada pelos coeficientes de correlação entre os valores reais e os valores estimados: para os valores estimados na modelagem anisotrópica o coeficiente de correlação (Pearson) foi de  $r=0,41$ , ao passo que a isotrópica obteve uma correlação de  $r=0,28$ .

Vale ainda ressaltar que ambas as modelagens apresentaram baixo erro médio quadrático (RMS<sup>4</sup>) sendo de 1,34 para a modelagem anisotrópica e de 1,55 para a isotrópica.

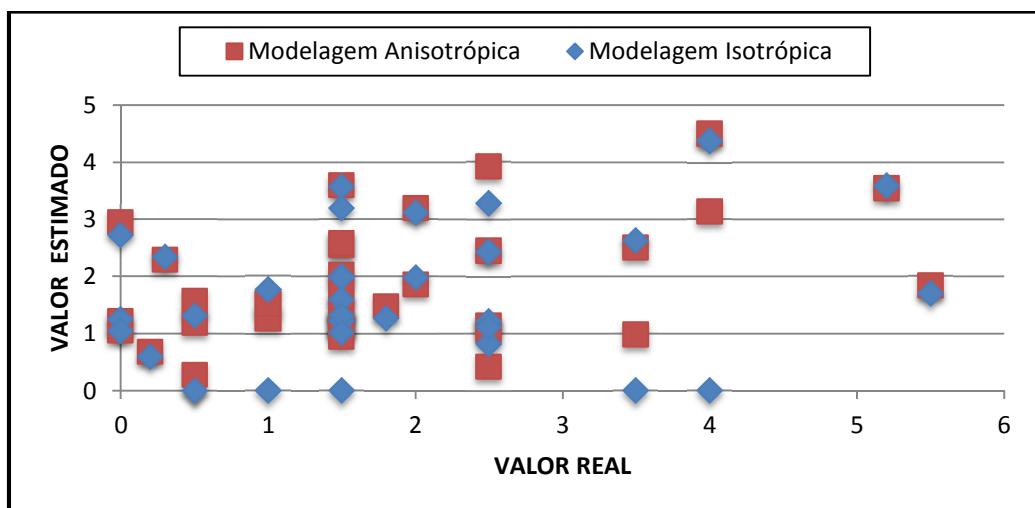


Figura 4.12: Diagrama de dispersão dos valores reais x valores estimados na modelagem anisotrópica e isotrópica.

Segundo os limites estabelecidos por Santos (2007) (Tabela 4.6), tanto a modelagem isotrópica ( $r=0,28$ ), quanto à anisotrópica ( $r=0,41$ ) apresentaram uma correlação fraca positiva. Embora o modelo anisotrópico tenha apresentado valor próximo à classe moderada positiva, a configuração resultante das duas modelagens não apresentam diferenças significativas, conforme pode ser observado na Figura 4.13.

Entretanto, o valor do coeficiente de correlação entre os dados reais e estimados no modelo anisotrópico ( $r=0,41$ ) ligeiramente superior ao obtido sem a análise variograma ( $r=0,28$ ), bem como do RMS pouco superior ( $\text{rms}=1,34$ ) em relação àquele obtido para o modelo obtido sem a análise variograma ( $\text{rms}=1,55$ ), pode ser interpretado como um exemplo onde à anisotropia pode não ter sido adequadamente capturada pela análise do conjunto de valores disponíveis. Problema que pode ser resolvido através de uma modelagem a partir de uma malha regular com menor distância entre os pontos amostrados.

<sup>4</sup> O erro RMS (Root Mean Squared Error) pode ser definido aqui como sendo a média das diferenças entre os valores estimados pelo processo de *krigagem* e os valores observados na amostra. Essas diferenças individuais, chamadas de resíduos, agrupadas em um único valor de previsão, torna o RMS uma boa medida de precisão.

| Coeficiente de correlação | Correlação        |
|---------------------------|-------------------|
| $r = 1$                   | Perfeita positiva |
| $0,8 \leq r < 1$          | Forte positiva    |
| $0,5 \leq r < 0,8$        | Moderada positiva |
| $0,1 \leq r < 0,5$        | Fraca positiva    |
| $0 < r < 0,1$             | Ínfima positiva   |
| 0                         | Nula              |
| $-0,1 < r < 0$            | Ínfima negativa   |
| $-0,5 < r \leq -0,1$      | Fraca negativa    |
| $-0,8 < r \leq -0,5$      | Moderada negativa |
| $-1 < r \leq -0,8$        | Forte negativa    |
| $r = -1$                  | Perfeita negativa |

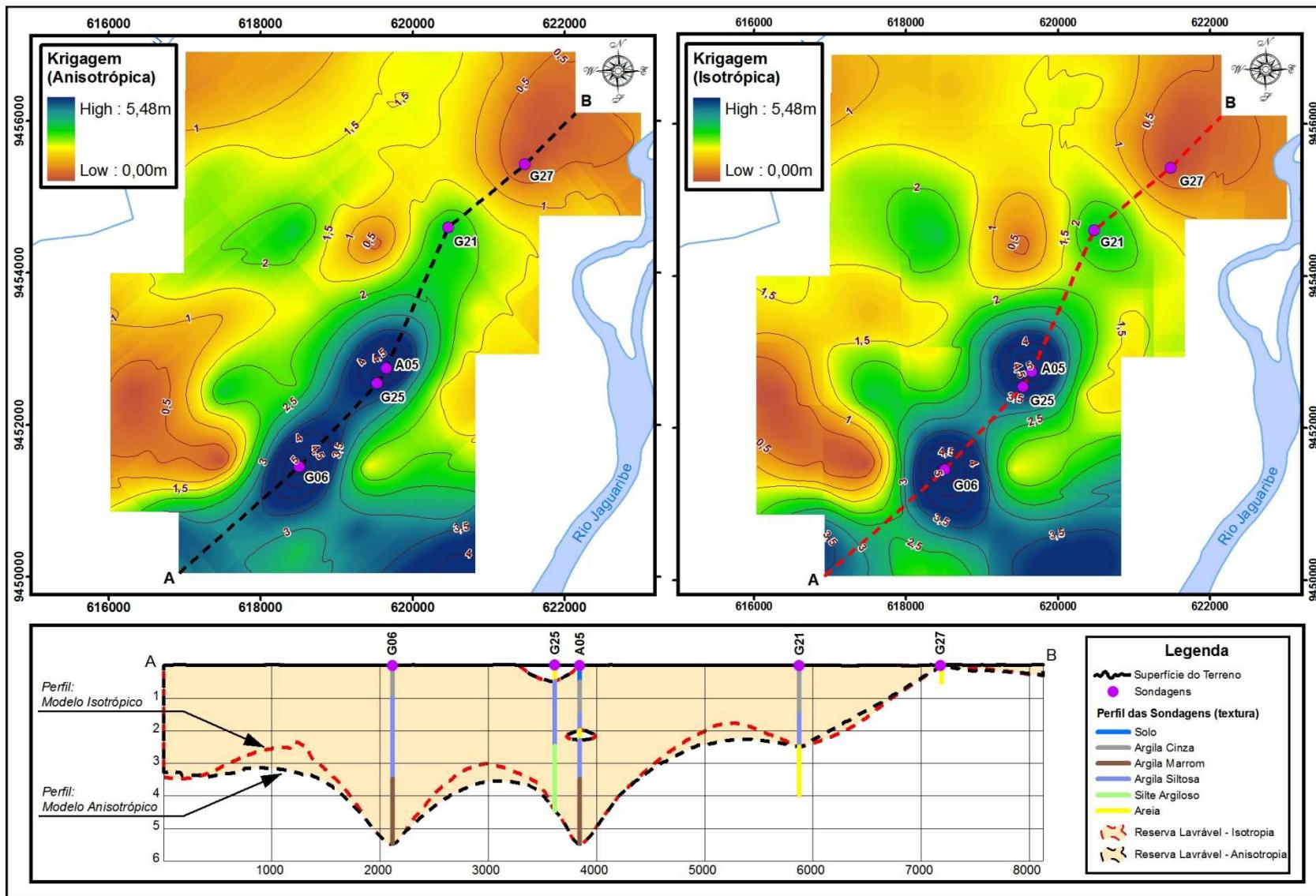
Tabela 4.6: Classificação da correlação linear. Fonte: Santos (2007).

Contudo, em ambas as modelagens os altos e os baixos potenciométricos foram igualmente posicionados. Também é possível observar nas duas modelagens que a maior espessura da reserva lavrável de argila apresenta orientação SW/NE. Entretanto este fenômeno se apresenta de forma mais notória na modelagem anisotrópica, uma vez que esta, através da análise dos variogramas detectou tal tendência.

Sendo assim, a modelagem anisotrópica apresenta uma transição mais suave entre os pontos amostrados, ao passo que na modelagem isotrópica, devido sua característica de dar o mesmo peso a amostras que estão à mesma distância do ponto, embora em diferentes direções, apresenta transições abruptas entre os pontos amostrados, como pode ser observado no perfil A-B (Figura 4.13), traçado no sentido SW/NE da área de estudo, seguindo a região modelada como sendo de maior espessura da reserva lavrável de argila.

Neste contexto, acreditasse que pela posição do trecho do Rio Jaguaribe, localizado a leste da área de estudo, que também apresenta direção SW/NE, esta seja a tendência natural da disposição do depósito de argila em sua planície de inundação, logo acredita-se que a modelagem que mais se aproximou da realidade foi a *krigagem* utilizando o modelo anisotrópico. Contudo, devido à complexidade da variável, para um resultado mais refinado se faz necessária uma modelagem a partir de uma malha regular com menor distância entre os pontos amostrados.

Figura 4.13: Modelagem resultado do processo de *Krigagem* usando modelo anisotrópico e isotrópico.



Sobrepondo os títulos minerários do DNPM a área de estudo, identificamos até a presente data, a existência de 11 processos na fase de licenciamento para exploração de argila. Como pode ser observado na Figura 4.14, a localização dos processos coincidem com as áreas modeladas como de maior espessura da reserva lavrável de argila. Entretanto, devido à escolha empírica das áreas exploradas, apenas 31% da área requerida por estes processos, recobrem regiões mapeadas com espessura superior a 3 metros, na modelagem utilizando o modelo anisotrópico. Sobrepondo a modelagem isotrópica este percentual cai para 30%.

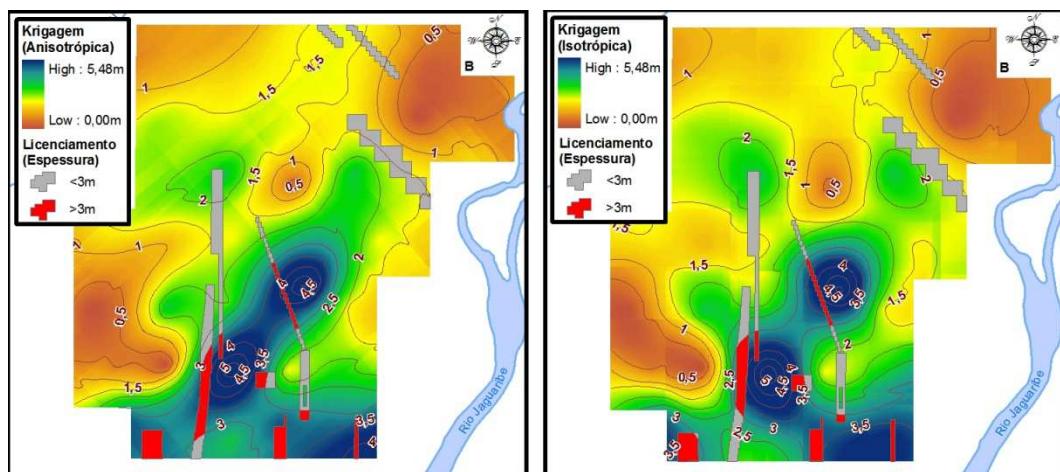


Figura 4.14: Títulos minerários de licenciamento sobrepostos à modelagem anisotrópica e isotrópica.

A sobreposição dos títulos minerários de licenciamento sobre as modelagens realizadas, demonstra a necessidade de estudos mais detalhados sobre a jazida de argila, uma vez que aproximadamente 70% das áreas dos processos recobrem regiões com espessura da reserva lavrável inferior a 3 metros.

Tal fato incrementa a atividade ilegal, uma vez que ao se exaurir de forma precoce a jazida licenciada, o minerador busca novas áreas não licenciadas para extraír a argila. Como a escolha das áreas de extração obedecem meramente ao método de “tentativas e erros”, onde o minerador inicia a extração sem a real noção do volume de material que pode ser extraído do local, muitas áreas são abandonadas após a extração de 0,50m de argila, acarretando vários problemas ambientais como desmatamento indiscriminado e salinização do solo, uma vez que devido à alta saturação da argila, estas cavas rasas acumulam água no período chuvoso que rapidamente evapora deixando no solo os sais.

## 5 - UTILIZAÇÃO

### 5.1 - Produtos Cerâmicos

Produtos cerâmicos são materiais de construção obtidos pela secagem e cozimento de materiais argilosos. A base dos produtos cerâmicos, a argila, é caracterizada pela capacidade de se tornar plástica ao ser misturada com água e pela sua resistência após o cozimento e desidratação.

Os materiais cerâmicos são fabricados a partir de matérias-primas classificadas em naturais e sintéticas. As naturais mais utilizadas industrialmente são: argila, caulim, quartzo, feldspato, filito, talco, calcita, dolomita, magnesita, cromita, bauxita, grafita e zirconita. As sintéticas incluem entre outras a alumina sob diferentes formas (calcinada, eletrofundida), carbonato de silício e os mais diversos produtos químicos inorgânicos.

Os materiais cerâmicos mais comuns são os produtos de argila, produtos de grés e de louça e os refratários.

#### 5.1.1 - Produtos de Argila

##### Blocos cerâmicos

Segundo Araújo *et al* (2000), são materiais que servem para dividir compartimentos ou vedá-los. Quando sobrepostos e rejuntados formam o que se chama de alvenaria ou, vulgarmente, paredes. Os blocos também podem desempenhar função estrutural, formando alvenarias portantes. Assim, os grupos de blocos cerâmicos podem ser definidos como maciços e vazados. Suas principais características são:

###### Maciços (tijolos)

- Podem ser fabricados por extrusão ou prensagem
- Devem possuir ausência de eflorescências, queima uniforme, formato paralelepípedico e podem apresentar rebaixos de fabricação em uma das faces de maior área.
- Dimensões dos tijolos comuns: 19 x 9 x 5,7 cm e 19 x 9 x 9 cm
- Absorção de água entre 15 e 25%

###### Vazados (vedação ou estruturais)

- Possuem furos paralelos a uma das faces

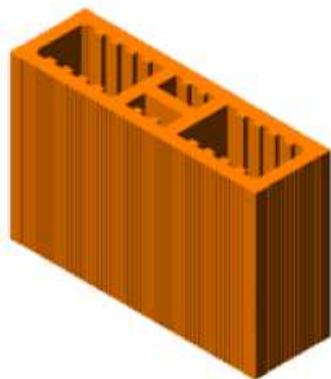
###### Tipos:

De vedação – suportam somente o peso próprio. Furos na vertical ou na horizontal. (Figura 5.1)

Estruturais – suportam cargas previstas em alvenaria estrutural e apresentam furos na vertical, podendo ser de três tipos: blocos com paredes maciças; blocos com paredes vazadas e blocos perfurados. (Figura 5.2)

Absorção de água total: entre 8 e 22%

a)



b)



Figuras 5.1 - Tijolos de vedação. a) furos na vertical; b) furos na horizontal

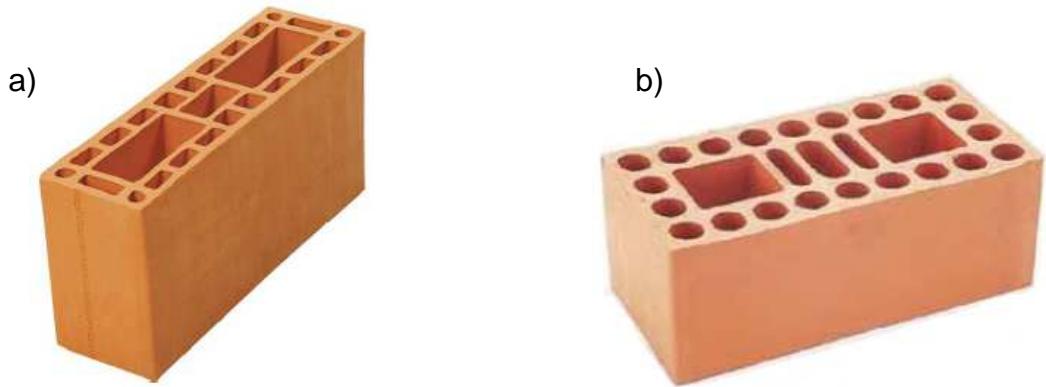


Figura 5.2 - Tijolos estruturais. a) paredes vazadas; b) perfurado.

Dependendo do tipo de bloco cerâmico são exigidos limites mínimos que devem ser respeitados com relação à resistência à compressão (Tabela 5.1).

| Resistência à Compressão                                    |  |
|---|--|
| <b>Tijolos</b>  | 1,5 a 20 MPa<br>(Mais comuns: 1,5 MPa, 2,5 MPa e 4,0 MPa). |
| <b>Blocos de vedação utilizados com furos na horizontal</b> | $\geq 1,5$ MPa   |
| <b>Blocos de vedação utilizados com furos na vertical</b>   | $\geq 3,0$ MPa   |
| <b>Blocos estruturais</b>                                   | $\geq 3,0$ MPa   |

Tabela 5.1 – Resistência à compressão dos tipos de blocos cerâmicos.

### Telhas

São os materiais cerâmicos usados na confecção de coberturas. Na fabricação das telhas são usados o mesmo processo e a mesma matéria-prima dos tijolos comuns. A diferença está na argila, que deve ser fina e homogênea, pois além da sua aplicação exigir um material mais impermeável, também não deve provocar grandes deformações na peça durante o cozimento (Araújo *et al*, 2000).

As telhas devem apresentar bom acabamento, com superfície pouco rugosa, sem deformações e defeitos (fissuras, esfoliações, quebras e rebarbas) que dificultem o acoplamento entre elas e prejudiquem a estanqueidade do telhado. Tampouco devem possuir manchas (por exemplo, de bolor), eflorescência (superfície esbranquiçada com sais) ou nódulos de cal.

Os tipos de telhas encontrados podem ser:

**Plana de encaixe** → Encaixe por meio de sulcos e saliências; apresentam furos e pinos para fixação. Ex.: francesa (Figura 5.3a);

**Composta de encaixe** → Capa e canal no mesmo componente; apresentam furos e pinos para fixação. Ex.: romana (Figura 5.3b);

**Simples de sobreposição** → Capa e canal independentes (o canal possui furos e pinos para fixação). Ex.: paulista (Figura 5.4a);

**Planas de sobreposição** → Somente se sobrepõem (podem apresentar furos e pinos para fixação). Ex.: alemã (Figura 5.4b).

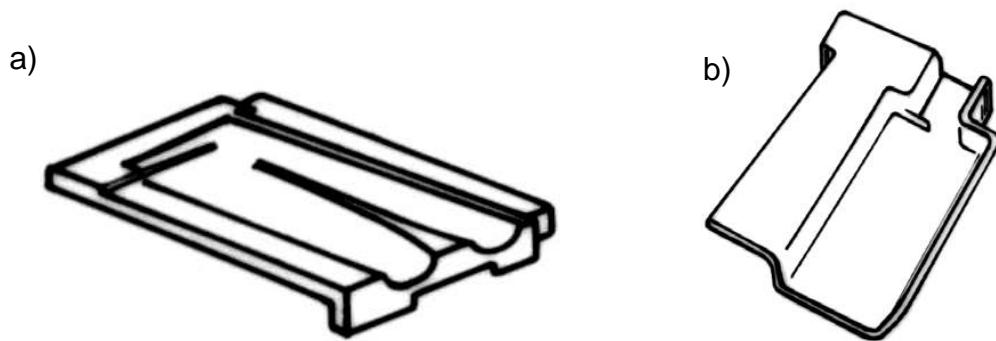


Figura 5.3 - Telha cerâmica tipo francesa (a), romana (b). Adaptado de Araújo *et al*, 2000.



Figura 5.4 - Telha cerâmica tipo paulista (a), plana de sobreposição (b). Adaptado de Araújo *et al*, 2000.

Alguns requisitos devem ser seguidos na fabricação das telhas para evitar problemas, principalmente estruturais. As principais características que devem ser levadas em consideração são:

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <b>Impermeabilidade</b>              | <b>Não deve apresentar vazamentos ou formação de gotas em sua face inferior;</b>  |
| <b>Retilinearidade e planaridade</b> | Para evitar problemas de encaixe;   |
| <b>Massa da telha seca</b>           | Máximo 6% superior ao valor especificado no projeto para o modelo da telha  |
| <b>Tolerância dimensional:</b>       | ± 2% em relação à especificação   |
| <b>Absorção de água</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Clima temperado ou tropical: ≤ 20%;</li> <li>✓ Clima frio e temperado: ≤ 12%;</li> <li>✓ Clima muito frio ou úmido: ≤ 7%;</li> </ul>                               |
| <b>Resistência à flexão</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Plana de encaixe: 1000 N;</li> <li>✓ Composta de encaixe: 1300 N;</li> <li>✓ Simples de sobreposição: 1000 N;</li> <li>✓ Plana de sobreposição: 1000 N.</li> </ul> |

### Tavelas

Elementos retangulares utilizados na confecção de lajes pré-moldadas. São apoiadas entre pequenas vigotas de concreto armado e servem de forma para a laje. Apresentam resistência à flexão maior que 700 N.

### Elementos Vazados

Elementos não estruturais, para ventilação e iluminação (Figura 5.5).



Figura 5.5 - Exemplos de elementos vazados.

### 5.1.2 - Cerâmica de Revestimento

A cerâmica de revestimento é uma mistura de argila e outras matérias-primas inorgânicas, queimadas em altas temperaturas. A placa cerâmica pode ser utilizada para os revestimentos de pisos, paredes, na forma de azulejos, ladrilhos e pastilhas, tanto em ambientes residenciais, públicos e comerciais como em industriais. Suas vantagens de uso são proteção contra infiltrações externas; maior conforto térmico no interior das edificações; boa resistência às intempéries e à maresia; proteção mecânica de grande durabilidade; longa vida útil; fácil limpeza e manutenção. Os revestimentos podem ser aplicados tanto no chão quanto na parede, dependendo da sua resistência, enquanto que os pisos, somente no chão.

Existem dois processos principais de queima: monoqueima e biqueima: A monoqueima é um procedimento na qual são queimados, simultaneamente, a base e o esmalte, em temperaturas que giram em torno de 1000°C a 1200°C. Esse processo determina maior ligação do esmalte ao suporte (base), conferindo-lhe melhor resistência à abrasão superficial, dependendo das características técnicas do esmalte aderido e maior resistência mecânica à flexão. A biqueima é o processo mais obsoleto, no qual o tratamento térmico é dado apenas ao esmalte, pois o suporte já foi queimado anteriormente (Fonte: Wikipédia).

### Produtos de Grés

Os materiais de grés cerâmico são fabricados com argila bastante fusível, ou seja, com muita mica ou com 15% de óxido de ferro, e passam por um processo de alta vitrificação. A vitrificação dos materiais de argila é feita por dois processos: o primeiro consiste na sua imersão, após a primeira cozedura, em um banho de água com areia silicosa fina e zarcão. No recozimento essa mistura vitrifica-se. O segundo processo, mais comum, consiste em lançar ao forno, a grande temperatura, cloreto de sódio. Este se volatiliza, formando uma película vidrada de silicato de sódio.

As manilhas são tubos cerâmicos de seção circular destinados à condução de águas residuais (esgotos sanitários, despejos industriais e canalizações de águas pluviais). São produtos vidrados interna e externamente, ou apenas internamente, na superfície que está em contato com o líquido. As manilhas devem apresentar uma resistência mínima à compressão diametral, que varia em função do diâmetro, entre 1400 e 3500 kgf/m. Devem, ainda, suportar uma pressão instantânea de 2 kgf/cm<sup>2</sup>. O limite de absorção deve ficar em torno de 10% (Araújo *et al*, 2000).

### Produtos de louça

São feitos com argila branca (caulim quase puro), cujas peças são impermeáveis na superfície (vidrado) e porosas no interior. Os materiais de louça caracterizam-se por sua matéria-prima quase isenta de óxido de ferro, com granulometria fina e uniforme e com alto grau de compacidade e vitrificação da superfície, cujo resultado é um material que tem como característica principal a impermeabilização - absorção de água em torno de 2% (Araújo *et al*, 2000).

Os principais materiais de louça são os azulejos, os aparelhos sanitários e as pastilhas.

- Azulejos - São placas de louça de pouca espessura, vidradas numa das faces. Podem levar corantes e possuir padrão liso ou decorado. A face posterior e as arestas são porosas, a fim de garantir melhor aderência das placas ao paramento. O azulejo comum mede, em geral, 15 cm x 15 cm. São usados para revestimento e requerem, neste caso, 45 unidades para cobrir 1m<sup>2</sup> de parede.
- Louça sanitária - Os aparelhos sanitários (lavatórios, vasos, bidês) são feitos por moldagem. Seu vidrado é obtido pela pintura da peça com esmalte de bórax com feldspato. Existe louça branca e colorida (a cor é obtida pelo uso de pigmentos), bem como vários elementos decorativos, tais como saboneteiras, papeleiras, etc.
- Pastilhas - As pastilhas são fabricadas pelo mesmo processo dos azulejos e têm, normalmente, forma quadrada ou sextavada. Quando quadradas, as pastilhas medem 2,5 cm x 2,5 cm. São usadas para fins de revestimento; para facilitar sua colocação, vêm coladas em folha de papel, que depois é retirada por lavagem.

Os produtos de grés e louça são considerados materiais cerâmicos de alta vitrificação.

### **Porcelanato**

É considerado a cerâmica de alto desempenho com baixa absorção de água (abaixo de 0,5%), elevada resistência ao desgaste físico (abrasão) e químico e elevada resistência mecânica (350 a 450 Kgf/cm<sup>2</sup>). Diferencia-se da cerâmica comum em função da argila selecionada de melhor qualidade e adição de feldspato e corantes e ainda a tecnologia avançada (Fonte: IFAP).

### **5.1.3 - Tijolos Refratários**

São feitos de blocos maciços e suportam altas temperaturas, abrasão e ação química. São materiais que possuem ponto de fusão elevado e, consequentemente, não se deformam quando expostos a altas temperaturas. São feitos com argila refratária, que é uma argila mais pura, rica em silicatos de alumínio e pobre em óxido de cálcio (material expansivo) e óxido de ferro (fundente).

Os materiais refratários mais comuns são os tijolos maciços de 50 mm x 100 mm x 200 mm, próprios para a execução de fornos, lareiras, chaminés, etc. É importante ressaltar que o assentamento dos tijolos deve ser feito com argamassa também refratária, obtida com a mesma argila do tijolo (Araújo *et al*, 2000).

### **5.2 – Tipos de produtos fabricados em Russas**

Os principais grupos de produtos comercializados são as telhas e os tijolos, com uma venda mensal de 46.093,6 milheiros (IEL, 2010). Dentro do primeiro grupo, os tipos de telhas comercializadas são as extrusadas e as prensadas (Figura 5.6).

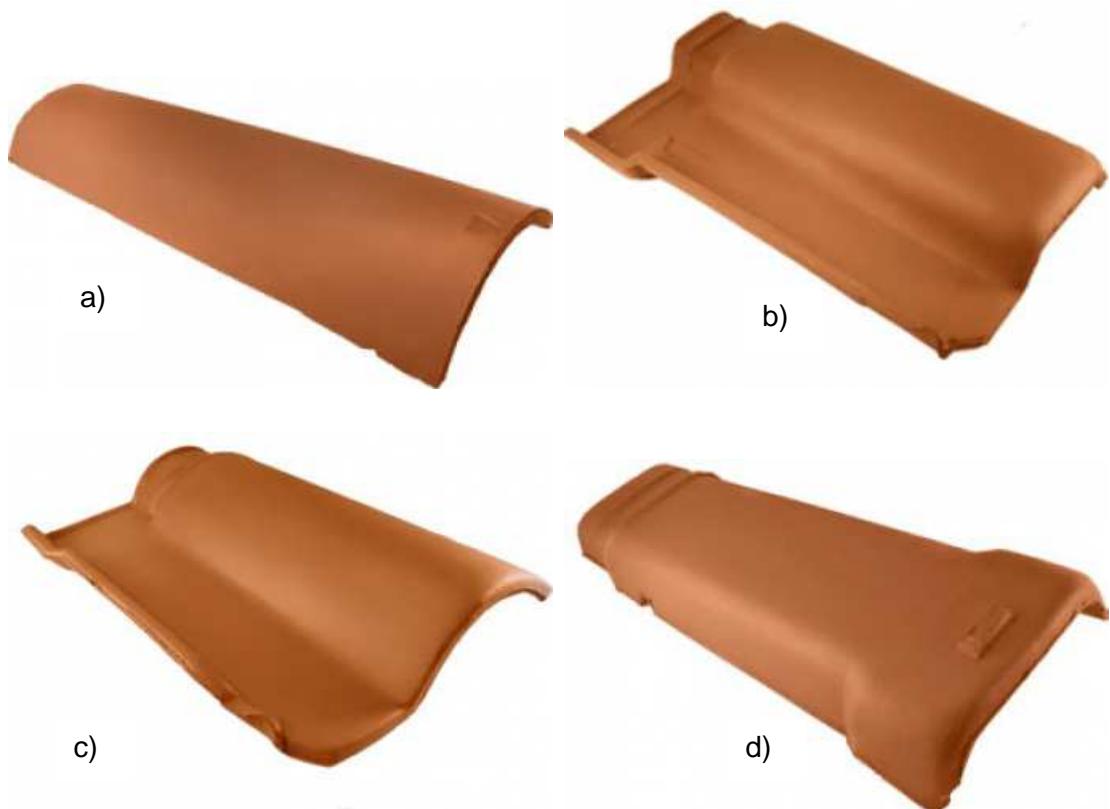


Figura 5.6 - Tipos de telhas produzidas em Russas. a) extrusada, b) romana, c) americana, d) plan.

No segundo grupo, foram identificados quatro tipos diferentes de tijolos. O tijolo oito furos apresentou-se mais freqüente na comercialização, com um total médio mensal de 906 milheiros, onde 36% das empresas mencionaram produzir tijolos do tipo oito furos e 34% destas produziram tijolo do tipo seis furos (Figura 5.7).

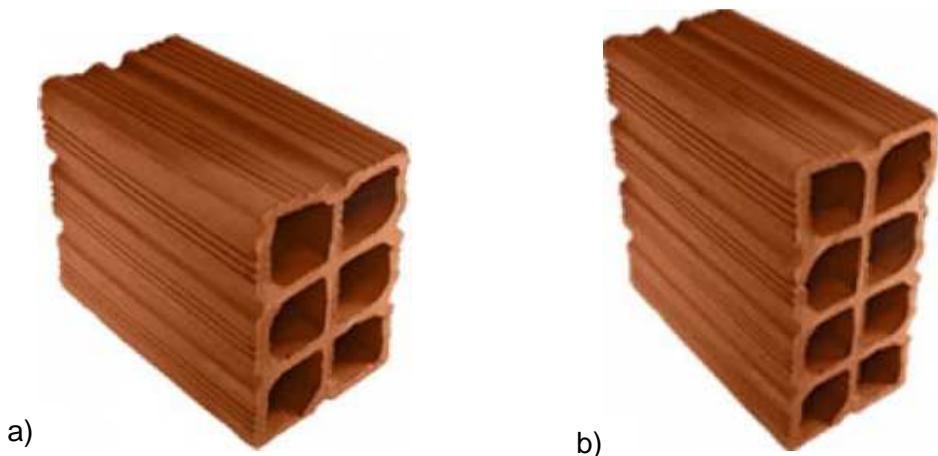


Figura 5.7 - Tipos de tijolos produzidos em Russas. a) tijolo seis furos; b) tijolo oito furos.

## 6 - CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

Segundo Araújo *et al* (2000), as argilas são solos residuais ou sedimentares que se formam em consequência da ação do intemperismo físico e/ou químico sobre rochas cristalinas e sedimentares. Desse modo, são encontradas diversas formas de argila:

- Argila natural: É uma argila que foi extraída e limpa, e que pode ser utilizada em seu estado natural, sem a necessidade de adicionar outras substâncias.
- Argila refratária: São utilizadas nas massas cerâmicas dando maior plasticidade e resistência em altas temperaturas, bastante utilizadas na produção de placas refratárias que atuam como isolantes e revestimentos para fornos.
- Caulim ou argila da China: Argila primária, utilizada na fabricação de massas para porcelanas. Devido a sua pouca plasticidade, deve ser moldada em moldes ou formas.
- Argilas de bola (*Ball-Clay*): São argilas secundárias muito plásticas, com alto grau de contração na secagem e na queima. É adicionada em massas cerâmicas para proporcionar maior plasticidade e tenacidade à massa. Vitrifica aos 1300 °C.
- Argilas para grês: Argila de grão fino, plástica, sedimentária e refratária - que suporta altas temperaturas. Vitrificam entre 1250 - 1300 °C.
- Argilas vermelhas: São plásticas com alto teor de ferro e resistem a temperaturas de até 1100 °C, porém fundem em uma temperatura maior e podem ser utilizadas com vidrados para grês.
- Bentonite: Argila vulcânica muito plástica, originada a partir das cinzas vulcânicas. Pode aumentar entre 10 e 15 vezes seu volume ao entrar em contato com a água. É adicionada a argilas para aumentar sua plasticidade. Funde por volta de 1200 °C.
- Argilas expandidas: A argila expandida é produzida em grandes fornos rotativos, utilizando argilas especiais que se expandem a altas temperaturas (1100 °C), transformando-as em um produto leve, de elevada resistência mecânica, ao fogo e aos principais ambientes ácidos e alcalinos, como os outros materiais cerâmicos. Suas principais características são: leveza, resistência, inércia química, estabilidade dimensional, incombustibilidade, além de excelentes propriedades de isolamento térmico e acústico.

Dada a grande quantidade de rochas que podem originar as argilas, assim como os processos de sua formação e seu grau de pureza, seguem os produtos argilosos de acordo com o material de origem (Araújo *et al*, 2000).

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Cerâmica branca</b>     | Caulim residual e sedimentar                     |
| <b>Cerâmica refratária</b> | Caulim sedimentar e argila refratária            |
| <b>Cerâmica vermelha</b>   | Argila de baixa plasticidade, contendo fundentes |
| <b>Cerâmica de louça</b>   | Argila plástica, com fundentes e vitrificantes   |

### 6.1 - Características das argilas

As principais propriedades observadas nas argilas são:

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Plasticidade</b> | Propriedade de se deformar quando submetido a uma força, e conservar a deformação quando esta é retirada   |
| <b>Retração</b>     | Propriedade de variar de volume com a variação de umidade. Dependendo da intensidade de retração, essa característica se torna inconveniente, com a geração de fissuras no material.   |
| <b>Porosidade</b>   | Relação entre o volume de vazios e o volume total. Influência na resistência mecânica, densidade, condutibilidade térmica e condutibilidade elétrica. Essa característica recebe influência direta da temperatura, considerando que até 600°C ocorre a secagem, de 600°C a 950°C diversas reações químicas podem ocorrer e, acima de 950°C começa a ocorrer a vitrificação (nesse ponto a porosidade do produto depende da quantidade de vidro formado). |

A análise química das argilas revela a existência de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) - que compõe em geral de 40 a 80% do total da matéria-prima; alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) - 10 a 40%, óxido ferroso ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) - presente em quantidades inferiores a 7%; cal ( $\text{CaO}$ ) - com teores geralmente abaixo de 10%; magnésia ( $\text{MgO}$ ) - abaixo de 1%; álcalis ( $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) - teores da ordem de 10%. Geralmente contam ainda com a presença de anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e anidrido sulfúrico ( $\text{SO}_3$ ). Tais componentes podem influenciar nas propriedades da argila e seu respectivo produto. Desse modo, as principais impurezas que podem interferir na qualidade do material argiloso são:

- ✓ Sílica livre
- ✓ Alumina livre
- ✓ Álcalis
- ✓ Matéria orgânica
- ✓ Sais
- ✓ Óxidos
- ✓ Cálcio

Más (2002) sugere a interpretação da análise química de uma matéria prima argilosa da seguinte maneira:

- óxido de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) e potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ): presentes geralmente na forma de feldspatos; são fundentes e conferem resistência mecânica quando sinterizados entre 950 e 1000°C;
- óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) e magnésio ( $\text{MgO}$ ): são agentes fundentes e tendem a diminuir a refratariiedade das peças, indicam a presença de calcita, dolomita e massas calcáreas que requerem moagem e temperaturas de sinterização aproximadamente a 1100°C;
- sílica ou óxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ): a sílica livre corresponde ao quartzo (areia) que reduz a plasticidade e a retração; facilita a secagem, mas diminui a resistência mecânica. A parte que vitrifica no cozimento endurece o produto.
- alumina ou óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ): está em sua maior parte combinada, formando os argilominerais (Santos, 1975); a alumina livre reduz a plasticidade e a resistência mecânica, mas aumenta a refratariiedade.
- óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ): responsável pela coloração vermelha ou amarelada na maioria das argilas; reduz a plasticidade, mas também diminui a retração e facilita a secagem. Também diminui a resistência mecânica, mas o pouco que funde na sinterização proporciona dureza ao vidrado;
- óxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ): desvia a cor para um tom alaranjado;
- óxido de enxofre ( $\text{SO}_3$ ): pode indicar a presença de gesso;
- óxido de manganês ( $\text{MnO}_2$ ): altera a cor para marrom;
- carbonatos: ajudam no branqueamento das peças, diminuem a expansão e aumentam a porosidade.

## 6.2 - Ensaios de Caracterização

Para a determinação das propriedades cerâmicas se torna necessária a realização de diversos ensaios tecnológicos. Os resultados dessas análises podem ser aplicados na definição do tipo de material que pode ser produzido com base nas características da matéria-prima. Os ensaios normalmente executados são:

- ✓ Umidade de extrusão: quantidade de água necessária para que a argila precise para ser extrusada (conformada). A umidade de extrusão também influencia na retração, pois a água existente na argila terá que sair durante os processos de secagem e queima;
- ✓ Resíduo retido na peneira nº 325: pode ser considerado aquilo que não é de fato argila, mas que faz parte dos componentes do material argiloso. O resíduo é importante na hora do empacotamento da argila, como também durante a secagem e a queima;
- ✓ Retração após secagem e retração após queima: redução nas dimensões da peça decorrente dos processos de secagem e queima; a retração ocorre principalmente pela perda de água;

- ✓ Perda ao fogo: é a diminuição de peso, até um valor constante, que indica uma perda de material devido ao aumento de temperatura. Indica o teor de matéria orgânica presente na argila e a quantidade de gás e vapor que são formados durante o aquecimento, resultantes da decomposição dos carbonatos (Más, 2002);
- ✓ Absorção de água: é a quantidade de água que a peça absorve após imersão em água por 24 horas. Serve para se avaliar a sua utilidade (blocos devem ter uma absorção entre 8 e 22%, telha deve ter uma absorção de água entre 8 e 20% segundo as normas pertinentes);
- ✓ Porosidade aparente: É a quantidade provável de poros que a peça possui após a queima a 950°C, quanto maior a porosidade aparente provavelmente maior a absorção de água da peça;
- ✓ MEA (Massa Específica Aparente) é a provável massa da peça após queima. É necessária principalmente na telha para que se possa dimensionar a grade onde a cobertura será colocada.
- ✓ Cor (Tonalidade) é a cor que a peça terá após sua queima. Geralmente é a cor que atrai o cliente.

### 6.3 – Métodos de seleção de amostragem e de caracterização tecnológica no projeto

Os dados das sondagens adquiridas no projeto TECMO (Parahyba, 2001), juntamente com as informações de profundidade catalogadas em campo foram aplicados na elaboração de um mapa de superfície para individualização dos picos dos diferentes tipos de materiais observados no local. Tais picos serviram de base na definição dos alvos de execução dos furos a trado deste projeto. Os dados de profundidade encontrados nas cavas cadastradas foram utilizados para definição da profundidade de quatro metros para execução dos furos deste projeto, sendo esse o valor máximo observado em campo (somente em um ponto) considerando que a grande maioria das cavas apresentava valores inferiores a dois metros de profundidade.

Para a execução das sondagens na região foi necessária a contratação de uma empresa que seria responsável pela execução dos furos a trado e acondicionamento do material em sacos plásticos. Foram executados nove furos nas proximidades da sede do município de Russas e quatro nas proximidades do distrito de Flores (tabela 6.1). A partir desse material recolhido foram selecionadas amostras, respeitando a quantidade de material exigido (20 kg) pelo laboratório responsável pela realização dos ensaios tecnológicos. Considerando a quantidade de material recolhido em cada seção do furo, foi possível a formação de duas amostras no 5º furo (ST-05), a partir da seção de 0,00 – 0,54m e da seção de 0,54 – 4,10m. Nos demais furos, as massas obtidas foram suficientes para formação de uma única amostra, sendo que em alguns casos foi necessário adicionar massas de seções diferentes, cujas porcentagens representativas são observadas na formação da massa final da amostra.

As amostras foram armazenadas em sacos plásticos junto com uma etiqueta e as mesmas foram enviadas para a empresa responsável pelas análises tecnológicas para obtermos as seguintes informações:

- ✓ Umidade de extrusão (%)
- ✓ Resíduo retido na peneira nº 325 da ABNT (%)
- ✓ Retração Linear a 110°C (%)
- ✓ TRF após secagem a 110°C (kgf/cm<sup>2</sup>)
- ✓ Perda ao Fogo a 950°C (%)
- ✓ Retração Linear Após Queima a 950°C (%)
- ✓ TRF após queima a 950°C (kgf/cm<sup>2</sup>)
- ✓ Absorção d'água a 950°C (%)
- ✓ Porosidade Aparente a 950°C (%)
- ✓ Mea a 950°C (g/cm<sup>3</sup>)
- ✓ Cor (tonalidade) após queima a 950°C
- ✓ Ensaio Granulométrico do Resíduo Retido

- ✓ Limite de Liquidez
- ✓ Índice de Plasticidade

| Amostra | Furo | Profundidade (m)                       | Características do material                            | Localidade |
|---------|------|--|--|------------|
| RUS-01  | ST01 | 0,00 - 2,60                            | argila siltosa marrom                                  | Russas     |
| RUS-02  | ST02 | 0,00 - 0,78 (70%)<br>0,78 - 2,25 (30%) | argila siltosa cinza escuro argila siltosa amarronzada | Russas     |
| RUS-03  | ST03 | 0,00 - 0,58                            | argila siltosa cinza escuro                            | Russas     |
| RUS-04  | ST04 | 0,00 - 2,00                            | argila siltosa cinza escuro                            | Russas     |
| RUS-05  | ST05 | 0,00 - 0,54                            | argila siltosa marrom                                  | Russas     |
| RUS-06  | ST05 | 0,54 - 4,10                            | argila siltosa cinza                                   | Russas     |
| RUS-07  | ST06 | 0,00 - 2,65                            | argila siltosa cinza escuro                            | Russas     |
| RUS-08* | ST07 | 0,25 - 1,25 (30%)<br>1,25 - 3,60 (70%) | argila siltosa cinza/marrom                            | Russas     |
| RUS-09  | ST08 | 0,00 - 0,80                            | argila siltosa cinza                                   | Russas     |
| RUS-10  | ST09 | 0,00 - 2,05                            | argila siltosa cinza marrom                            | Flores     |
| RUS-11  | ST10 | 0,80 - 2,85                            | argila siltosa cinza                                   | Flores     |
| RUS-12  | ST11 | 0,00 - 0,60                            | argila siltosa cinza                                   | Flores     |
| RUS-13  | ST12 | 0 - 2,40                               | argila siltosa cinza                                   | Flores     |
| RUS-14* | ST13 | 0,30 - 2,40 (60%)<br>2,40 - 4,14 (40%) | argila siltosa cinza marrom                            | Russas     |

Tabela 6.1 - Amostras enviadas para análise tecnológica. \* Presença de nódulos de calcário de aproximadamente 0,5 cm.

Inicialmente as amostras foram secas ao ar livre e moídas em moinho de martelo (abertura da malha de 4,5mm). Os corpos de prova (cp's) foram conformados por extrusão, com vácuo de 25pol/Hg, medindo aproximadamente 15,0 x 2,5 x 1,5cm (comprimento, largura e espessura, respectivamente). Os ensaios cerâmicos realizados nos cp's foram feitos de acordo com as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), abaixo discriminadas:

- Tensão de Ruptura à Flexão (TRF) da massa após queima: NBR 6113
- Absorção d'água (Aa): NBR 6220
- Porosidade Aparente (Pa): NBR 6220
- Massa Específica Aparente (Mea): NBR 6220

Os resultados obtidos das análises tecnológicas foram aplicados na elaboração dos gráficos apresentados no texto do relatório final do projeto.

#### 6.4 - Resultados dos Ensaios Tecnológicos

Os ensaios tecnológicos foram aplicados para diagnosticar as características físicas dos materiais argilosos quanto à sua aplicabilidade nas indústrias cerâmicas locais. As amostras recolhidos em campo foram analisados pela equipe técnica do laboratório SENAI – Piauí.

Conforme descrito na metodologia, foram coletadas nove amostras nas proximidades da sede do município de Russas (RUS-01 a RUS-08; RUS-13) e quatro nas proximidades do distrito de Flores (RUS-09, RUS-10, RUS-11 e RUS-12). Comparando-se os resultados obtidos a partir das amostras de Russas e Flores, aparentemente as mesmas não apresentam variação significativa dentro da região, desse modo, os resultados obtidos a partir das análises das amostras das duas localidades foram agrupados dentro de um mesmo gráfico em cada análise e são apresentados a seguir.

#### 6.4.1 - Retração Linear

O gráfico da figura 6.1 apresenta a influência da umidade de extrusão na retração linear após a secagem (110°C), em que é possível se verificar que na maioria das amostras analisadas a retração é maior onde a umidade de extrusão também apresentou maiores percentuais.

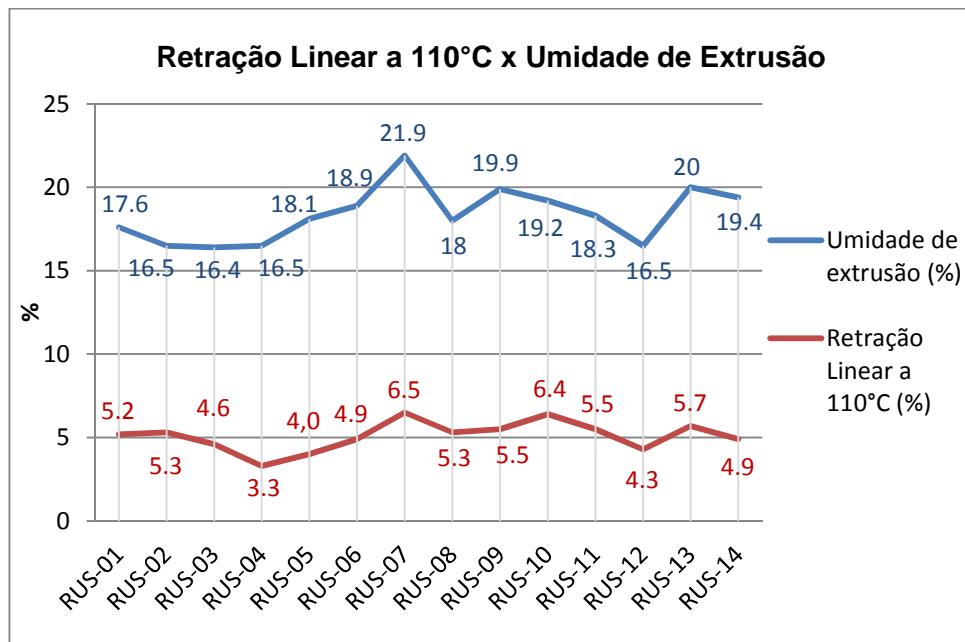


Figura 6.1 - Influência da umidade de extrusão no teste de retração linear.

#### 6.4.2 - Tensão de Ruptura à Flexão

No teste de tensão de ruptura à flexão dos corpos de prova após secagem a 110°C foi identificado que todas as amostras apresentaram resposta positiva para a produção de telhas, tijolos furados e tijolos maciços, considerando os limites mínimos propostos por Santos (1989). (Figura 6.2).

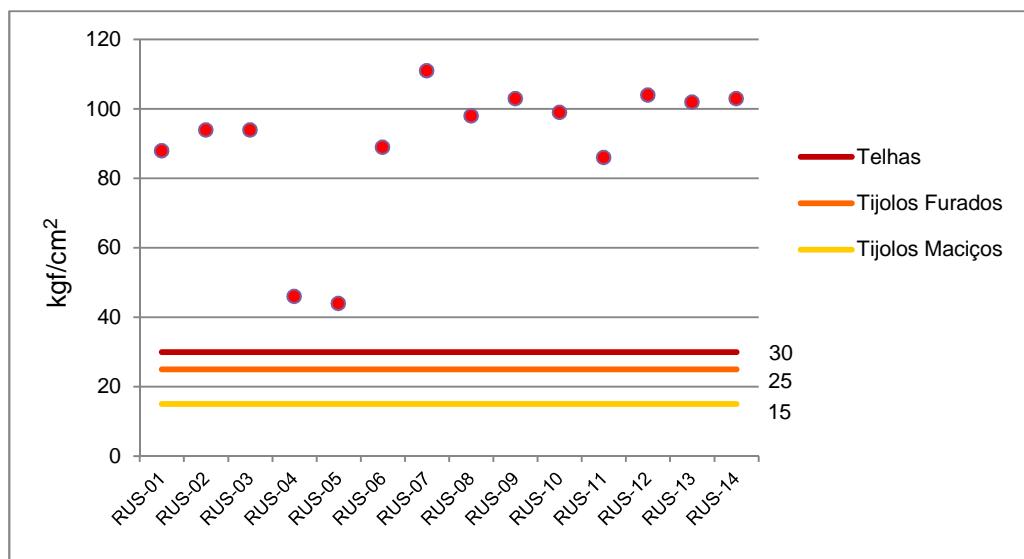


Figura 6.2 - Limites mínimos exigidos para os corpos de prova no teste de tensão de ruptura à flexão (secagem a 110°C).

Com relação ao teste de TRF aplicado nos corpos após queima a 950°C, verifica-se que pelo menos duas amostras (RUS-04 e RUS-05) revelaram resultados inferiores aos

limites mínimos definidos por Santos (1989) para telhas e tijolos furados, embora apresentem resultado compatível para a produção de tijolos maciços (Figura 6.3).

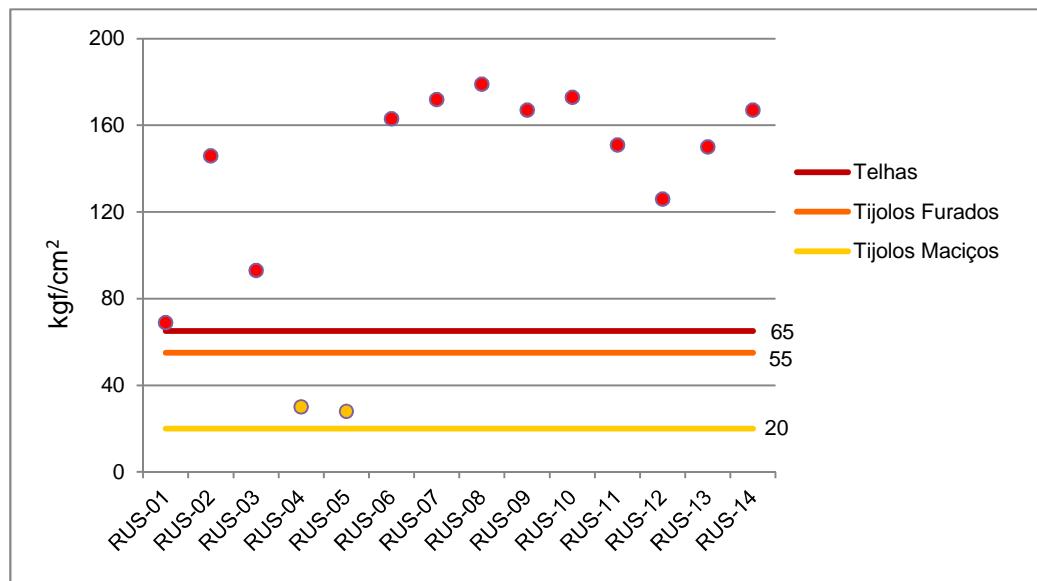


Figura 6.3 - Comparação dos resultados analíticos com os limites mínimos exigidos para os corpos de prova no teste de tensão de ruptura à flexão após queima a 950°C, conforme Santos (1989).

#### 6.4.3 - Absorção de água

O teste de absorção de água revelou que todas as amostras possuem características positivas para a produção de telhas e tijolos furados, considerando que as mesmas apresentaram valores percentuais abaixo dos limites máximos definidos por Santos (1989). (Figura 6.4)

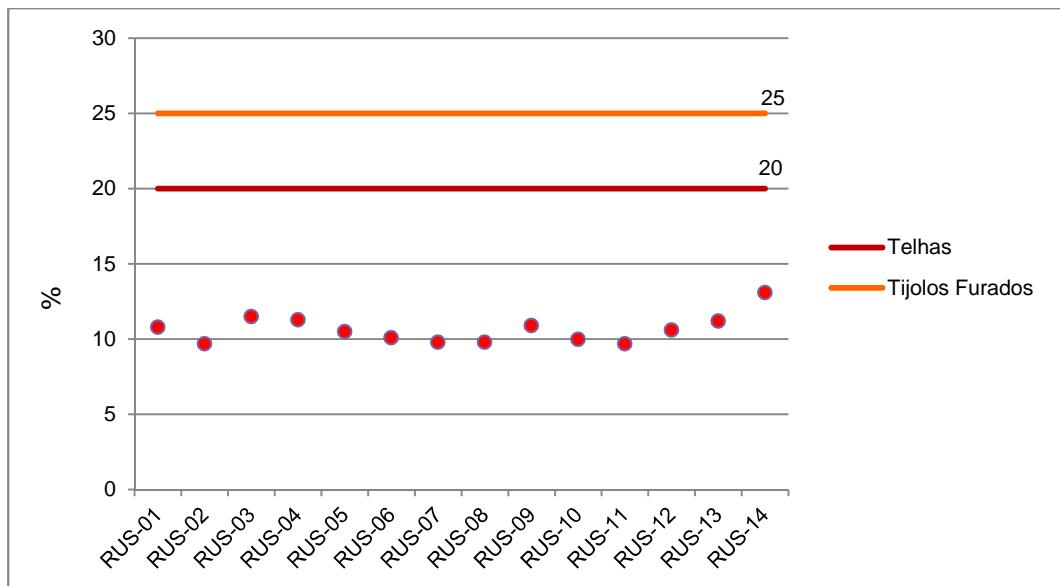


Figura 6.4 - Comparação dos resultados analíticos com os limites mínimos exigidos para os corpos de prova no teste de absorção de água, conforme Santos (1989).

O gráfico da figura 6.5 apresenta o comparativo dos resultados dos testes de porosidade aparente e de absorção de água (ambos a 950°C), em que é possível observar a correlação dos dados favoráveis ao postulado anteriormente (maior porosidade aparente, maior absorção de água).

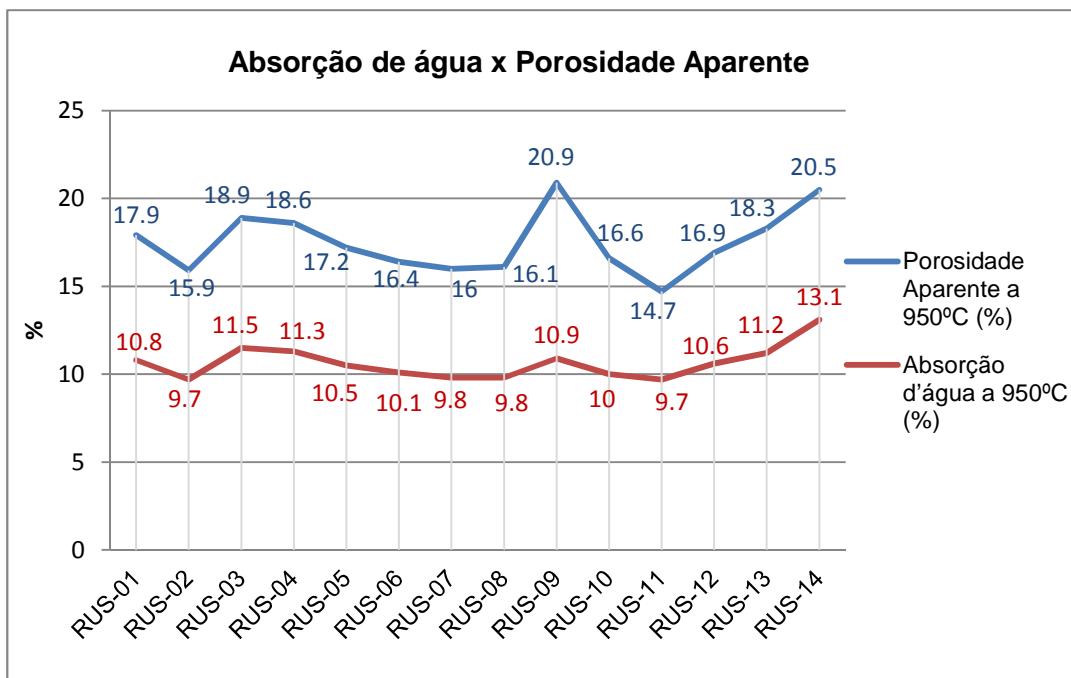


Figura 6.5 - Limites mínimos exigidos para os corpos de prova no teste de tensão de ruptura à flexão (secagem a 110°C).

Somente para esse teste foi possível observar alguma peculiaridade na presença de nódulos de calcário na amostra RUS-14, com provável influência nas características físicas do material. Neste caso, a referida amostra apresentou o maior índice para absorção de água entre todas as demais. Esse fato deve ser melhor avaliado em trabalhos futuros, considerando que a amostra RUS-08 (com presença de nódulos calcários) não apresentou maiores variações.

#### 6.4.4 - Massa específica aparente (MEA)

Os dados do Mea apresentam baixa variação entre as amostras analisadas, exceto pelas amostras RUS - 09 e RUS - 11, que apresentaram resultado superior ao encontrado nas demais. Comparando-se os dados de porosidade aparente apresentados no gráfico da figura 6.5, verifica-se que normalmente, nos casos em que os resultados de porosidade foram maiores, a massa específica aparente também apresentou valores mais elevados, exceto pela amostra RUS - 14 (Figura 6.6).

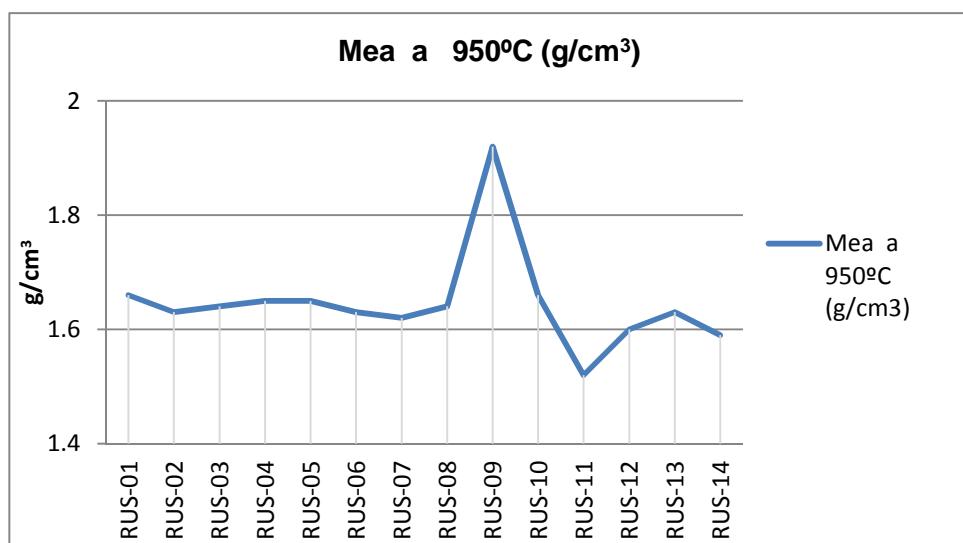


Figura 6.6 - Resultados do teste de massa específica aparente (Mea).

#### 6.4.5 - Índice de Plasticidade

Os dados adquiridos após a análise de plasticidade (Figura 6.7) demonstram que 50% das amostras estão no nível denominado “Fraco” ou “Material de capa” (abaixo de 13%). É aconselhável que um material cujo índice de plasticidade seja inferior a 13% não seja utilizado diretamente como massa cerâmica, mas seu uso deve ser direcionado à mistura com argilas excessivamente plásticas para melhorar no processo de secagem. Desse modo, verifica-se que os materiais presentes nas amostras RUS 02, RUS 03, RUS 04, RUS 05, RUS 08, RUS 10 e RUS 13 teriam melhor aproveitamento a partir da mistura com os materiais das amostras RUS 07, RUS 11, RUS 12 e RUS 14. Cabe ressaltar que o efeito aqui apresentado é apenas comparativo, considerando que as amostras foram recolhidas a uma considerável distância entre as mesmas, em terrenos de diferentes proprietários.

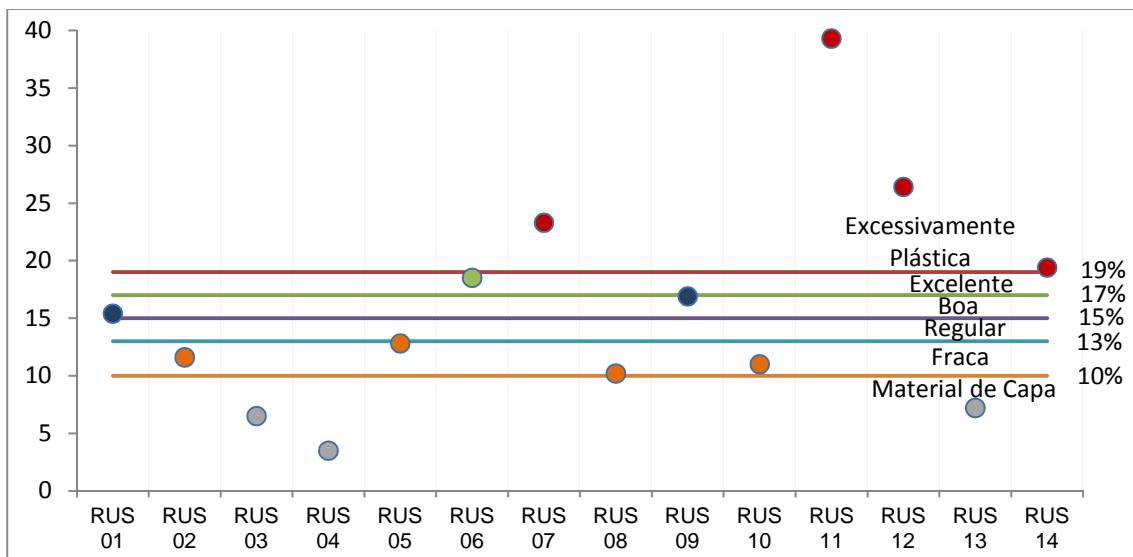


Figura 6.7 - Comparação dos resultados da análise com os níveis de plasticidade.

#### 6.4.6 - Resíduo retido na peneira nº 325 da ABNT (%)

As impurezas encontradas nas amostras RUS 01 a RUS 05 revelam a seguinte natureza: matéria orgânica, sílica livre, mica e grânulos de óxido de ferro. A partir das amostras RUS 06 até RUS 14, além das impurezas já mencionadas também foi registrada a presença de calcário, sendo esse último um problema para a indústria cerâmica vermelha por provocar defeitos como trincas no produto final (Figura 6.8). Conforme mencionado anteriormente, argilas com pelotas de calcário requerem moagem e temperaturas de sinterização aproximadamente a 1100°C.

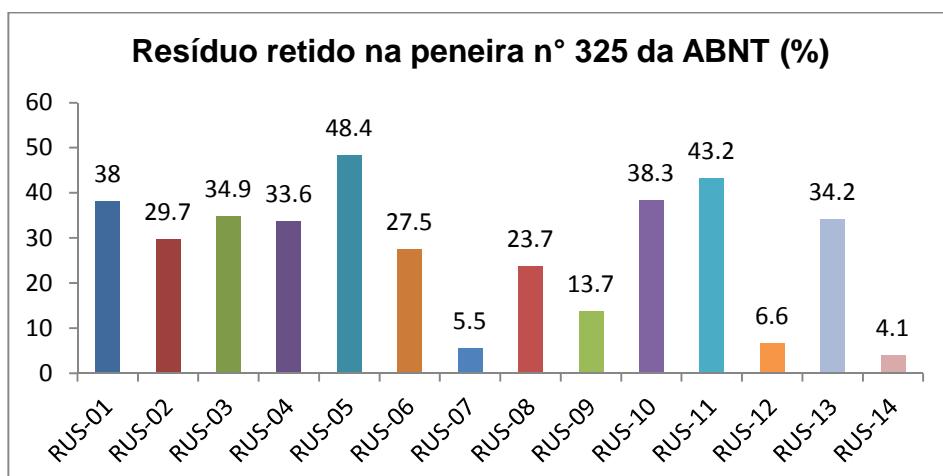


Figura 6.8 - Resultados do teste de resíduo retido.

#### 6.4.7 - Perda ao fogo

Conforme já mencionado, uma das características observadas na análise de perda ao fogo é a quantidade de gás resultante da decomposição dos carbonatos. Com isso, pode-se perceber que nas amostras cujo resíduo apontou a presença de calcário (RUS 06 a RUS 14), as mesmas apresentam valores percentuais mais acentuados, exceto pelas amostras RUS 12 e RUS 14 (Figura 6.9).

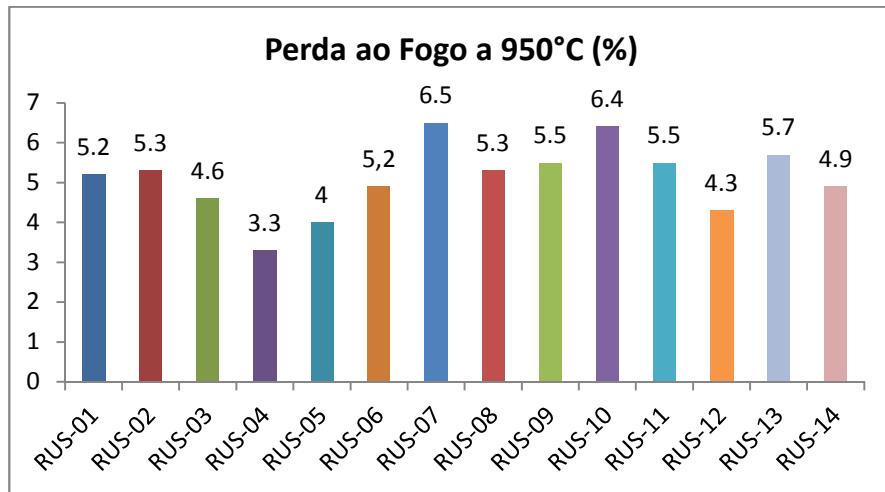


Figura 6.9 - Resultados do teste de perda ao fogo.

## 7 – PROCESSOS PRODUTIVOS

O processo produtivo consiste em uma sequência de operações em que as matérias primas são processadas, adquirindo em cada etapa propriedades novas ou alterando suas características físicas e químicas até a obtenção do produto final. Neste capítulo serão abordados os processos produtivos desenvolvidos na região do Baixo Jaguaribe, mais especificamente no município de Russas, para produção de telhas e em menor escala, tijolo e outros produtos (Figura 7.1).

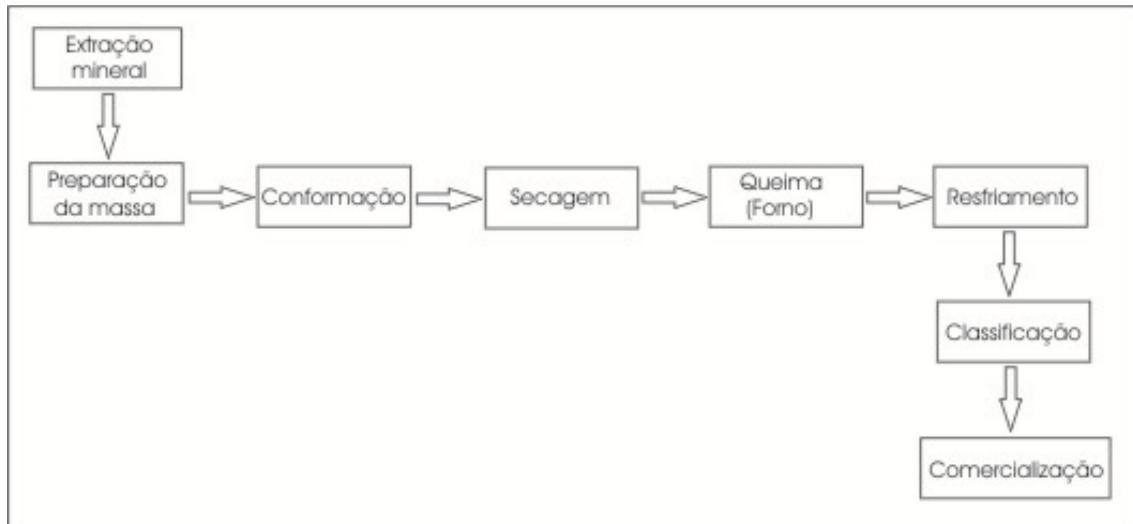


Figura 7.1 – Processos básicos na indústria cerâmica.

A dependência da indústria cerâmica de matéria-prima mineral faz com que as instalações industriais estejam situadas o mais próximo possível das áreas de extração (cavas), não excedendo 10 km de distância na região do Baixo Jaguaribe. Na figura 7.2 está exemplificada a distribuição das instalações industriais e das cavas em área no município de Russas.

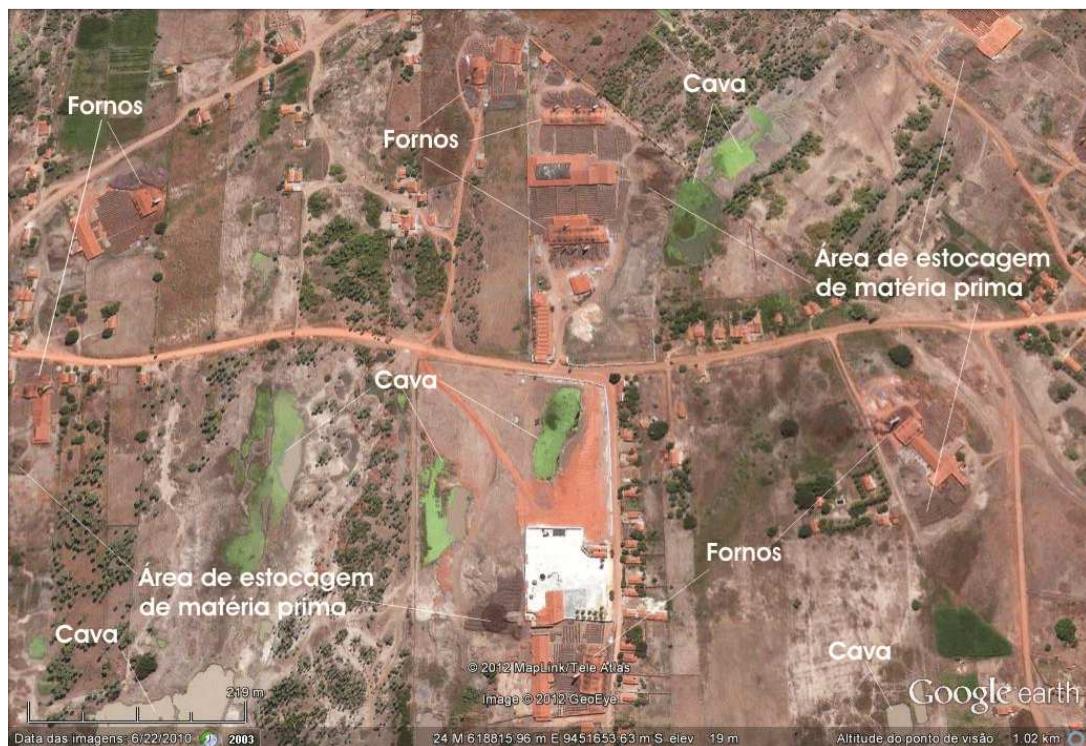


Figura 7.2 – Exemplo da distribuição das instalações industriais e cavas em Russas.

As cerâmicas do Baixo Jaguaribe, na sua maioria, produzem telhas extrusadas e blocos cerâmicos. As principais matérias-primas utilizadas para a produção são: argila, lenha (70% poda de cajueiro e 30% nativa), água e energia (Figuras 7.3 a 7.6).



Figura 7.3 – Cerâmicas localizadas no entorno da sede do município de Russas.



Figura 7.4 – Cerâmicas localizadas no entorno da sede do município de Russas.



Figura 7.5 – Cerâmicas localizadas no distrito de Flores, município de Russas.



Figura 7.6 – Cerâmica localizada no município de Jaguaruana.

## 7.1 – Lavra

A lavra inclui o desmonte, o carregamento e o transporte do material para a cerâmica, onde será tratado e transformado.

O método de lavra é a céu aberto em cava, sendo a extração de argila iniciada com a definição da área da cava, remoção da vegetação e do solo rico em matéria orgânica, raízes e outras impurezas que possam comprometer a qualidade do material.



Figura 7.7 – Aspecto de frentes de lavra no município de Russas, em que uma é realizada de forma planejada e a outra de modo desordenado.

Embora em algumas áreas já seja utilizada a escavadeira, o principal equipamento utilizado tanto no desmonte mecânico quanto no carregamento dos caminhões é a pá carregadeira, popularmente denominada de “enchadeira” que, em geral, é utilizada sem orientação técnica, planejamento prévio ou preocupação com o destino das áreas após a extração. A pá carregadeira não é o equipamento adequado para extração de argila, pois essas máquinas não foram projetadas para realizar escavações, deveriam ser usadas apenas no carregamento dos caminhões, sendo a atividade de desmonte realizada por retroescavadeiras ou escavadeiras. Após o carregamento, o material é levado diretamente para o pátio da cerâmica.



Figura 7.8 - Extração de argila em operação no município de Russas.

A indústria cerâmica da região utiliza, geralmente, dois tipos de matéria prima, uma com maior teor de argila, denominado de barro forte ou gordo, e um material com menor teor de argila e maior teor de areia e silte, denominado barro fraco, magro ou “poaca”. Lima (2009), com base em ensaios de granulometria e plasticidade, dividiu o material argiloso extraído na região de Russas em plástico ou gordo e não plástico ou magro.

As operações de extração de argila avançam horizontalmente alcançando pequenas profundidades, restringindo-se a camada superior do depósito, ocasionando que, no máximo com menos de 5,0 metros de profundidade, a extração seja interrompida e iniciada nova cava. Estas operações se limitam a faixas de grandes extensões no comprimento e larguras

bastante estreitas, pois as áreas são resultantes de propriedades que são adquiridas para esta finalidade e possuem este formato, muito comum na região.

Vários trabalhos como Parahyba *et al* (2000), Medeiros & Parahyba (2003), Paula Pessoa (2004) e Lima (2009) já discutiram as causas para a extração ficar restrita apenas ao nível superior do pacote argiloso, ou seja:

- A argila da região é do tipo gorda ou forte, sendo necessário se fazer uma mistura (blendagem) com material do tipo magro ou poaca para adequá-la às especificações requeridas pela indústria ceramista. O nível superior do depósito, principalmente até 1,0 e 1,5 m de profundidade, podendo atingir até 5,0 m, já possui essa mistura natural, com características adequadas ao uso na indústria cerâmica, fazendo com que, em alguns casos, não seja necessária a adição de nenhum outro tipo de material na preparação da massa a ser usada para produção das peças cerâmicas.
- Presença na argila, com o aumento da profundidade, de nódulos e/ou concreções calcárias com até 1,0 cm de diâmetro. Sem a adequada homogeneização da massa cerâmica a presença desse material poderá ocasionar problemas à peça cerâmica, tanto como decorrência da liberação de CO<sub>2</sub>, com a calcinação do calcário durante a queima, quanto com a reidratação, já com a peça pronta, em ambiente exposto à umidade.

Como se pode observar, o problema que vem determinando que a extração se dê até pequenas profundidades, ocasionando a degradação de grandes áreas, face ao desenvolvimento superficial da mineração é de ordem puramente tecnológica, sendo perfeitamente possível de ser equacionado.

Lima (2009) descreveu dois tipos de depósito na região de Russas denominados de “mina plástica” e “mina não plástica”. A “mina plástica”, que ocorre associada ao terraço de várzea (vide figura 3.3), foi subdividida em dois níveis argilosos: nível superior de cerca de 50 cm de espessura, não utilizado pela indústria, rico em matéria orgânica, delimitado pelas raízes, com textura siltosa; nível inferior, de cerca de 4 m de espessura, constituído por lentes siltico-argilosas, de cor marrom ou cinza, com pequenos bolsões arenosos distribuídos na camada argilosa, que pode apresentar concreções calcárias e níveis ferruginosos. Na “mina não plástica”, que ocorre associada aos terraços atuais, o depósito é mais homogêneo, com textura de areia fina a grossa, cor creme a avermelhada, com camadas de, aproximadamente, 3 m de espessura e níveis argilosos centimétricos.

Em uma mesma jazida o material argiloso pode apresentar características diferentes tanto no sentido vertical quanto horizontal e somente a realização dos ensaios necessários a caracterização tecnológica do material vão propiciar a seleção e mistura adequada dos vários tipos existentes para obtenção da massa para produção das peças cerâmicas.

O desconhecimento sobre a geologia dos depósitos, os problemas tecnológicos acima citados, a falta de planejamento e acompanhamento dos trabalhos de lavra ocasiona o abandono precoce das frentes, devido ao mau aproveitamento da jazida, tendo como consequência a degradação do solo e o desmatamento de uma quantidade de área bem maior que o necessário.

De acordo com IEL (2010), em pesquisa realizada no município de Russas, a média de permanência da argila estocada no pátio da cerâmica é de aproximadamente quatro meses.

## 7.2 – Preparação da massa

Após a extração, o material argiloso é transportado para um pátio no interior da unidade industrial para a preparação da massa (Figura 7.9), que se constitui na fase inicial do processo cerâmico e tem por objetivo promover a mistura dos dois tipos de matéria prima extraídos para formação da massa cerâmica nos teores desejados.

Inicialmente é realizada a desintegração com a quebra manual dos torrões e uma pré-umidificação. Em seguida, objetivando homogeneizar e decompor a matéria orgânica, os dois tipos de argila extraídos (forte ou gorda e fraca ou magra) são estocados, formando pilhas com camadas alternadas que são misturadas, depois de um período de tempo, denominado de “curtimento” (denominação local) ou “sazonamento” (Paula Pessoa, 2004).

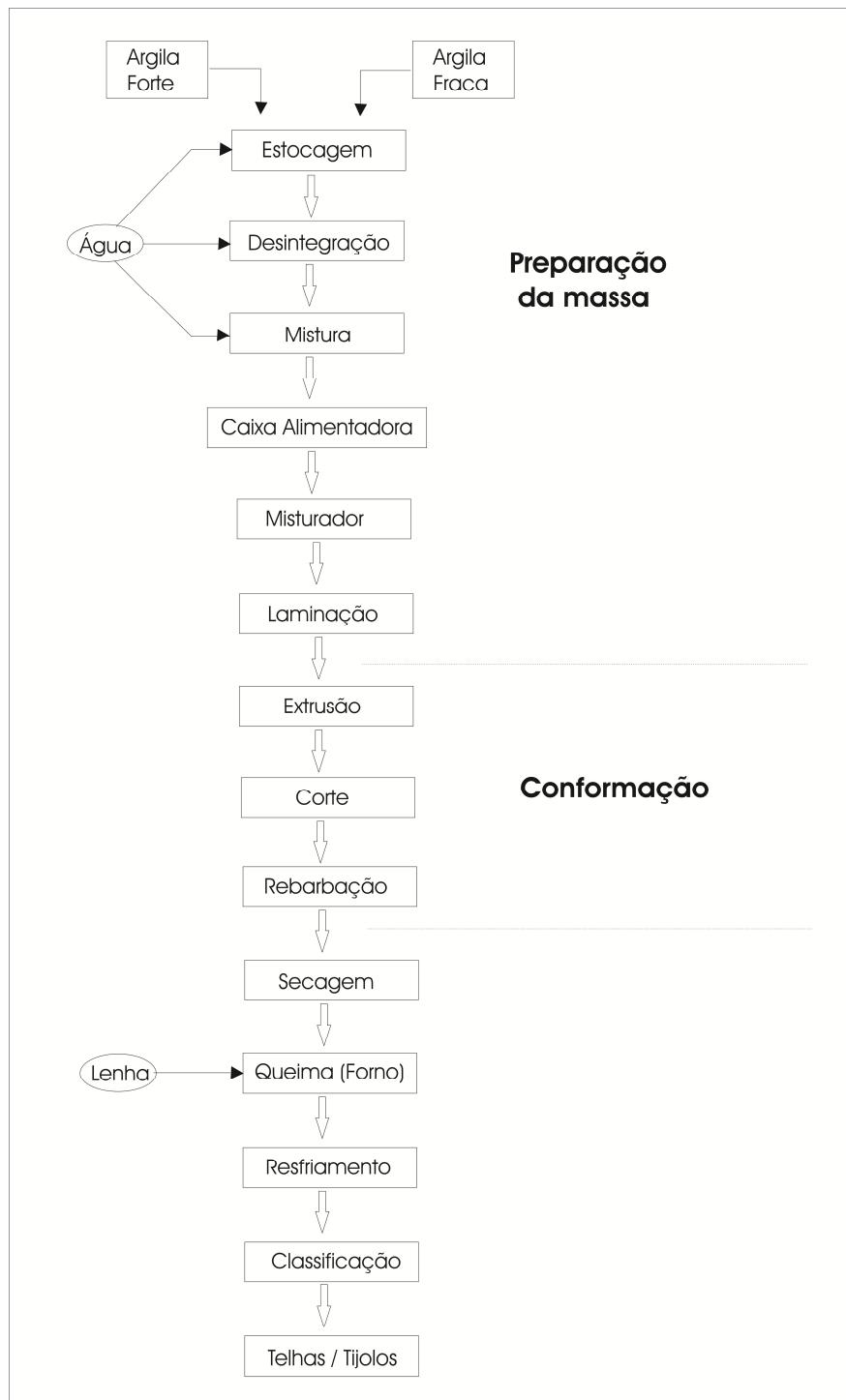


Figura 7.9 – Fluxograma do processo produtivo da indústria cerâmica do Baixo Jaguaribe para fabricação de telha extrusada e tijolo furado (modificado de Paula Pessoa, 2004).

Durante o curtimento ou sazonamento, a estocagem desse material pode ser a céu aberto ou, dependendo do espaço da indústria, em galpões cobertos por lonas plásticas (Figura 7.10). Dependendo da operacionalidade da unidade industrial, a matéria prima cerâmica pode ficar em descanso por um período de 6 meses a 1 ano (Lima, 2009).



Figura 7.10 – Estocagem do material em galpão coberto.

A seleção e a dosagem dos dois tipos de argila são definidas de maneira prática, seguindo a experiência dos ceramistas, que utilizam o aspecto visual e o tato. De acordo com Lima (2009), a dosagem é realizada manualmente ou com utilização de uma pá carregadeira na proporção de 2:1 ou 3:1, sendo a maior parte proveniente do material considerado forte ou gordo, variando de acordo com o tipo de argila utilizada. Esta prática tradicional e sem nenhuma técnica implica em produtos com baixa qualidade, sem padronização e com grandes perdas. (Figura 7.11).



Figura 7.11 – Mistura e pré-umidificação na preparação da massa em cerâmicas do município de Russas.

Pouquíssimas indústrias, somente aquelas de maior porte, realizam o procedimento técnico correto para a mistura proporcional ou controle de dosagem da argila. Segundo Lima (2009) o controle de dosagem é realizado através da análise granulométrica para determinação da quantidade de resíduo retido na peneira de malha 325 *mesh* para separar os componentes magros ou fracos dos gordos ou fortes e auxiliar na formação da massa, sendo considerada uma boa massa para telhas aquela que mantém um resíduo da ordem de 9 a 15%.

Dando continuidade ao processo, a mistura obtida é colocada em uma caixa alimentadora (figura 7.12) e transportada por correia transportadora ao misturador, onde é feita a homogeneização, quebra dos torrões e a umidificação da massa para que adquira plasticidade, passando, a seguir, por um ou dois laminadores em série compostos de cilindros com diferentes aberturas, para que a massa fique com a espessura adequada (figuras 7.13 e 7.14). Entre o caixão alimentador e o misturador, as impurezas, que passam na correia transportadora, como raízes e pedaços de rochas são retirados por catação manual, bem como estão acoplados imãs para a retirada de impurezas magnéticas porventura existentes (Figura 7.15).



Figura 7.12 – Caixas alimentadoras em cerâmicas do município de Russas.



Figura 7.13 – Exemplos de misturadores utilizados na indústria cerâmica do município de Russas, em que pode ser observada a esteira de retorno para o reaproveitamento de peças defeituosas e retalhos do corte.



Figura 7.14 – Laminadores utilizados na indústria cerâmica do Baixo Jaguaribe. (A) Conjunto misturador-laminador, município de Russas; (B) material cerâmico após a laminação, município de Jagaruana.



Figura 7.15 – Esteira com imãs e catação manual (A); detalhe da catação manual (B), municípios de Jagaruana e Russas.

A redução do tamanho médio dos grãos dos materiais argilosos utilizados como matéria prima pode constituir uma ação necessária, pois a matéria prima extraída pode conter partículas de tamanho superior ao médio, como grãos de quartzo e nódulos carbonáticos, que, se não forem adequadamente fragmentadas, podem vir a provocar defeitos nas peças cerâmicas prontas como bolhas e ranhuras, bem como afetar o funcionamento da extrusora por rápido desgaste ou descalibração das peças (Lima, 2009).

### 7.3 – Conformação

Conformação é o processo em que a matéria-prima assume uma forma determinada. O sistema de conformação mais utilizado na indústria cerâmica do Baixo Jaguaribe é a extrusão (Figura 7.4).

Após a laminação, a massa é encaminhada, através de correia transportadora para a extrusora a vácuo ou maromba (nome local), onde a massa é impulsionada, por meio de um parafuso sem fim para dentro da câmara de vácuo, com o objetivo de melhorar a plasticidade. Na extrusão, o material argiloso é submetido a uma pressão controlada, para proporcionar a prensagem adequada à conformação das peças, com o objetivo de que na saída da extrusora o produto não se quebre por excesso de pressão e nem apresente pequena consistência e rigidez, por ter recebido pouca pressão.

Após sair da extrusora, a massa passa através de uma matriz de ferro denominada de boquilha, conformando-o ao perfil do produto desejado, no caso telha ou tijolo, e obtendo-se um objeto contínuo transportado por correia transportadora para o cortador/rebarbador (Figuras 7.16, 7.17 e 7.18). Para finalizar o processo, as peças úmidas, após cortadas e rebarbadas conforme padrões geométricos definidos por normas ABNT são retiradas manualmente, carimbadas e colocadas em grades de madeira, seguindo para a secagem (Figuras 7.19, 7.20 e 7.21).



Figura 7.16 – Vista geral da extrusora e detalhe da boquilha com o perfil para conformação da telha colonial extrusada. Município de Russas.



Figura 7.17 – Extrusora ou maromba em operação para fabricação de telha colonial extrusada. Município de Russas.



Figura 7.18 – Extrusora ou maromba em operação para fabricação de tijolo furado. Município de Jaguaruana.



Figura 7.19 – Máquina de corte em operação para fabricação de telha colonial extrusada. Município de Russas.



Figura 7.20 – Máquina de corte em operação para fabricação de tijolo furado. Município de Jagaruana.

A quantidade de água necessária a extrusão varia de 18 a 25% e muitas vezes esta umidificação é feita com base na experiência do trabalhador responsável que adiciona água por uma ranhura na tubulação e molha a massa até atingir a umidade desejada. Outro fator importante para o processo de conformação é a qualidade da argila, pois a grande quantidade de paralisações que ocorre na extrusora é decorrente da presença de corpos estranhos na massa, como raízes, pedriscos e outros objetos, aumentando o desgaste da mesma e a quebra do arame do cortador, diminuindo, assim, a produtividade da indústria (Lima, 2009).



Figura 7.21 – Peças úmidas retiradas da esteira manualmente para seguirem para secagem. Observar as rebarbas do corte, que retornam ao misturador para reaproveitamento. Município de Russas e Jagaruana.

A telha prensada também é produzida na região, embora em muito menor escala que a extrusada, estando o fluxograma do processo produtivo na figura 7.22. A diferença para o processo de fabricação da telha extrusada é na conformação, em que na saída da extrusora a boquilha tem o formato de um “rolo” de material, que é cortado e depois moldado e conformado em uma prensa hidráulica (Figuras 7.23 e 7.24).

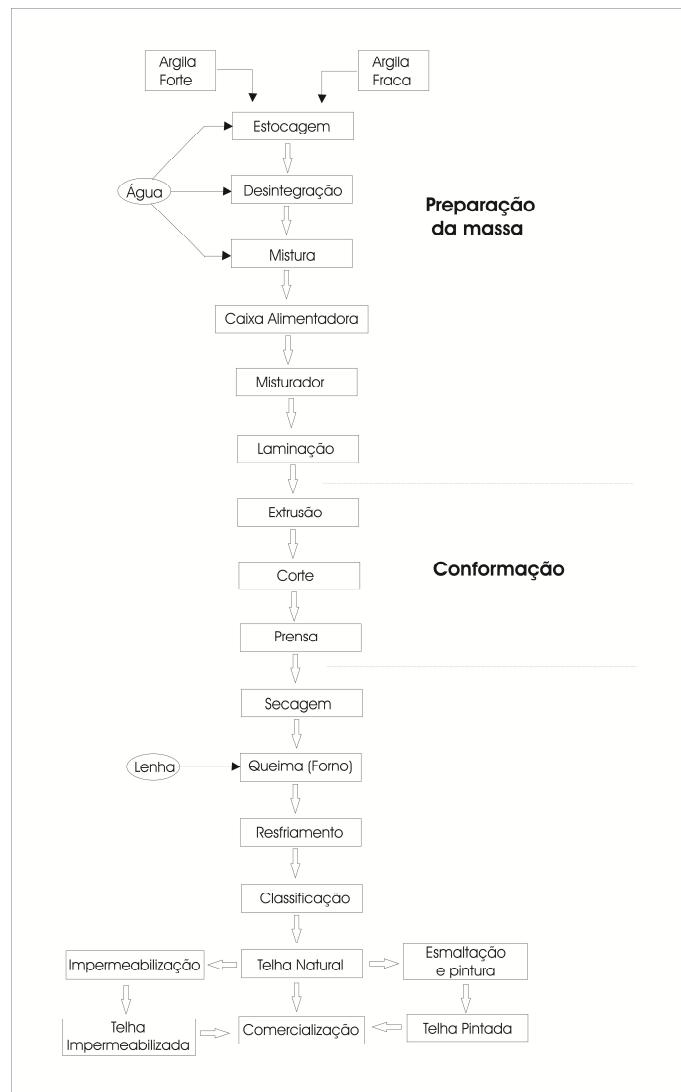


Figura 7.22 – Fluxograma do processo produtivo da indústria cerâmica do Baixo Jaguaribe para fabricação de telha prensada.



Figura 7.23 – Processo de fabricação da telha prensada: (A) saída da extrusora ou maromba; (B) máquina de corte. Município de Russas.



Figura 7.24 – Aspecto da saída da prensa, concluindo o processo de conformação da telha prensada. Município de Russas.

#### 7.4 – Secagem

A secagem é a etapa que antecede a queima (Figura 7.4), sendo muito importante, pois caso as peças não sejam secas de forma adequada poderão apresentar defeitos como fissuras e deformações, implicando em baixa qualidade ou perdas. Além disso, encaminhar para a queima peças com umidade excessiva ocasiona o aumento da duração do ciclo de queima e um maior consumo de lenha.

A secagem das peças pode ser natural (com a exposição das peças ao ar livre ou em galpões) ou forçada (em estufas). (figuras 7.25, 7.26 e 7.27).



Figura 7.25 – Secagem ao sol. Distrito de Flores, município de Russas.



Figura 7.26 – Secagem em galpões fechados e abertos. Município de Russas.



Figura 7.27 – Secagem em estufas. Aspecto da entrada de estufas em cerâmicas do município de Russas.

Os maiores problemas surgem na estação das chuvas quando a umidade do ar aumenta, o sol fica encoberto e ocorrem precipitações. A produção e a qualidade são comprometidas ocorrendo um aumento considerável do tempo de secagem natural, que pode passar de dois dias no verão para uma semana ou mais na estação das chuvas, havendo a necessidade da indústria dispor de grandes áreas de galpão ou a implantação de uma estufa.

### 7.5 – Queima e resfriamento

A queima é o processo em que a peça conformada é submetida a tratamento térmico e sofre transformações físico-químicas, que alteram as suas propriedades mecânicas, transformando-a em um material cerâmico resistente e estável nas condições ambientais em que será aplicado. As características dos produtos cerâmicos como resistência mecânica, porosidade, expansão térmica, condutividade térmica, dureza, cor, eflorescências e outras são resultantes da formação de novos compostos durante a queima.

Na queima, a indústria cerâmica da região utiliza fornos dos tipos contínuo e intermitente.

Em sua grande maioria, é utilizado o forno intermitente na calcinação das peças secas, que pode ser do tipo abóbada, mais comum, quadrado e paulista (figuras 7.28 e 7.29). No forno do tipo intermitente, a queima do combustível ocorre em fornalhas, localizadas nas laterais das câmaras, em que estão empilhadas as peças, produzindo gases quentes que penetram pelo topo da câmara, passam pelas peças e saem por furos existentes no piso, sendo sugados por chaminés e dissipados no ambiente (figura 7.30). Os fornos funcionam em ciclos periódicos de carga-queima-resfriamento-descarga.



Figura 7.28 – Entrada e interior do forno tipo abóbada. Distrito de Flores, Russas.



Figura 7.29 – Entrada e interior do forno tipo paulista com dezesseis bocas de alimentação ou fornalhas de queima. Município de Jaguaruana.



Figura 7.30 – Bocas de alimentação ou fornalhas de queima em fornos intermitentes. (A) forno abóbada com alimentação manual de lenha; (B) forno quadrado com alimentação mecanizada de lenha triturada e aditivos, em que o fogueiro apenas enche a caixa, sendo a quantidade de combustível e o tempo de alimentação automatizados. Município de Russas.

Principalmente em cerâmicas de maior porte, também é utilizado o forno do tipo Hoffman de combustão contínua, com saídas para fluxo de carga e descarga das peças em fabricação, boquetas para alimentação da combustão e registros para monitoramento da distribuição de energia térmica no interior das câmaras. O tempo de queima é, em média, de 96 horas ininterruptas, em que as peças cerâmicas ficam sujeitas a queima estática, com a frente térmica circulando por todo o forno, através das câmaras, em ciclos de 96 horas. A temperatura no interior das câmaras térmicas é da ordem de 750°C, sendo a fumaça oriunda da queima do combustível dissipada por dutos subterrâneos, que interligam os fornos e as chaminés, e aspirada por exaustores (figuras 7.31, 7.32 e 7.33).



Figura 7.31 – Vista lateral de forno contínuo e interna de uma das câmaras térmicas. Municípios de Russas e Jaguaruana.



Figura 7.32 – Vista da parte superior de forno contínuo e detalhe da alimentação manual de combustível . Município de Jaguaruana.



Figura 7.33 – Vista da parte superior de forno contínuo e detalhe da alimentação mecanizada de combustível. Município de Russas.

De acordo com Paula Pessoa (2004), a média de duração do ciclo de queima dos fornos tipo chama reversível das cerâmicas de Russas é de 49 horas, incluindo as fases de pré-aquecimento, queima e resfriamento. Com relação ao consumo específico, indica um valor médio de, aproximadamente, 1,5 m<sup>3</sup> de lenha por milheiro de telha.

Lima (2009) define que o ciclo de queima nas cerâmicas de Russas é da ordem de 72 horas, incluindo carregamento, queima, resfriamento e descarregamento, indicando, ainda, um consumo médio de 0,5m<sup>3</sup> de lenha por milheiro de telha produzido.

Segundo o Plano de Desenvolvimento do APL de Cerâmica Vermelha de Russas (2008), em pesquisa realizada em 25 cerâmicas, a duração da queima em fornos intermitentes é de 72 horas em 40% das empresas pesquisadas (Figura 7.34).

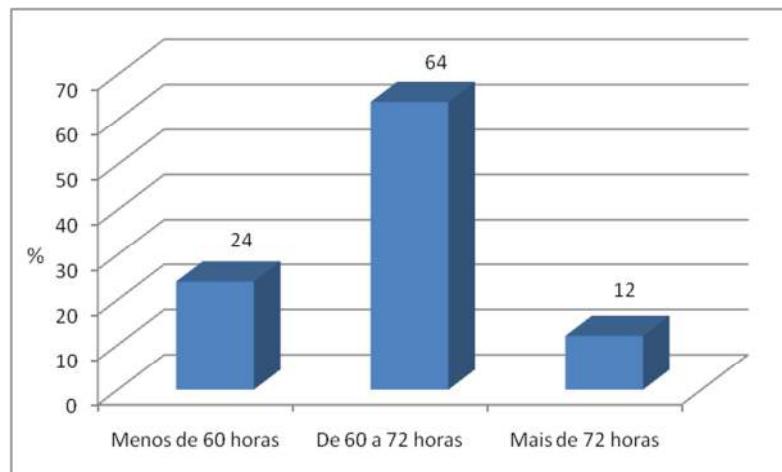


Figura 7.34 – Tempo de duração da queima em cerâmicas do APL de Russas. Fonte: PD-APL Russas (2008).

O resfriamento é lento, na temperatura, aproximada, de 200°C, as portas do forno são abertas e são ligados os ventiladores.

Na maioria das cerâmicas, não existe equipamento para medir a temperatura interna do forno. A temperatura máxima e o tempo de queima são estimados pelo forneiro, com base na sua experiência e na coloração da chama do fogo. Segundo pesquisa de IEL (2010) apenas 36,6% das empresas do município de Russas possui algum sistema de controle no processo de queima, em que se destaca o uso de termopares.

De acordo com IEL (2010), em pesquisa realizada no município de Russas, 96% das empresas utilizam forno do tipo Abóbada, sendo o principal tipo de combustível a madeira, com consumo, em 2010, de aproximadamente 51.080 estéreos<sup>5</sup>, oriundo de manejos florestais e da poda do cajueiro. A maioria das empresas utiliza a lenha, mas já há indústrias utilizando como combustível lenha triturada misturada com outros produtos considerados como aditivos.

## 7.6 – Classificação

Como já citado, problemas relacionados a utilização de matéria prima inadequada, bem como secagem e queima não uniforme, ocasionam a fabricação de peças com defeito, sem padronização e qualidade inferior.

O processo de queima irregular resulta em produtos de cores diferentes afetando a qualidade, tornando necessária uma classificação antes da comercialização. A indústria cerâmica da região classifica a telha em três categorias, conforme a qualidade do produto: de primeira, de segunda e de terceira.

A telha é o principal produto fabricado na região, mas também são produzidos, blocos cerâmicos e lajes.

A telha extrusada somente é comercializada em estado natural, mas a telha prensada pode ser impermeabilizada ou esmaltada e pintada, sendo produzida telha prensada *in natura*, impermeabilizada e pintada (figuras 7.35 e 7.36).

Paula Pessoa (2004) realizou estudo em doze unidades cerâmicas localizadas em Russas, verificou que em relação às perdas, a média era de 8,17% e as peças classificadas como de primeira, correspondiam, em média, a 53,75% das peças aproveitadas (Tabela 7.1).



Figura 7.35 – Vista do estoque de telha e tijolo no pátio das cerâmicas, prontos para comercialização. Municípios de Russas e Jaguaruana.

<sup>5</sup> Uma unidade de st (estéreo) equivale a 01 m<sup>3</sup> (metro cúbico).



Figura 7.36 – Telhas prensadas pintadas prontas para comercialização. Município de Russas.

| Cerâmica | Perdas % | Classificação (%) |                |                |
|----------|----------|-------------------|----------------|----------------|
|          |          | 1 <sup>a</sup>    | 2 <sup>a</sup> | 3 <sup>a</sup> |
| 1        | 10       | 50                | 50             | 0              |
| 2        | 10       | 40                | 30             | 30             |
| 3        | 15       | 30                | 40             | 30             |
| 4        | 5        | 60                | 20             | 20             |
| 5        | 1        | 90                | 0              | 0              |
| 6        | 5        | 75                | 0              | 25             |
| 7        | 4        | 60                | 0              | 40             |
| 8        | 10       | 30                | 30             | 40             |
| 9        | 8        | 50                | 50             | 25             |
| 10       | 5        | 60                | 60             | 20             |
| 11       | 10       | 50                | 50             | 30             |
| 12       | 15       | 50                | 50             | 0              |
| Média    | 8,17     | 53,75             | 31,67          | 21,67          |
| Variação | 1 a 15%  | 75 a 30%          | 0 a 60 %       | 0 a 40 %       |

Tabela 7.1 – Classificação das telhas e percentual de perdas em cerâmicas localizadas no município de Russas (Adaptado de Paula Pessoa, 2004).

## 8 - ASPECTOS AMBIENTAIS

### 8.1 - Definições

#### 8.1.1 - Sucessão ecológica

O desenvolvimento do ecossistema ou a sucessão ecológica envolve mudanças na estrutura de espécies e processos da comunidade ao longo do tempo e resulta da modificação do ambiente físico pela comunidade e de interações de competição e coexistência em nível de população (Odum, 1988).

Se as comunidades naturais não sofrerem perturbações, tais mudanças ocorrerão numa velocidade reduzida, mas se forem perturbadas (floresta cortada, área minerada, um recife de coral danificado por um tornado, etc.), se for possível a comunidade irá se regenerar. Espécies pioneiras adaptadas ao novo habitat formado são sucessivamente repostas por outras até formarem novamente uma comunidade estável (Ricklefs & Miller, 1999).

#### 8.1.2 - Reabilitação, restauração e recuperação

Entende-se por reabilitação, atribuir a uma área perturbada e/ou degradada, uma função adequada ao uso humano ou animal, restabelecendo o equilíbrio ecológico, de forma alternativa e estável (IBAMA, 1990).

A restauração tem por objetivo, reconduzir o ecossistema afetado ao seu estado original, constituindo uma modalidade que encontra diversas dificuldades de execução, em vista da dificuldade em se avaliar o sucesso da restauração, pois muitas vezes não se conhece o estado anterior do ecossistema afetado. Características vegetacionais, diversidade de espécies e processos ecológicos têm sido sugeridos por diversos autores para se avaliar o sucesso da restauração ecológica, uma vez que a avaliação de apenas um parâmetro não é suficiente para se determinar o sucesso da restauração (Jaen & Aide, 2005).

Já a recuperação, objetiva restituir as estruturas e as funções ecológicas do ecossistema, podendo ser diferente da sua condição original (Duarte & Bueno, 2006), sendo que nesse caso, a regeneração natural do ecossistema, aparece com uma interessante forma de recuperação de áreas degradadas.

Tendo em vista a grande quantidade de áreas mineradas e abandonadas na região do Baixo Jaguaribe, o entendimento sobre o comportamento do ambiente após a mineração tem papel fundamental na escolha das opções de reutilização das áreas mineradas.

### 8.2 - Impactos ambientais causados pela mineração de argila

Em áreas de mineração de argila, o principal impacto perceptível é a descaracterização da paisagem, não apenas como impacto visual, mas sim toda uma alteração na ordem geomorfológica do sistema (Povidelo & Neto, 2006). Outra característica observada é a pouca geração de resíduos, resultantes geralmente da remoção do capeamento superficial (solo) e, mais subordinadamente, da retirada de camadas estéreis intercaladas ao pacote de minério argiloso.

O volume de resíduos gerado está condicionado às relações de mineração (estéril/minério). Em decorrência do baixo valor do minério argiloso, são lavradas jazidas com baixa relação estéril/minério, geralmente com valores inferiores a 0,25, isto é, para cada tonelada de argila são removidos menos de 0,25 tonelada de materiais estéreis.

Os materiais descartados na frente de lavra são constituídos por sedimentos de natureza mais ou menos arenosa. Quando utilizados, destinam-se à pavimentação de acessos internos na mina e ao reafeiçoamento do relevo das áreas impactadas pela mineração, em trabalhos de estabilização e preenchimentos de cavas já lavradas. Materiais arenosos mais puros podem, eventualmente, ser aproveitados como agregado miúdo na construção (argamassas e concreto) e fins industriais (fundição), como ocorre, por exemplo, em mina na região de Itu no Estado de São Paulo. Nesta mina, onde são mineradas rochas argilosas (taguás) da Bacia do Paraná, parte dos sedimentos não aproveitados pela cerâmica, é beneficiada para purificação da fração arenosa (hidrociclonagem) e comercializados como co-produto da jazida. A mineração de argila por ser praticada em empreendimentos de

pequeno porte e envolver, basicamente, processos de remoção de materiais sólidos provoca, de forma geral, impactos ambientais restritos.

Padmalal *et al.* (2004) descreve a mineração de argila como responsável pelos seguintes impactos:

- nas terras: alterações na paisagem, desestabilização do terreno, perda de solo e perda no valor comercial das terras.
- no solo: remoção da camada superficial fértil, perda da diversidade microbiológica, alteração na estrutura físico-química.
- nas águas superficiais: durante os processos de mineração e transporte existe grande quantidade de poeira, que pode contaminar os corpos d'água superficiais. O uso das cavas abandonadas como depósitos de rejeitos ou lixos, pode causar contaminação das águas.
- nas águas subterrâneas: pode ocorrer o rebaixamento e/ou contaminação do lençol freático.
- no ar e poluição sonora: a qualidade do ar em regiões pode ser afetada indiretamente pelos caminhões que fazem o transporte e pela lenha queimada nos fornos das olarias. A poluição sonora é causada principalmente pelas máquinas e pelos caminhões de transporte de argila.
- na vegetação: as áreas onde existe mineração de argila possuem toda a vegetação removida. A abertura de estradas e vias de acesso às minas, também causam desmatamento.

Além dos impactos descritos, o alagamento das cavas pode causar diversos transtornos às comunidades que vivem no entorno das áreas de lavra; em países como a Índia, existem até registros de mortes por afogamento em cavas abandonadas e cheias de águas nos períodos chuvosos (Padmalal *et al.*, 2004).

### **8.3 - Impactos ambientais da mineração de argila no Baixo Jaguaribe**

#### **8.3.1 - Contexto Ambiental**

A bacia do Baixo Jaguaribe encontra-se totalmente inserida na região semi-árida brasileira, de acordo com a nova definição da portaria nº89 de 16 de março de 2006, do ministério da integração nacional, que redefiniu os critérios para inserção ou não de um município dentro do contexto semi-árido.

De acordo com estudo realizado pela FUNCeme (Perlatti, 2009), a cobertura vegetal da área, é constituída principalmente pela caatinga hiperxerófila, a qual se trata de formações arbóreo-arbustivas que possuem, como principal característica, a caducidade foliar. São formações lenhosas, com elevado grau de xerofitismo, predominantemente arbustiva, pouco densa, com espécies de porte baixo, espinhentas e perdendo totalmente as folhas no decorrer da estação seca. Por suas características, esta formação vegetal pouco protege o solo que lhe está subjacente. Ocorrem ainda na região as formações vegetais caatinga hipoxerófila e transição floresta/caatinga. A primeira trata-se da caatinga de clima menos seco de porte maior e normalmente mais densa. Quanto à transição floresta/caatinga, como o seu nome indica, apresenta-se em áreas relativamente estreitas na passagem lenta de formações florestais para caatinga hipoxerófila. Apresenta espécies pertencentes tanto à floresta como à caatinga. Nos municípios estudados, a vegetação primitiva encontra-se bastante alterada como fruto de uma ação antrópica desordenada e predatória, restando, apenas, pequenas manchas apresentando aspectos que denotam certo nível de preservação das espécies vegetais.

A cobertura vegetal da planície fluvial do município de Russas é composta basicamente de vegetação subcaducifólia de várzea, com predomínio de carnaubeiras (*Copernicia prunifera*) (Pessoa, 2004), este fato deve-se a importância da cera de Carnaúba no mercado regional. Aspectos da vegetação nativa da região e do solo destinada à exploração de argila, na região do Baixo Jaguaribe podem ser observados na (Figura 8.1).



Figura 8.1– Área destinada à extração de argila apresentando a cobertura vegetal (carnaúbas) ao fundo.

O clima da região é classificado como Tropical da zona equatorial e apresenta segundo dados do INMET (Perlatti, 2009), temperatura média anual variando entre 24 e 27°C, com precipitação média na faixa dos 900 mm anuais, porém distribuídos entre os meses de fevereiro a maio, o que acarreta um grande período de estiagem na região. Os solos da região específica são compostos basicamente por três tipos; Neossolos Flúvico, que se situa margeando o rio Jaguaribe em toda a sua extensão, Vertissolos Cromado que aparece entre a Chapada do Apodi e o vale do rio, e os argissolos vermelho-amarelo, que compõe as grandes áreas cultivadas do Tabuleiro de Russas.

### 8.3.2 - Contextualização dos Impactos Ambientais

A falta de conhecimento sobre a morfologia dos depósitos e a gênese dos jazimentos de argila no Baixo Jaguaribe é a principal causa da exploração desordenada que ocorre na região (Medeiros & Parahyba, 2003). O alto índice de clandestinidade nas antigas operações de extração de argila no município de Russas contribuiu significativamente para a degradação das áreas de mineração do Baixo Jaguaribe. Como em vários casos não é possível reconhecer posteriormente os responsáveis por essas antigas frentes de trabalho atualmente abandonadas, tais explorações deixam de cumprir as obrigações legais de recuperação ambiental.

Desse modo, percebe-se visualmente um aspecto de abandono das áreas de extração, onde por vezes é constatada a utilização das cavas inativas como depósito de lixo urbano e rejeitos da indústria cerâmica. Esses impactos podem ser considerados a princípio apenas visuais, pois não se conhece realmente quais as implicações ao meio físico, químico e biológico, que essa atividade vem causando no ecossistema local, pois a mineração é responsável por alterações de diversas amplitudes nos ecossistemas naturais. Especificamente nos solos, a mineração de argila causa alterações degenerativas nas estruturas físicas, químicas e biológicas, de forma que ocorrem perturbações em todos os níveis tróficos que direta ou indiretamente dependem dos processos edáficos para a manutenção de suas atividades.

### 8.3.3 - Impactos e passivos ambientais

A Região do Baixo Jaguaribe apresenta atualmente tanto impactos como passivos ambientais. Os passivos ocorrem nas áreas que já foram levadas a exaustão e foram abandonadas pelos extratores de argila sem a mínima preocupação em deixar o local da mesma forma a qual era antes (Figura 8.2).



Figura 8.2 - Exemplo de Passivo Ambiental: depois de exploradas, as áreas são abandonadas sem nenhuma medida de recuperação.

Já os impactos ambientais na região, são causados pela exploração atual, que ocorre na maioria dos casos de forma totalmente irregular e desordenada. A emissão de particulados, no processo de extração e carregamento, também constitui um impacto negativo, pois segundo informações cedidas por populares, suas residências são afetadas pelo pó proveniente das extrações nas redondezas (Figura 8.3).



Figura 8.3 - Exemplo de Impacto Ambiental: não existe controle de emissão de particulados / poeira, na extração da argila.

A retirada de argila é feita usando tratores e pá carregadeiras, deixando grandes cavas, que na época da chuva ou por afloramento freático, apresentam grandes quantidades de água estagnada em seu interior, favorecendo a proliferação de vetores de doenças (Figura 8.4).



Figura 8.4 - Cava abandonada com acumulo de lixo e dejetos que favorecem a proliferação de vetores e doenças, além da contaminação do solo e do lençol freático.

Deve-se considerar também, com relação aos impactos negativos, sobre a possibilidade de ocorrência da desertificação dos solos. Com a retirada da vegetação que os protege, os mesmos ficam diretamente expostos à ação dos raios solares, que em curto prazo podem tornar a região muito suscetível ao processo. Como podem ser encontrados solos aluvionares, ou seja, solos férteis com boa quantidade de matéria orgânica, se não forem tomadas medidas para evitar a desertificação, esses solos poderão perder essa vocação agrícola, tornando-se “estéreis”.

O processo de desertificação é praticamente irreversível, pois a demanda para torná-los aptos novamente é composta de altos investimentos em recuperação, o que de acordo com o histórico local não teria sucesso (Figura 8.5).



Figura 8.5. A retirada da vegetação pode causar sérios problemas à qualidade dos solos na região, inclusive com risco de desertificação.

O avanço da exploração de argila na região do baixo Jaguaribe, nos moldes em que se desenvolve atualmente, certamente irá inviabilizar a atividade do ponto de vista econômico e ambiental em um futuro próximo, isso porque, uma grande área já se encontra em avançado estado de degradação, o que pode dificultar até o crescimento físico dos pequenos

distritos que compõe a região, uma vez que eles não terão para onde crescer, por causa dos grandes buracos que os circundam. A qualidade dos solos, também certamente irá ser um empecilho ao desenvolvimento, pois um uso futuro fica totalmente comprometido, devido aos solos desmineralizados e desprovido de matéria orgânica, que a extração de argila desordenada causa. Com isso o aproveitamento da área pela agricultura ou reflorestamento, após a exploração fica praticamente inviável.

Cabe-se ressaltar, que nesse levantamento não foi levado em conta, a utilização das lenhas usadas nos fornos das cerâmicas, mas esse também é um ponto que se deve ter muita atenção, uma vez que alguns estudos já alertam para o desmatamento da caatinga na região, em função do abastecimento para as cerâmicas (Figura 8.6).



Figura 8.6 - A baixa eficiência dos fornos gera um alto consumo de lenha, aumentando também o índice de desmatamento na região.

#### **8.4 - Monitoramento e dimensionamento das áreas degradadas**

Análises de sensoriamento remoto das imagens de satélite do distrito de Russas denotam valores de aproximadamente 8 km<sup>2</sup> de área degradada, enquanto que no distrito de Flores, o impacto é da ordem dos 3 km<sup>2</sup> de área degradada (Vide Figura 8.7 e 8.8). Soma-se a isso o fato da região estar localizada em um ecossistema frágil como é a caatinga, tornando a situação no mínimo delicada.

Em dois trabalhos executados na região, sendo o primeiro em outubro/2006 para levantamento dos impactos gerados pela degradação ambiental e o segundo em dezembro/2008, seguindo as coordenadas geográficas do mapa elaborado a partir da primeira campanha, não foi possível observar entre os períodos de levantamento qualquer tipo de recuperação das áreas impactadas pelos agentes causadores. Nas vistorias seguintes realizadas durante o período de 2009 a 2012 é observado que o problema com a falta de recuperação persiste na região. Todas as áreas se encontravam em estado de regeneração natural, sendo que em alguns casos, ainda havia exploração nas áreas.

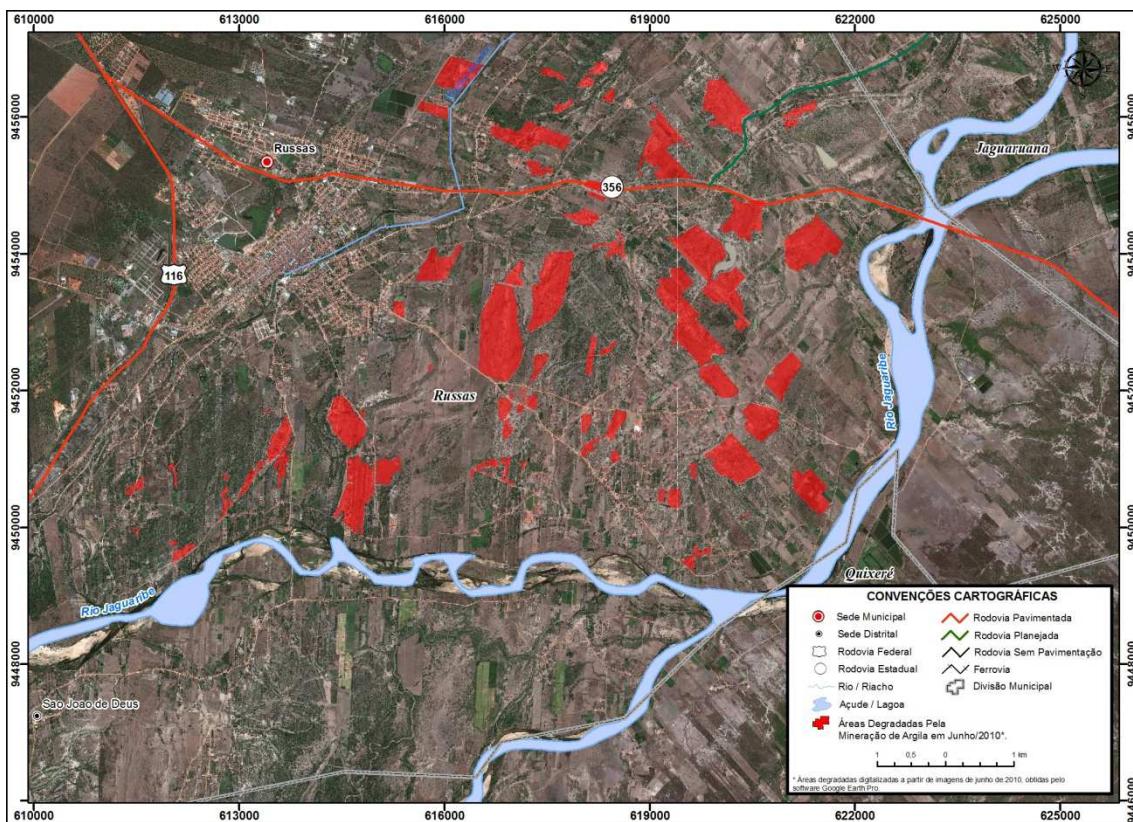


Figura 8.7 – Áreas degradadas pela mineração de argila nas proximidades da sede do município de Russas.

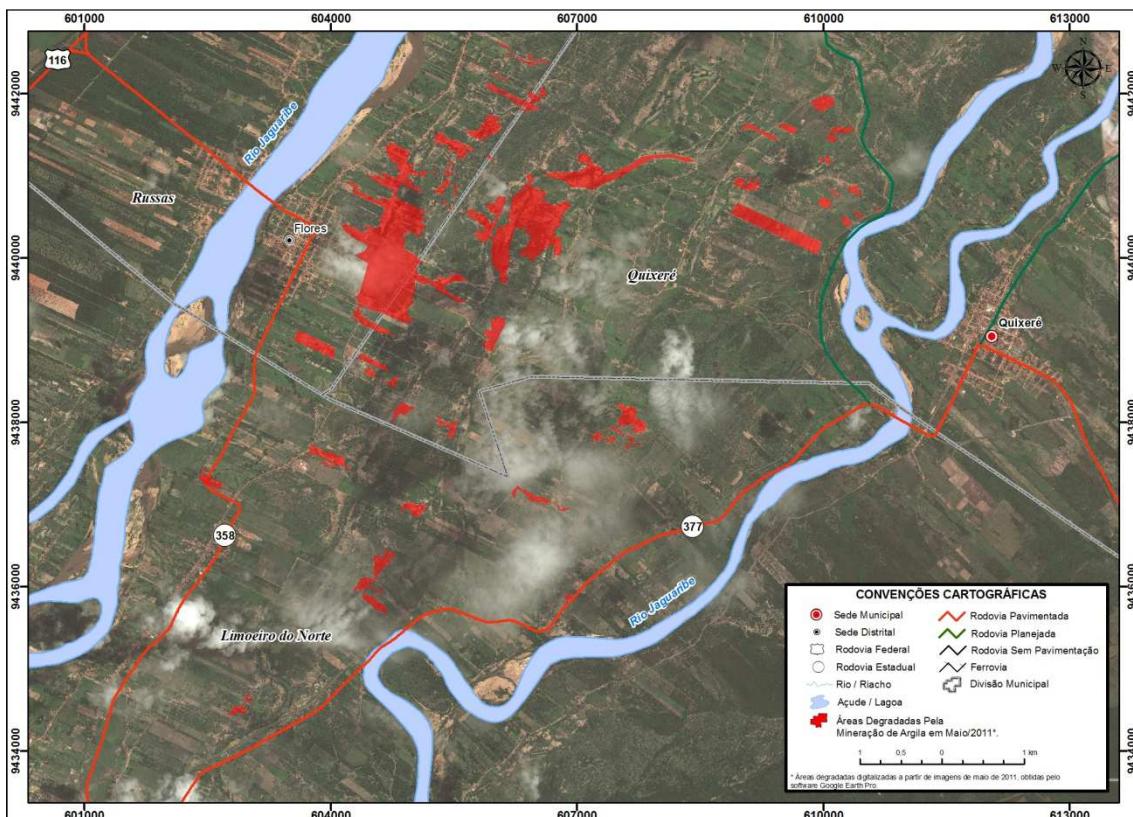


Figura 8.8 – Áreas degradadas pela mineração de argila nas proximidades do distrito de Flores.

#### 8.4.1 - Descrição dos tipos de degradação

Os principais tipos de degradação encontrados nas áreas referem-se à remoção da vegetação local, predominantemente formada por Carnaúbas, e também a degradação dos solos, que após a retirada da argila, ficam totalmente expostos as intempéries, causando impactos como erosão e compactação (Figuras 8.9 e 8.10).



Figura 8.9 - Área abandonada após a remoção da argila, com degradação do solo.



Figura 8.10 - No detalhe, as rachaduras características dos Vertissolos que ocorrem na região, indicando alto grau de ressecamento.

Aparentemente, as áreas que são abandonadas após a mineração de argila, não demonstram a capacidade de se regenerar naturalmente, como se pode observar nas imagens da Figura 8.11.



Figura 8.11 - Área de coordenadas geográficas S607228/W9443544. Observa-se que mesmo após dois anos de abandono, a área ainda não apresenta a regeneração de plantas ou algum outro indicador, que possa demonstrar regeneração ambiental.

Tendo em vista que as áreas abandonadas não apresentam sinais de regeneração, se faz necessário um estudo detalhado de algumas dessas áreas, para se conhecer o real impacto que as atividades de mineração de argila vêm causando no ambiente e a capacidade de regeneração natural dessas áreas, para que, a partir dos resultados desses estudos, possam ser elaborados planos de ação para recuperação das áreas degradadas pela mineração de argila no Baixo Jaguaribe.

Sabe-se muito bem que restaurar um ambiente modificado é muito difícil, porém recuperar áreas de extração de argila, para que o local possua um uso futuro é perfeitamente viável e aplicável nesses casos, a exemplo da produção de arroz que pode ser observada em uma antiga área de extração, no município de Russas (Figura 8.12).



Figura 8.12 - Antiga área de extração de argila. Exemplo de recuperação e reutilização da área no plantio de arroz.

## 8.5 - Indústria cerâmica

Os produtos da indústria cerâmica causam impacto ao meio ambiente ao longo de toda sua trajetória, que envolve o processo de aquisição de matéria-prima, fabricação, distribuição, uso e disposição final. Esses impactos podem ser mais ou menos significativos; eles podem ser de curta ou longa duração, locais, regionais e/ou globais (IEL, 2010).

No processo de desenvolvimento de um produto, e, especificamente, de cerâmica vermelha, deve-se ter a preocupação com a integração dos aspectos ambientais, no tocante à prevenção de impactos e/ou minimizá-los, quando não for possível evitá-los. Segundo dados do relatório IEL (2010) grande parte das empresas cadastradas efetuavam o reaproveitamento de seus próprios resíduos, considerando que durante a produção o material é devolvido ao processo e após a queima, 32,7% dos empresários o enviam para pavimentação e outros 31,7% direcionam o resíduo para aterros.

Em relação às medidas efetuadas na redução dos impactos ambientais, verifica-se que 43,1% dos ceramistas do APL apresentam algum tipo de iniciativa, tais como: aumento das chaminés, certificação de produtos, criação de planos de manejo, capacitação técnica e gerencial, modernização das máquinas, entre outras.

O segmento de cerâmica vermelha utiliza como combustível, principalmente, a lenha (de reflorestamento e nativa) e resíduos de madeira (cavacos, serragem, entre outros). As principais emissões do processo de queima referem-se aos efluentes gasosos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) e aos particulados (fuligem/cinzas).

Com relação à emissão de  $\text{CO}_2$ , a SGM (2008), com base em dados da Anicer fez uma estimativa para esse segmento utilizando como referência o consumo específico de 485 mil kcal/t, obtendo o valor de 185 kg  $\text{CO}_2$  /t de peças (370 kg  $\text{CO}_2$  /mil peças). Salienta-se que o combustível, sendo predominantemente biomassa, a absorção de  $\text{CO}_2$  pelas plantas pode neutralizar ou superar a emissão in situ (Coelho, 2009).

Analizando o uso da madeira como combustível nas cerâmicas, identificou-se que todas as empresas (100%) têm essa prática, originada da poda de Cajueiros e complementada por lenha nativa e de planos de manejo. A forma de utilização da madeira no processo de queima é in natura, isso segundo 98%. Por outro lado identificaram algumas práticas em desenvolvimento, a exemplo tem-se a Trituração da lenha adquirida antes do seu uso. Esse sistema garante um melhor aproveitamento da lenha, com uma redução significativa no consumo, além do maior controle sobre os níveis de calor e consequentemente, um produto de melhor qualidade.

Verificou-se que a adoção de programas de produção mais limpa (aplicação contínua de uma estratégia integrada aos processos a fim de minimizar a geração de resíduos) é uma prática pouco utilizada pelos ceramistas do município de Russas.

## 8.6 - Mitigação dos Impactos Ambientais

As práticas mais comuns utilizadas no controle das áreas impactadas pela mineração envolvem medidas de mitigação convencionais, a saber:

- restrição da remoção da vegetação ao mínimo necessário e, sempre que possível, revegetação das áreas impactadas.
- instalação de sistema de drenagem das águas pluviais nas frentes de lavra e nos pátios de estocagem de forma a conduzi-las para tanques de decantação antes da liberação para o meio externo.
- para o controle de poeira, instalação de barreira vegetal nos entornos da cava e do pátio de estocagem, e aspersão de água sobre os acessos não-pavimentados situados no interior e no acesso ao empreendimento.

Dependendo da situação topográfica, as medidas usuais de recuperação de cavas de argila envolvem:

- preenchimento de cavas com materiais estéreis, e outros materiais disponíveis como resíduos de construção, terraplenagem para reafeiçoamento do relevo com a finalidade de atenuar o impacto visual, reduzir a possibilidade de erosões, permitindo a revegetação e, em certos casos, conversão das áreas para um novo uso.
- no caso de lagos remanescentes, estabilização de taludes marginais por meio de suavização dos cortes, seguido de revegetação.

No entanto, 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 acumulativo 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. Em alguns APLs embrionários, a precariedade técnica e a ilegalidade das atividades de lavra colocam em permanente risco a sustentabilidade da atividade mérino-cerâmica.

Uma solução estruturante possível, e que, como visto, já está sendo colocada em prática em alguns APLs, é a implantação de uma mineradora comum. Essa forma de condução empresarial da atividade mineral permite a concentração da produção de argila em poucas áreas e contribui para uma produção otimizada (ganho de escala), propiciando o controle e a recuperação das áreas mineradas e facilitando o processo de legalização das minas.

## 9 – ASPECTOS LEGAIS

Este capítulo tem o objetivo de abordar as questões legais que envolvem a mineração de argila, com o objetivo de oferecer uma orientação básica tanto para os mineradores e profissionais diretamente envolvidos quanto para outros interessados no arcabouço legal que norteia essa atividade.

### 9.1 – Constituição Federal

O Art. 20 da Constituição Federal, inciso IX, determina que os recursos minerais, inclusive os do subsolo, são bens da União, assegurando no parágrafo 1º aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, bem como a órgãos da administração direta da União, participação no resultado da exploração dos recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração.

A Constituição Federal estabelece no artigo 22, inciso XII, que compete privativamente, à União legislar sobre jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia, o que faz com que a atuação dos estados fique restrita as questões legais relacionadas ao licenciamento ambiental.

O *caput* do Art. 176 da Constituição Federal estabelece que as jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra. O parágrafo 1º determina que a pesquisa e a lavra de recursos minerais e o aproveitamento dos potenciais a que se refere o *caput* deste artigo somente poderão ser efetuados mediante autorização ou concessão da União. No parágrafo 2º é assegurada a participação ao proprietário do solo nos resultados da lavra, na forma e no valor que dispuser a lei; e o § 3º estabelece que a autorização de pesquisa será sempre por prazo determinado, e as autorizações e concessões previstas não poderão ser cedidas ou transferidas, total ou parcialmente, sem prévia anuência do poder concedente.

O artigo 225 estabelece que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Este artigo incumbe ao poder público exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente degradadora do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade. Determina, ainda, que aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

### 9.2 – Mineração

O Código de Mineração, Decreto-Lei nº 227/67, modificado pela Lei nº 9.314/96, define como recursos minerais as massas individualizadas de substâncias minerais ou fósseis encontradas na superfície ou no interior da terra, regula os regime de aproveitamento e a fiscalização da pesquisa, da lavra e de outros aspectos da indústria mineral pelo Governo Federal, dando, ainda, ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM a competência pela sua execução.

#### 9.2.1 – Regimes de aproveitamento

No caso específico da argila para cerâmica vermelha, o Código de Mineração prevê para seu aproveitamento os regimes de autorização de pesquisa/concessão de lavra e licenciamento.

A autorização de pesquisa depende da expedição de alvará de autorização do Diretor-Geral do DNPM. Independente de ser ou não proprietário do solo, o interessado poderá requerer a autorização para pesquisar diretamente ao DNPM e posteriormente, em não estando onerada a área e estando o seu requerimento corretamente instruído, lhe será outorgado o Alvará de Autorização de Pesquisa, instrumento necessário para realização dos trabalhos de pesquisa. O titular deverá realizar trabalhos de pesquisa na área autorizada e ao

final do prazo da autorização apresentar relatório final de pesquisa a ser submetido ao DNPM. Além dos trabalhos de pesquisa, também poderá realizar obras e serviços auxiliares necessários, em terrenos de domínio público ou particular, abrangidos pelas áreas oneradas pelo alvará de pesquisa, desde que pague aos respectivos proprietários ou posseiros uma renda pela ocupação dos terrenos e uma indenização pelos danos e prejuízos que possam ser causados pelos trabalhos executados.

A concessão de lavra depende de portaria do Ministro de Minas e Energia e a lavra deverá ser conduzida pelo concessionário de acordo com o Plano de Aproveitamento Econômico aprovado pelo DNPM. Para requerer a concessão, o titular precisa concluir primeiro a fase de autorização de pesquisa e ter os trabalhos de pesquisa mineral aprovados pelo DNPM. O proprietário do solo ou o dono das benfeitorias deverá ser indenizado pelos danos que as atividades de lavra possam causar na propriedade.

Nos regimes de autorização de pesquisa/concessão de lavra, o detentor do título não necessita, em qualquer momento, da autorização da prefeitura municipal da área onde se localiza a jazida, desde que esta esteja fora do perímetro urbano.

O regime de licenciamento é um regime especial, válido apenas para as substâncias minerais enquadradas na Lei nº 6.567/78, que não exige a realização de pesquisa mineral pretérita, mas necessita de uma autorização da autoridade municipal, sendo facultado exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele tiver autorização expressa, salvo se a jazida situar-se em imóveis pertencentes à pessoa jurídica de direito público.

As substâncias passíveis de aproveitamento pelo Regime de Licenciamento estão listadas no Art. 1º da Lei nº 6.567/1978 e são: areias, cascalhos e saibros para utilização imediata na construção civil, no preparo de agregados e argamassa, desde que não sejam submetidos a processo industrial de beneficiamento, nem se destinem como matéria-prima à indústria de transformação; rochas e outras substâncias minerais, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões, argilas usadas no fabrico de cerâmica vermelha; e rochas, quando britadas para uso imediato na construção civil e os calcários empregados como corretivo de solo na agricultura.

### **9.2.2 – Áreas máximas e prazos**

A Portaria DNPM nº 392/2004, que fixa o limite máximo das áreas de autorizações de pesquisa, definiu como 50 hectares o limite máximo para a pesquisa das substâncias de que trata o art. 1º da Lei nº 6.567/1978, acompanhando o mesmo limite que a referida Lei estabeleceu para as substâncias passíveis de aproveitamento sob o regime de Licenciamento, dentre as quais estão às argilas usadas no fabrico de cerâmica vermelha. Logo, as áreas máximas para empreendimentos que tenham como substância mineral argilas usadas no fabrico de cerâmica vermelha serão sempre de 50 ha, independente do regime de aproveitamento se licenciamento ou autorização/concessão.

Na autorização de pesquisa o prazo máximo, definido na Portaria DNPM nº 392/2004, para a pesquisa das substâncias de que trata o art. 1º da Lei nº 6.567/1978, em que estão incluídas as argilas usadas no fabrico de cerâmica vermelha, é de 2 (dois) anos. Já a concessão de lavra, quando outorgada, é por tempo indeterminado.

Com relação ao regime de Licenciamento, a Lei 6.567/1978 não fixa nenhum prazo de vigência para o registro, ficando o empreendedor sujeito aos prazos estipulados pela prefeitura municipal e pelo proprietário do imóvel, em que está localizada a área de extração.

As argilas utilizadas para outro fim, como industrial, refratários, etc. somente poderão ser aproveitadas pelo regime de autorização e concessão. Quanto a área máxima e o prazo para as autorizações de pesquisa são de 1000 hectares e 3 (três) anos, fixados de acordo com a Portaria DNPM nº 392/2004.

### **9.2.3 – Tributação e Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM**

A produção e comercialização de bens minerais está submetida à incidência do Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços - ICMS, da competência dos estados e, ao

recolhimento da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM, instituída pela Lei nº 7990, de 28/12/1989.

A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais, para fins de aproveitamento econômico, será de até 3% (três por cento) sobre o valor do faturamento líquido resultante da venda do produto mineral, obtido após a última etapa do processo de beneficiamento adotado e antes de sua transformação industrial.

Entende-se como faturamento líquido, o total das receitas de venda, excluídos os tributos incidentes sobre a comercialização do produto mineral, as despesas de transporte e as de seguros. Constituindo o fato gerador da CFEM a saída por venda do produto mineral das áreas da jazida, de onde provém, ou o de quaisquer estabelecimentos, sempre após a última etapa do processo de beneficiamento adotado e antes de sua transformação industrial.

De acordo com a Lei nº 8001/1990, o percentual de compensação financeira da argila é de 2%.

#### **9.2.4 – Participação do proprietário do solo**

Na aplicação do regime de Concessão de Lavra é garantido o direito à participação do proprietário do solo nos resultados da lavra, em valor equivalente a 50% do valor total devido a título de CFEM. Já no regime de licenciamento, como o registro só é outorgado para o proprietário do solo ou para quem dele tiver permissão, as compensações deverão ser estabelecidas em acordos particulares.

#### **9.2.5 – Extração mineral não autorizada**

Para todos os efeitos legais, a realização de extração mineral não autorizada constitui crime federal, conforme base legal abaixo elencada:

- **Lei nº 7805/1989.** Art. 21 - A realização de trabalhos de extração de substâncias minerais, sem a competente permissão, concessão ou licença, constitui crime, sujeito a pena de reclusão de 3 (três) meses a 3 (três) anos e multa.
- **Lei nº 8.176/1991.** Art. 2º - Constitui crime contra o patrimônio, na modalidade de usurpação, produzir bens ou explorar matéria-prima pertencente à União, sem autorização legal ou em desacordo com as obrigações impostas pelo título autorizativo, sujeito a pena de detenção de 1 (um) a 5 (cinco) anos e multa.  
O § 1º do artigo 2º prevê que incorre na mesma pena aquele que, sem autorização legal, adquirir, transportar, industrializar, tiver consigo, consumir ou comercializar produtos ou matéria-prima, obtidos na forma prevista no *caput* deste artigo.
- **Lei nº 9.605/1998.** Art. 55 - Executar pesquisa, lavra ou extração de recursos minerais sem a competente autorização, permissão, concessão ou licença, ou em desacordo com a obtida, sujeito a pena de detenção de seis meses a um ano e multa.  
O parágrafo único do artigo 55 prevê que incorre nas mesmas penalidades quem deixa de recuperar a área pesquisada ou explorada, nos termos da autorização, permissão, licença, concessão ou determinação do órgão competente.

### **9.3 - Meio Ambiente**

A Política Nacional do Meio Ambiente foi instituída pela Lei nº 6.938/1981. Nessa lei estão todos os fundamentos que definem a proteção ambiental em nosso país e que, posteriormente, durante a década de 80, foram regulamentados através de decretos, normas, resoluções e portarias. Nesta lei, em inclusão contida na Lei nº 10.165/2000, a extração mineral é considerada como atividade potencialmente poluidora e utilizadora de recursos ambientais em grau Alto, estando previsto no artigo 10, com redação dada pela Lei nº 7.804/89, que esta atividade dependerá de prévio licenciamento de órgão competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

### 9.3.1 – Licenciamento Ambiental

Toda atividade de mineração no Brasil está obrigada a ter Licenciamento Ambiental, na forma da Lei nº 6.938/1981, regulamentada pelas resoluções CONAMA 09/1990, 10/1990, 237/1997, 303/2002 e 369/2006.

A Resolução nº 237/1997 regulamenta os procedimentos referentes ao Licenciamento Ambiental e estabelece que ao Poder Público, no exercício de sua competência, expedirá as seguintes licenças:

- Licença Prévia (L.P.) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, contém os requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso de solo

- Licença de Instalação (L.I.) - autoriza o início de implantação do empreendimento mineiro, de acordo com as especificações constantes do Plano de Controle Ambiental aprovado.

- Licença de Operação - (L.O.) - autoriza, após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos e instalações de controle de poluição, de acordo com o previsto nas licenças prévia e de instalação.

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA), que precede o licenciamento ambiental de qualquer atividade de extração mineral, tem sua definição, normas, critérios básicos e diretrizes de implementação estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 001/86 (com base na Lei nº 6.938/81), alterada e complementada pelas resoluções nº 009/90 e nº 010/90, do mesmo Conselho.

A Resolução CONAMA nº 009/1990 trata do licenciamento ambiental da extração mineral pelos regimes de autorização de pesquisa e concessão de lavra. A concessão da portaria de lavra ficará condicionada à apresentação, por parte do empreendedor, da licença de instalação, mas somente após a expedição da licença de operação é que as atividades de lavra poderão ser iniciadas. Quando na fase de autorização de pesquisa houver o emprego de guia de utilização, o empreendedor deverá requerer ao órgão ambiental a licença de operação para pesquisa mineral.

A Resolução CONAMA 010/1990 trata do licenciamento ambiental para o regime de licenciamento. Para obtenção do registro de licenciamento o empreendedor deve apresentar ao DNPM a Licença de Instalação, mas somente após a expedição da Licença de Operação é que as atividades de lavra poderão ser iniciadas.

De acordo com o Decreto nº 97.632/89, que dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938/81, os empreendimentos de mineração estão obrigados, quando da apresentação do EIA/RIMA, a submeter o Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) à aprovação do órgão de meio ambiente competente. Este plano contempla a solução técnica escolhida e considerada adequada pela detentora do título mineral, à reabilitação da área degradada, resultante da atividade de extração mineral, para utilização futura.

A promulgação da Lei nº 9.605/98 determinou a transferência das questões relacionadas a danos ambientais do âmbito administrativo para o âmbito criminal. Essa Lei, também chamada de “Lei de Crimes Ambientais”, especifica as condições nas quais os danos ambientais serão considerados e tratados como crime, com penas de indenização e de reclusão. Determina, ainda, a co-autoria dos crimes ambientais, definida para todos aqueles que, de alguma forma, atuaram na ação que determinou o dano, no caso de empresas, desde o operário comum até o presidente do conselho administrativo, além das autoridades públicas que tenham, comprovadamente, negligenciado o fato.

### 9.3.2 – Áreas de Preservação Permanente - APP

Segundo o Art. 3º da Resolução CONAMA nº 303, de 2002 constituem Áreas de Preservação Permanente - APP as áreas situadas:

I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

- a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;

- b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;
- c) cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;
- d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;
- e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;
- II** - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente com raio mínimo de cinquenta metros, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;
- III** - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:
  - a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;
  - b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinquenta metros;
- IV** - em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinquenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;
- V** - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base;
- VI** - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;
- VII** - em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;
- VIII** - nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa;
- IX** - nas restingas: a) em faixa mínima de trezentos metros, medidos a partir da linha de preamar máxima; b) em qualquer localização ou extensão, quando recoberta por vegetação com função fixadora de dunas ou estabilizadora de mangues;
- X** - em manguezal, em toda a sua extensão;
- XI** - em duna;
- XII** - em altitude superior a mil e oitocentos metros, ou, em Estados que não tenham tais elevações, a critério do órgão ambiental competente;
- XIII** - nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias;
- XIV** - nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçada de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal;
- XV** - nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre.

A Resolução CONAMA nº 369/2006, desde o início de sua vigência tem gerado muitos problemas operacionais e grande polêmica principalmente no setor da mineração de substâncias minerais de uso imediato na construção civil. Esta resolução define os casos excepcionais em que o órgão ambiental competente pode autorizar a intervenção ou supressão de vegetação em APP, para a implantação de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, ou para a realização de ações consideradas eventuais e de baixo impacto ambiental. São definidos, também, os critérios e procedimentos para a obtenção da referida autorização.

A Resolução CONAMA nº 369/2006 define as atividades de utilidade pública e de interesse social, únicas situações em que o órgão ambiental competente poderá autorizar a intervenção ou supressão de vegetação em APP:

- Art. 2º O órgão ambiental competente somente poderá autorizar a intervenção ou supressão de vegetação em APP, devidamente caracterizada e motivada mediante procedimento administrativo autônomo e prévio, e atendidos os requisitos previstos nesta resolução e outras normas federais, estaduais e municipais aplicáveis, bem como no Plano Diretor, Zoneamento Ecológico-Econômico e Plano de Manejo das Unidades de Conservação, se existentes, nos seguintes casos:

I - utilidade publica:

.....

c) **as atividades de pesquisa e extração de substâncias minerais, outorgadas pela autoridade competente, exceto areia, argila, saibro e cascalho;**

....  
II - interesse social:

....  
d) **as atividades de pesquisa e extração de areia, argila, saibro e cascalho, outorgadas pela autoridade competente;**

....  
A Resolução CONAMA nº 369/2006 mostrou um avanço, pois reconheceu a atividade de mineração como de utilidade pública, ou seja, que o bem mineral é, constitucionalmente, um bem da União, cuja exploração é autorizada no interesse nacional. Reconhece, assim, que a mineração é uma atividade com rigidez locacional, ou seja, o bem mineral é um bem estático e existe na natureza em virtude de fatores geológicos específicos, portanto, está onde a natureza impôs condições para tal, sua localização não obedece à vontade do homem e a atividade de mineração tem que ser desenvolvida no local de ocorrência do bem mineral. Entretanto, ao invés de classificar, a atividade de mineração como de utilidade pública, a resolução em seu artigo 2º (transcrito acima) classificou as substâncias minerais subdividindo-as em utilidade pública e interesse social, criando mais restrições para aquelas classificadas como de interesse social, no caso, **areia, argila, saibro e cascalho**.

Os parágrafos 4º e 5º do artigo 7º da Resolução nº 369/2006, impõe restrições maiores a mineração de **areia, argila, saibro e cascalho**, consideradas como exceção e enquadradas na categoria interesse social e prevêem, para as rochas de uso direto na construção civil, exigências especiais, diferentes das formuladas para as demais substâncias, conforme pode ser visto a seguir:

**§ 4º** A extração de rochas para uso direto na construção civil ficará condicionada ao disposto nos instrumentos de ordenamento territorial em escala definida pelo órgão ambiental competente.

**§ 5º** Caso inexistam os instrumentos previstos no § 4º, ou se naqueles existentes não constar a extração de rochas para o uso direto para a construção civil, a autorização para intervenção ou supressão de vegetação em APP de nascente, para esta atividade estará vedada a partir de 36 meses da publicação desta Resolução.

No caso específico aqui abordado, ou seja, a extração de argila para cerâmica vermelha, esta sempre vai interferir em várzeas, ocasionando que a aplicação rigorosa dessa resolução pode comprometer a mineração nessas áreas, o que poderá prejudicar o fornecimento de matérias-primas ao segmento de cerâmica vermelha.

## 10 – DIREITOS MINERÁRIOS E LEGALIZAÇÃO

Os municípios do Baixo Jaguaribe possuem 54 (cinquenta e quatro) licenciamentos, 53 (cinquenta e três) autorizações de pesquisa e 56 (cinquenta e seis) requerimentos de pesquisa e de registro de licença, totalizando 163 (cento e sessenta e três) áreas oneradas para argila (Tabela 10.1). Destas, apenas as 54 (cinquenta e quatro) áreas com registro de licença em vigor estão regularizadas para extração mineral.

|                       | Registro de Licença | Autorização de Pesquisa | Requerimento de Registro de Licença | Requerimento de Autorização de Pesquisa | Requerimento de mudança de regime para Licenciamento |     |
|-----------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------------|---|--|-----|
| Alto Santo            | 4                   |                         |                                     | 2                                       | 1  | 7   |
| Aracati               | 1                   | 4                       |                                     | 6                                       | 2  | 13  |
| Itaiçaba              | 1                   |                         |                                     | 1                                       |  | 2   |
| Jagaruana             | 4                   | 10                      |                                     | 2                                       | 1  | 18  |
| Limoeiro do Norte     | 6                   | 8                       |                                     | 1                                       |  | 15  |
| Palhano               | 1                   | 2                       |                                     |   |  | 3   |
| Quixeré               | 2                   | 7                       | 1                                   |   | 5  | 15  |
| Russas                | 32                  | 20                      | 10                                  | 1                                       | 19   | 82  |
| São João do Jaguaribe | 1                   |                         |                                     | 1                                       |  | 2   |
| Tabuleiro do Norte    | 2                   | 2                       | 2                                   |   |  | 6   |
|                       | 54                  | 53                      | 26                                  | 5                                       | 25   | 163 |

Tabela 10.1 - Distribuição dos títulos minerários para argila em municípios do Baixo Jaguaribe em dezembro/2012.  
Fonte: DNPM.

O município de Russas representa 59,26% dos registros de licença em vigor na região do Baixo Jaguaribe, totalizando 32 licenciamentos em áreas distribuídas no entorno da sede do município e no distrito de Flores. Com relação aos pólos de extração, tem-se que o pólo de Russas e o pólo de Flores-Limoeiro do Norte-Quixeré respondem por 74 % dos licenciamentos em vigor na região. Considerando-se o total de áreas oneradas, verifica-se um crescimento dos demais municípios em relação a Russas, que responde por cerca de 50 % destas áreas (Figuras 10.1 e 10.2).

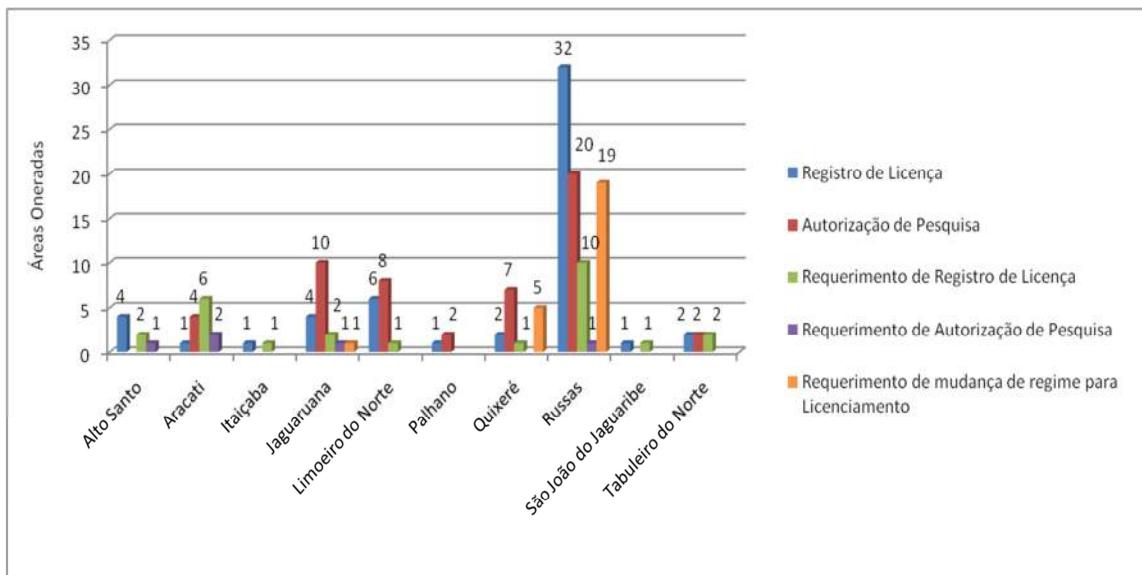


Figura 10.1 – Áreas oneradas para argila na região do Baixo Jaguaribe em dezembro/2012. Fonte: DNPM.

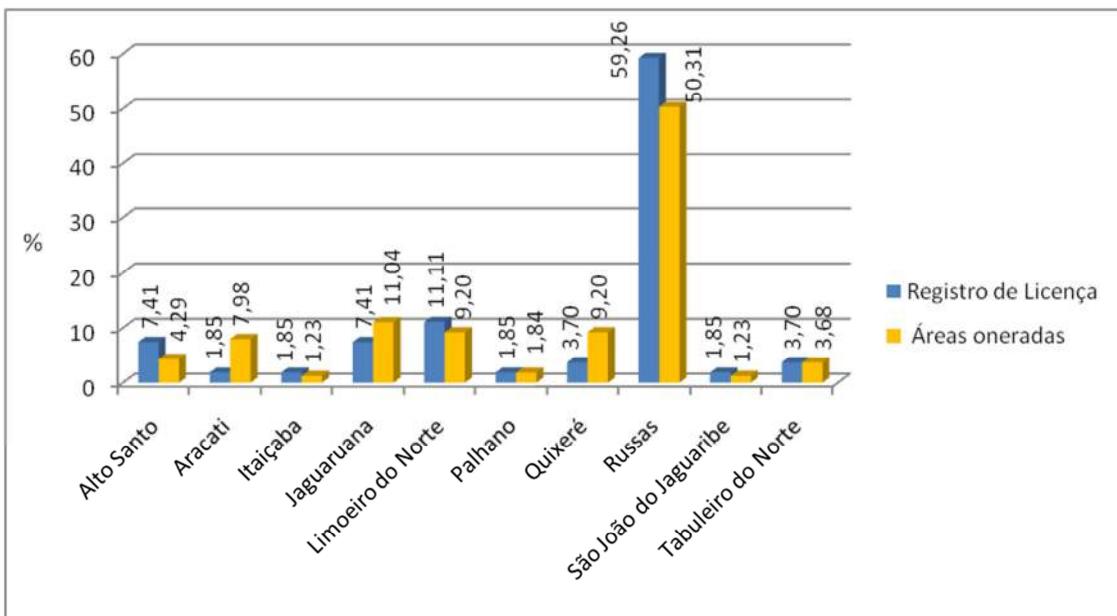


Figura 10.2 – Percentuais de registros de licença e áreas oneradas para argila na região do Baixo Jaguaribe em dezembro/2012. Fonte: DNPM.

A tabela 10.2 compara as áreas regularizadas e os processos que declararam, ao DNPM, produção de argila em 2011 com as informações das unidades cerâmicas ativas sobre a origem da matéria prima utilizada. Dos 54 licenciamentos em vigor somente 32 declararam produção, sendo que a produção bruta oficial de argila ano base 2011 representa somente 24% do consumo de argila como matéria-prima na indústria cerâmica, conforme pode ser visualizado nas tabelas 11.2 e 11.3 e figura 11.7, questão mais bem discutida no Capítulo 11.

| Município          | Registro de Licença | Processos que declararam Produção - RAL (Ano Base 2011) | Nº Cerâmicas ativas | Procedência da Argila |                     |                   |                       |
|--------------------|---------------------|---|---------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|
|                    |                     |   |                     | Jazida Própria        | Compra de terceiros | Área Regularizada | Área não regularizada |
| Alto Santo         | 4                   | 1   | 9                   | 2                     | 7                   | 3                 | 6                     |
| Aracati            | 1                   | 1   | 1                   |                       | 1                   | 1                 |                       |
| Itaiçaba           | 1                   |   | 2                   | 1                     | 1                   | 1                 | 1                     |
| Jaguaruana         | 4                   | 2   | 5                   | 4                     | 1                   | 3                 | 2                     |
| Limoeiro do Norte  | 6                   | 4   | 8                   | 3                     | 5                   | 3                 | 5                     |
| Palhano            | 1                   |   | 6                   |                       | 6                   | 1                 | 5                     |
| Quixeré            | 2                   | 1   | 9                   | 1                     | 8                   | 5                 | 4                     |
| Russas             | 32                  | 22  | 96                  | 30                    | 66                  | 49                | 47                    |
| S. J. do Jaguaribe | 1                   |   | 2                   |                       | 2                   | 2                 |                       |
| Tabuleiro do Norte | 2                   | 1   | 2                   | 2                     |                     | 1                 | 1                     |
|                    | 54                  | 32  | 140                 | 43                    | 97                  | 69                | 71                    |

Tabela 10.2 – Regularização e procedência da argila consumida em 140 unidades cerâmicas do Baixo Jaguaribe. Fonte: Cadastro Mineiro – DNPM (2012); Anuário Mineral Brasileiro (2012) e Pesquisa Direta DNPM (2011).

Com relação à origem da argila utilizada como matéria-prima na indústria cerâmica, os resultados da pesquisa realizada em 140 unidades cerâmicas do Baixo Jaguaribe são apresentados na tabela 10.2 e nas figuras 10.3 e 10.4.

Nos 10 municípios pesquisados, apenas 31% das empresas declarou que possui jazida própria, o restante (69%) informou que compra a matéria-prima de terceiros, percentual que se repete em Russas, município que detém quase 70% das cerâmicas ativas na região (Tabela 10.2 e Figura 10.3). IEL (2010), em pesquisa realizada em 101 empresas no município de Russas, identificou que somente 36,6% possuem jazidas próprias e legalizadas para a extração da argila, ao contrário de 64,4% que utilizam argila de terceiros. Outro fato

verificado é que quando da aquisição de argila a terceiros, na maioria das vezes, não há comprovação de compra e venda através de notas fiscais.

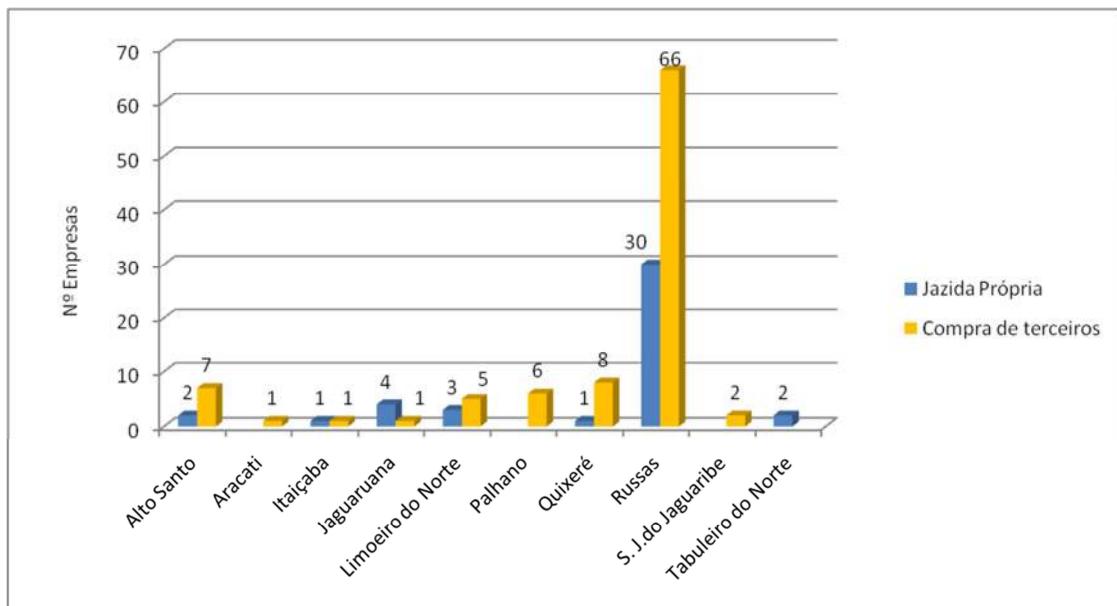


Figura 10.3 – Origem da argila utilizada como matéria-prima na indústria cerâmica do Baixo Jaguaribe. Fonte: Pesquisa direta DNPM (2011).

Com relação à regularização junto ao DNPM, pesquisa realizada em 140 cerâmicas em atividade identificou que 51% das áreas declaradas pelas empresas como fonte de matéria-prima, própria ou de terceiros, estão regularizadas sob o regime de licenciamento. Com relação ao restante (49%), quando indicado um processo minerário, este já havia expirado ou estava em fase de requerimento ou autorização de pesquisa, mas, na maioria das vezes, é declarada a compra de terceiros que não detém nenhum título (Tabela 10.2 e Figura 10.4). Entre aqueles que possuem jazida própria, 14% estão com requerimento de registro de licença em tramitação no DNPM para regularização das áreas.

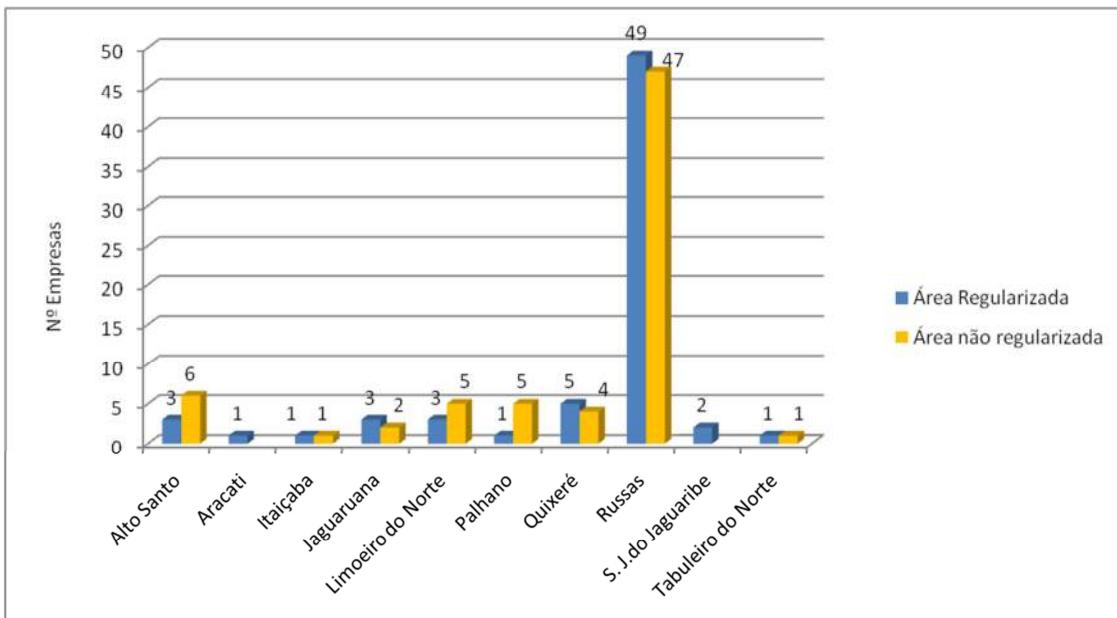


Figura 10.4 – Regularização junto ao DNPM das áreas de extração de argila utilizada como matéria-prima na indústria cerâmica do Baixo Jaguaribe. Fonte: Pesquisa direta DNPM (2011).

Em alguns casos, o ceramista tem uma área regularizada, mas extrai em outra não formalizada, devido tanto a exaustão da área regularizada, pelos motivos já abordados em capítulos anteriores, como extração horizontalizada e outros, quanto pela questão fundiária, ele requereu a área em que é proprietário, mas esta ou não tem matéria-prima adequada ou já está exaurida.

A figura 10.5 mostra a situação da indústria cerâmica de Russas quanto à regularização junto aos órgãos federais e estaduais competentes, resultado de pesquisa realizada por IEL (2010) em 101 empresas. A licença ambiental para fabricação de produtos cerâmicos é obtida junto a Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE e o cadastro de consumidores de matéria-prima de origem florestal é obrigatório para todos que utilizam esse tipo de insumo, conforme disposto na Lei Estadual n.º 12.488/1995.

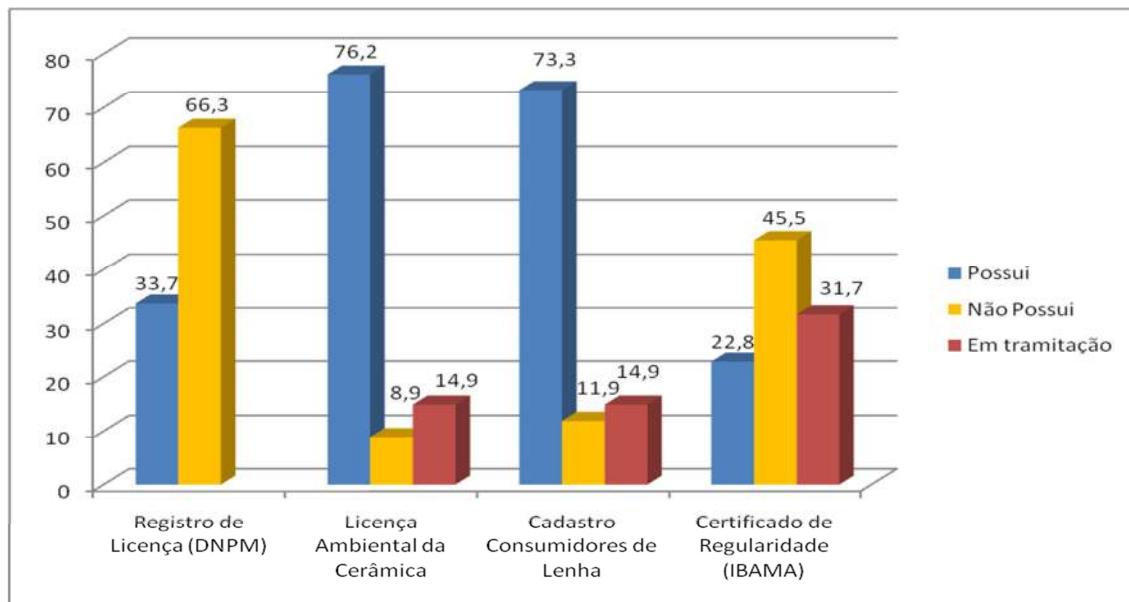


Figura 10.5 – Regularização das unidades produtoras de cerâmica de Russas junto aos órgãos federais e estaduais. Fonte: IEL (2010).

A partir do ano 2000 foram intensificadas as ações do DNPM na região, inclusive com a participação em parceria com órgãos estaduais e federais em projetos de desenvolvimento no APL de Russas. Em 2008 foram realizadas audiências públicas e reuniões entre Ministério Público Federal, DNPM e entidades representativas dos ceramistas e empresários para tratar de questões relacionadas à informalidade da extração mineral, destacando-se os aspectos ambientais das áreas abandonadas, principalmente quanto à responsabilidade pelos passivos, e as possíveis atitudes a serem tomadas para a recuperação ambiental. Como desdobramento dessas ações a Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguariabano (COOBAM) requereu várias áreas para pesquisa mineral, que foram em parte pesquisadas e em parte cedidas para associados, que requereram mudança de regime para licenciamento, melhorando um pouco os percentuais de regularização na região.

Além da questão do alto índice de informalidade da extração mineral, outro fato que colabora para a discrepância entre os números oficiais de produção e os reais deve-se ao mau preenchimento dos Relatórios Anuais de Lavra (RAL), que quando entregues apresentam informações inconsistentes, fato que se repete ano a ano, ocasionado pela falta de uma análise criteriosa e fiscalização por parte do DNPM.

## 11 – CARACTERIZAÇÃO DO SETOR PRODUTOR

A indústria de cerâmica do Ceará se caracteriza por uma estrutura de gestão marcadamente familiar, em que micro e pequenas empresas são predominantes. A extração de argila se constitui em uma atividade diretamente vinculada a indústria cerâmica, sendo a matéria-prima produzida caracterizada pelo baixo valor unitário, o que faz com que a mineração se desenvolva de forma cativa, cada produtor extraia a argila para sua própria cerâmica, estando às cavas situadas o mais próximo possível das cerâmicas, não excedendo 10 km de distância na região de Russas. Quando há comercialização da argila, esta normalmente acontece pela venda pelos ceramistas do excedente de suas minas.

O setor cerâmico do Ceará está distribuído em todo o estado, destacando-se na produção de cerâmica vermelha, o Baixo Jaguaribe e a Região Metropolitana de Fortaleza. A produção de cerâmica no município de Russas iniciou-se à cerca de 50 anos quando foi descoberta o potencial local para extração de argila, o que estimulou a população a aproveitar o uso da matéria prima na fabricação da cerâmica vermelha, inicialmente de forma totalmente artesanal.

Embora dependam diretamente da extração mineral, atividade que depende de licenciamento ou concessão do poder público, muitas dessas indústrias persistem em operar na informalidade.

### 11.1 – Estrutura Empresarial

A indústria cerâmica no Brasil é um setor com estrutura empresarial bastante assimétrica, pulverizada e de capital estritamente nacional, em que coexistem micro empreendimentos familiares, em grande parte não incorporados nas estatísticas oficiais; cerâmicas de pequeno e médio porte, deficientes na gestão e pouco mecanizadas; e empresas de médio a grande porte, que operam com tecnologia mais avançada e possuem gestão profissionalizada (Cabral Junior, 2008).

No Baixo Jaguaribe a produção de cerâmica vermelha está distribuída nos municípios de Alto Santo, São João do Jaguaribe, Tabuleiro do Norte, Limoeiro do Norte, Quixeré, Russas, Jaguaruana, Palhano, Itaiçaba e Aracati. O gráfico da figura 5.1 mostra a distribuição das unidades industriais em atividade nesses municípios em 2002 e 2011, com destaque para o município de Russas, que em 2011 detinha mais de 68% das cerâmicas em atividade na região. Na pesquisa direta realizada pelo DNPM em 2011, nos municípios citados, foram cadastradas 140 unidades industriais em atividade e 18 paralisadas.

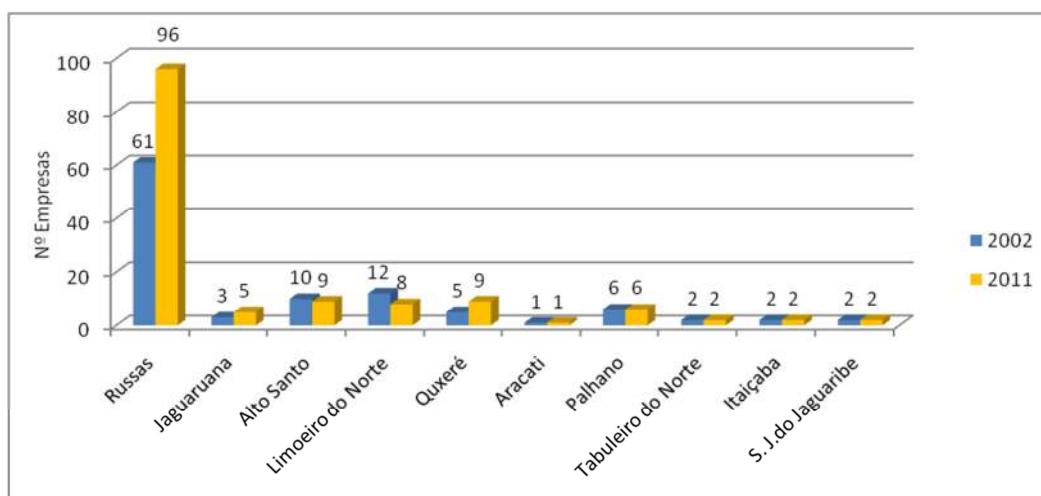


Figura 11.1 – Distribuição das unidades industriais em atividade nos municípios do Baixo Jaguaribe em 2002 e 2011, totalizando, respectivamente, 104 e 140 unidades industriais. Fonte: SINDCERÂMICA (2002) e Pesquisa direta DNPM (2011).

A grande concentração de unidades produtoras de cerâmica vermelha no município de Russas faz com que esse aglomerado de produtores tenha reconhecimento nacional como Arranjo Produtivo Local de Cerâmica Vermelha.

IEL (2010), em pesquisa realizada no município de Russas, identificou 101 indústrias em atividade na produção de produtos cerâmicos, em que 82,2% estão concentradas na zona rural e 17,8 % na zona urbana do município. Com relação ao tempo de trabalho no setor, o mesmo estudo demonstrou que os empreendimentos com mais de 10 anos de atividade representam mais de 55 % das unidades produtoras, demonstrando, assim, um elevado índice de longevidade (Figura 11.2).

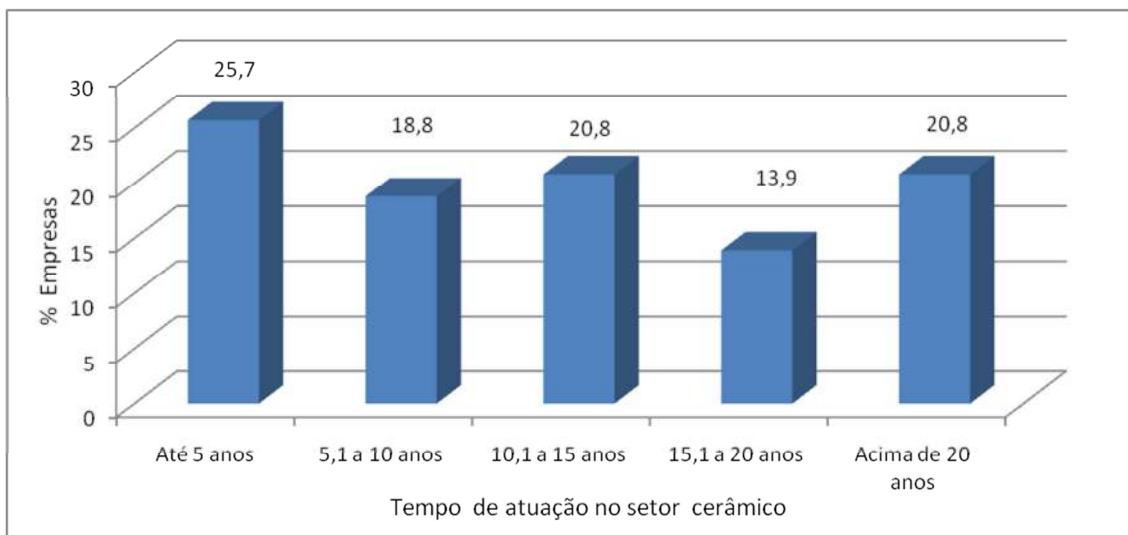


Figura 11.2 – Tempo de atuação das indústrias cerâmicas do município de Russas. Fonte: IEL (2010).

As empresas industriais são classificadas segundo seu porte, considerando a renda bruta anual. O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) utilizam definições diferentes para essa classificação, em que o primeiro segue o Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte, instituído pela Lei Complementar nº 123/2006 (Tabela 11.1).

| Agência   | Porte da empresa   |  |   |
|---|--|--|---|
|   | Micro  | Pequena  | Média   |
| Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) | Receita bruta anual inferior ou igual a R\$ 240.000,00                             | Receita bruta anual superior a R\$ 240.000,00 e inferior ou igual a R\$ 2,4 milhões.                           |   |
| Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)      | Receita operacional bruta anual ou anualizada inferior ou igual a R\$ 2,4 milhões. | Receita operacional bruta anual ou anualizada superior a R\$ 2,4 milhões e inferior ou igual a R\$ 16 milhões. | Receita operacional bruta anual ou anualizada superior a 16 milhões e inferior ou igual a R\$ 90 milhões. |

Tabela 11.1 – Classificação do porte das empresas.

O gráfico da figura 11.3 apresenta o faturamento médio anual das indústrias produtoras de cerâmica de Russas, observando-se que 95,98% das empresas têm faturamento médio anual de até R\$ 2,4 milhões. Utilizando-se os limites impostos pelo Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte (Tabela 11.1), foi evidenciado que a maioria das indústrias cerâmicas de Russas é classificada como empresa

de pequeno porte, ou seja, possui receita bruta anual superior a R\$ 240.000,00 e igual ou inferior a R\$ 2.400.000,00 (IEL,2010).

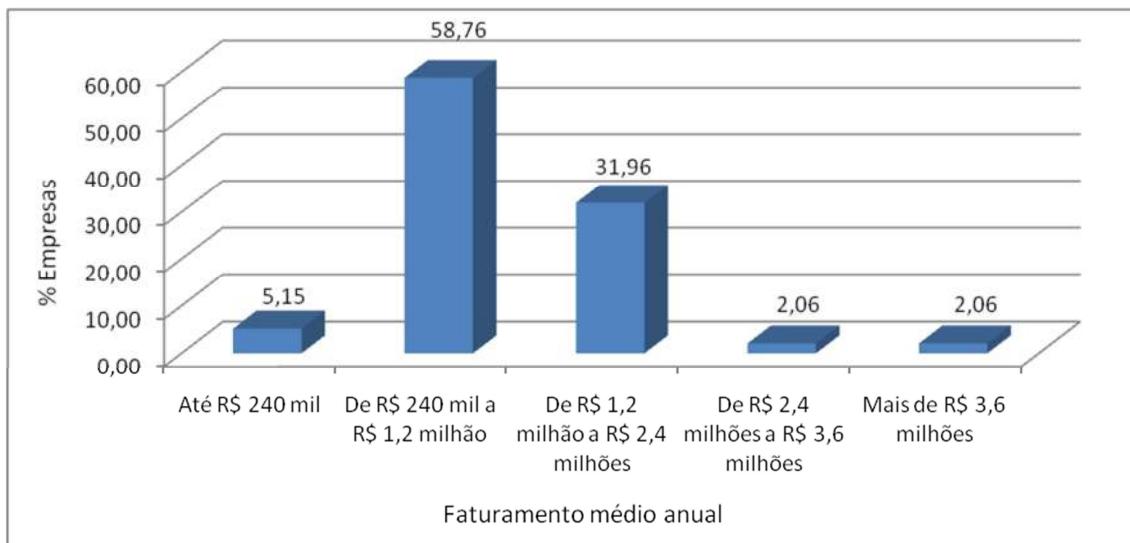


Figura 11.3 – Renda bruta média anual das indústrias cerâmicas do município de Russas. Fonte: IEL(2010).

O gráfico da figura 11.4 apresenta a distribuição das indústrias de produtos cerâmicos de Russas de acordo com as classificações de porte das empresas utilizadas pelo SEBRAE e BNDES (Tabela 11.1).

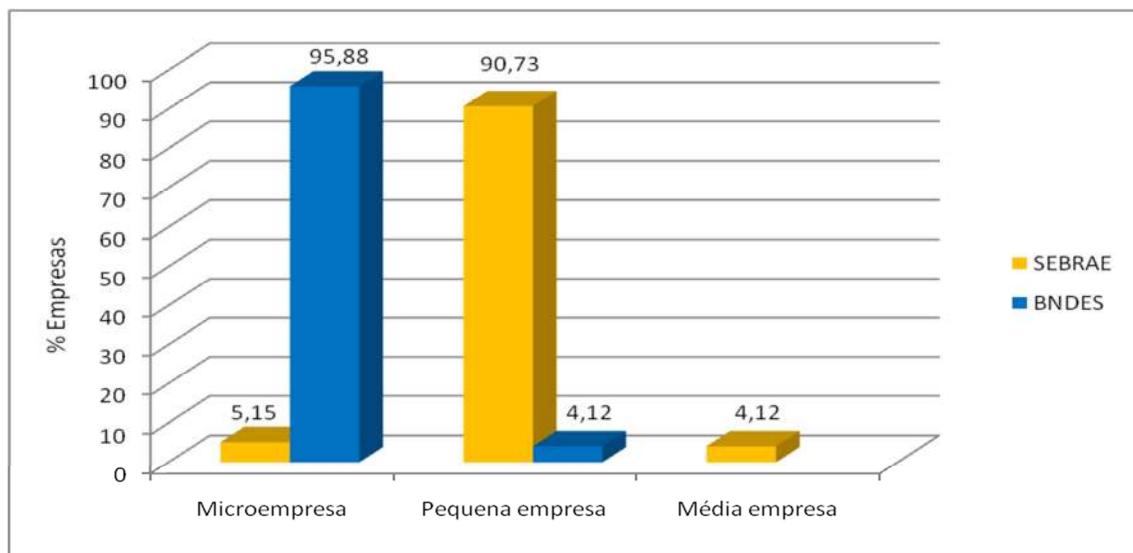


Figura 11.4 – Porte das indústrias de produtos cerâmicos do município de Russas segundo as classificações utilizadas pelo SEBRAE e BNDES.

## 11.2 – Recursos Humanos

O gráfico da figura 11.5 mostra a distribuição dos empregos diretos na indústria de produtos cerâmicos nos municípios do Baixo Jaguaribe, em 2002 e 2011. A pesquisa realizada pelo DNPM em 2011 abrangeu 140 cerâmicas em atividade, totalizando 3.797 empregos diretos, o que representa uma média de 27 postos de trabalho por empresa. Em 2002, o estudo realizado pelo SINDCERÂMICA contemplou 104 indústrias cerâmicas em atividade, que empregavam 2.697 trabalhadores, com média de 26 empregos diretos por empresa.

Na pesquisa realizada em 2011 o município de Russas aparece com mais de 70% dos empregos diretos da indústria cerâmica na região do Baixo Jaguaribe, enquanto que em

2002 os postos de trabalho no município de Russas representavam pouco mais de 58 % do total, de acordo com SINDCERÂMICA (2002).

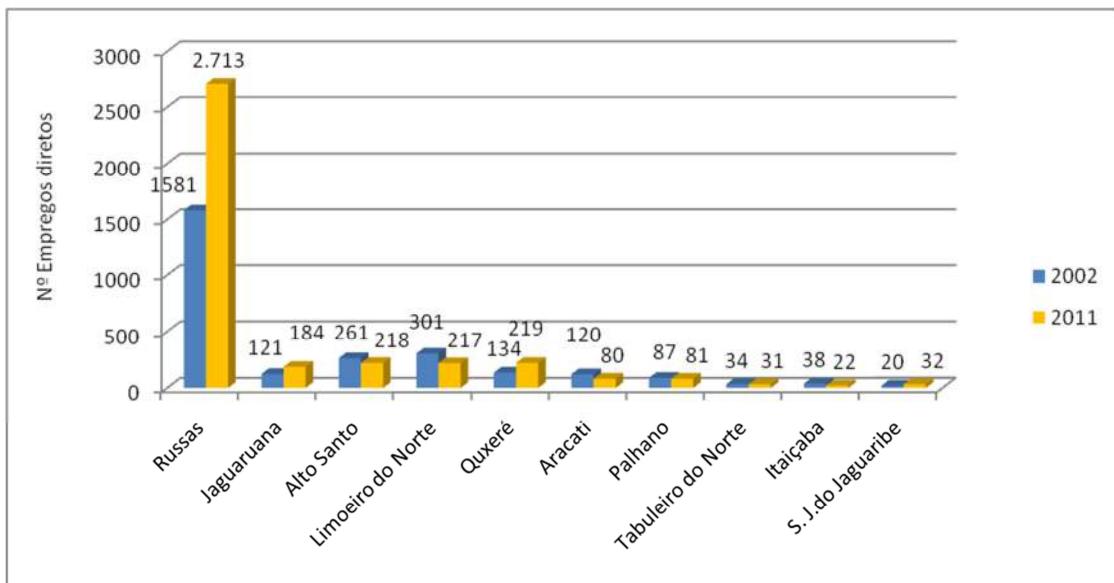


Figura 11.5 – Empregos diretos na indústria cerâmica nos municípios do Baixo Jaguaribe em 2002 e 2011.  
Fonte: SINDCERÂMICA (2002) e Pesquisa direta DNPM (2011).

IEL (2010), em pesquisa realizada no município de Russas abrangendo 101 empresas, identificou 3.223 postos de trabalho, com média de 32 empregos por empresa, sendo 90,8% das ocupações pertencentes à área de produção. O mesmo estudo caracterizou que com relação ao envolvimento de familiares nas empresas, em 58,4% das indústrias parte da mão-de-obra ocupada era parente do proprietário, o que não ocorre em 41,6%, em que não existe vínculo familiar entre os proprietários e os empregados.

Com relação ao perfil dos empregados da indústria cerâmica de Russas, estudo do IEL (2010) indicou que em 93,9% das empresas pesquisadas os empregados são do próprio município. Com relação à idade média dos empregados, na maioria das empresas (58,4%), varia de 19 a 25 anos, aparecendo uma segunda faixa variando de 44 a 50 anos, que está presente em 34,6% das indústrias.

O nível de escolaridade dos empregados é baixo, estando, em média, 70,1% dos funcionários enquadrados como alfabetizados, devendo-se este fato a concentração das indústrias na zona rural e a grande absorção de trabalhadores rurais (IEL, 2010).

Com relação aos empregos diretos na extração de argila, os dados oficiais são muito pouco significativos, tanto devido à informalidade no setor quanto as características da cadeia produtiva da indústria de cerâmica vermelha, em que a mineração é considerada como uma etapa no processo industrial, caracterizado por minas cativas, que comercializam os excedentes de produção, sendo a mão de obra que atua na extração da argila, normalmente, composta empregados da própria cerâmica ou terceirizados.

Na região do Baixo Jaguaribe, as minas são, predominantemente, cativas e pequenas, com a mão de obra empregada variando de dois a cinco profissionais, distribuídos nas seguintes atividades: operador de escavadeira, operador de pá carregadeira, motorista de caminhão e tratorista para secagem da argila.

### 11.3 – Produção industrial, consumo e produção de argila

Nos dados oficiais do Anuário Mineral Brasileiro (2012; ano base 2011) consta a existência de pelo menos 32 áreas de extração de argila em operação nos municípios de Russas, Jagaruana, Alto Santo, Limoeiro do Norte Quixeré, Aracati, Palhano, Tabuleiro do Norte e São João do Jaguaribe (Tabela 11.2). No entanto, todos os estudos realizados mostram que há um número muito maior de cavas e de empresas em operação. A defasagem dos números oficiais decorre, principalmente, das peculiaridades do setor cerâmico, em que a

produção cativa de matéria prima é um fato constante, o que faz com que a atividade de mineração seja tratada como se fosse uma etapa na produção da indústria cerâmica e não como atividade individualizada, que demanda procedimentos especiais para ser realizada de forma legal, como obtenção do registro de licença ou da concessão de lavra, licenciamento ambiental e recolhimento da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM).

| MUNICÍPIO             | Nº PROCESSOS<br>DNPM(2011)* | PRODUÇÃO BRUTA (t) |                |                |                |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
|                       |                             | 2008               | 2009           | 2010           | 2011           |
| RUSSAS                | 22                          | 112.063            | 79.544         | 117.921        | 125.722        |
| ALTO SANTO            | 1                           | 5.795              | 8.273          | 14.881         | 14.638         |
| ARACATI               | 1                           | 18.000             | 22.200         | 19.950         | 10.600         |
| JAGUARUANA            | 2                           | 26.949             | 27.829         | 22.083         | 8.808          |
| LIMOEIRO DO NORTE     | 4                           | 10.123             | 12.154         | 11.779         | 20.614         |
| QUIXERÉ               | 1                           |                    | 6.158          | 9.086          | 8.376          |
| SÃO JOÃO DO JAGUARIBE |                             | 940                |                |                |                |
| TABULEIRO DO NORTE    | 1                           |                    | 3.360          | 10.778         | 11.850         |
| <b>TOTAL</b>          | <b>32</b>                   | <b>173.870</b>     | <b>159.518</b> | <b>206.478</b> | <b>200.607</b> |

(\*) Número de processos DNPM que declararam produção bruta em 2011.

Tabela 11.2 – Produção bruta oficial de argila em municípios do Baixo Jaguaribe. Fonte: DNPM/Anuário Mineral Brasileiro.

A produção da indústria de cerâmica do Baixo Jaguaribe em 2011 foi da ordem de 64.300 milheiros de peças cerâmicas, conforme dados coletados em 140 empresas distribuídas nos municípios de Russas, Jagaruana, Alto Santo, Limoeiro do Norte, Quixeré, Aracati, Palhano, Tabuleiro do Norte, Itaiçaba e São João do Jaguaribe. Na figura 11.6 é mostrada a produção industrial em 2002 e 2011, sendo o município de Russas responsável por mais de 70% da produção em 2011.

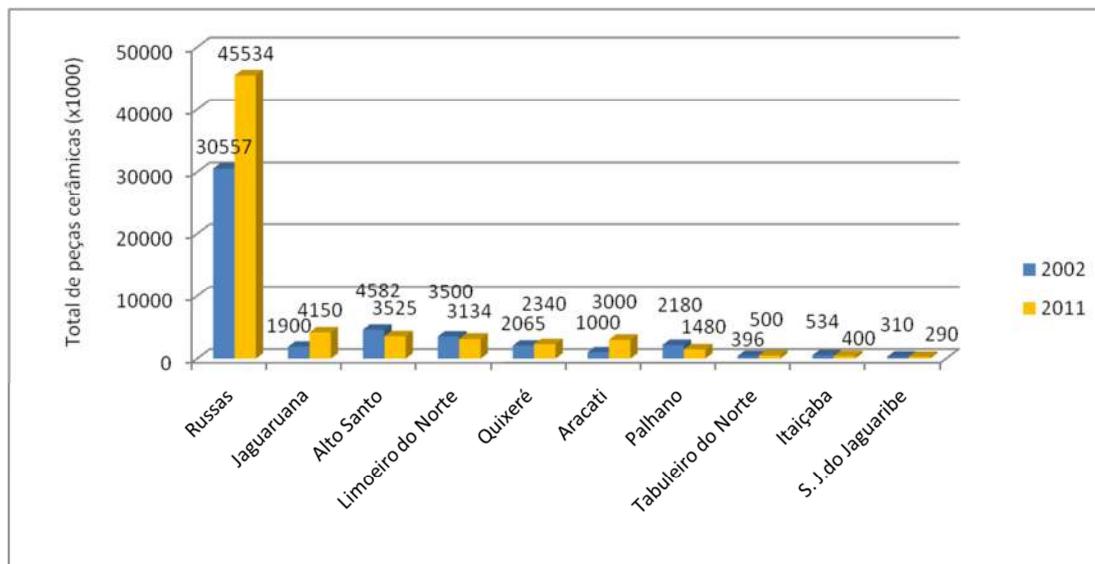


Figura 11.6 – Produção mensal da indústria cerâmica do Baixo Jaguaribe em 2002 e 2011. Fonte: SINDCERÂMICA (2002) e Pesquisa direta DNPM (2011).

A produção é distribuída em três grandes grupos de produtos: telhas, tijolos e outros (lajes valterrana, lajotas, blocos cerâmicos e combogós). A telha é o principal produto com produção da ordem de 55.400 milheiros, correspondendo a 86 % da produção, sendo o tipo principal a extrusada. A telha prensada também é produzida, mas somente duas empresas no município de Russas a fabricam. Os tijolos produzidos são de oito furos, seis furos e em menor escala, o tijolo aparente (Tabela 11.3).

| MUNICÍPIO            | Nº EMPRESAS ATIVAS | PRODUÇÃO (MENSAL) |                |               |                                  | ARGILA CONSUMIDA (t/ano) |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------------|----------------------------------|--------------------------|
|                      |                    | TELHA (x1000)     | TIJOLO (x1000) | OUTRO (x1000) | TOTAL DE PEÇAS CERÂMICAS (x1000) |                          |
| RUSSAS               | 96                 | 43.137            | 2.397          | 0             | 45.534                           | 602.834,4                |
| JAGUARUANA           | 5                  | 950               | 1600           | 1600          | 4.150                            | 45.240,0                 |
| ALTO SANTO           | 9                  | 3470              | 55             |               | 3.525                            | 47.028,0                 |
| LIMOEIRO DO NORTE    | 8                  | 3104              | 30             |               | 3.134                            | 43.032,0                 |
| QUIXERÉ              | 9                  | 2260              | 80             |               | 2.340                            | 32.865,6                 |
| ARACATI              | 1                  |                   | 2000           | 1000          | 3.000                            | 21.600,0                 |
| PALHANO              | 6                  | 1460              | 20             |               | 1.480                            | 20.520,0                 |
| TABULEIRO DO NORTE   | 2                  | 440               | 60             |               | 500                              | 6.336,0                  |
| ITAIÇABA             | 2                  | 280               | 120            |               | 400                              | 4.320,0                  |
| S. JOÃO DO JAGUARIBE | 2                  | 290               |                |               | 290                              | 4.416,0                  |
|                      | 140                | 55.391            | 6.362          | 2.600         | 64.353                           | 828.192                  |

Tabela 11.3 – Produção de peças cerâmicas e consumo de argila nos municípios do Baixo Jaguaribe. Fonte: Pesquisa direta DNPM (2011).

IEL (2010), em pesquisa realizada no município de Russas, caracterizou e quantificou a produção conforme apresentado na tabela 11.4. A telha responde por mais de 95 % da produção de peças, com a do tipo extrusada representando quase a totalidade das peças produzidas.

| Tipo de Produto  |            | Produção mensal (x 1000) | %    |
|------------------|------------|--------------------------|------|
| Telha            | Prensada   | 740                      | 1,5  |
|                  | Extrusada  | 47.161                   | 98,5 |
|                  | Total      | 47.901                   | 95,9 |
| Tijolo           | Seis furos | 922                      | 45,3 |
|                  | Oito furos | 1.108                    | 54,4 |
|                  | Estrutural | -                        | -    |
|                  | Aparente   | 5                        | 0,2  |
|                  | Total      | 2.034                    | 4,1  |
| Lajes Valterrana | H8         | 5                        | 0,01 |
| TOTAL            |            | 49.940                   |      |

Figura 11.4 – Tipo de produto e produção mensal das indústrias cerâmicas do município de Russas. Modificado de IEL (2010).

A produção bruta oficial de argila declarada ao DNPM em 2011 representa somente 24 % do consumo de argila da indústria de produtos cerâmicos do Baixo Jaguaribe, obtido em pesquisa direta realizada em 140 unidades industriais ativas em dez municípios (Tabela 11.2 e 11.3). O gráfico da figura 11.7 compara a produção oficial de argila por município com o consumo das indústrias de produtos cerâmicos, demonstrando o alto percentual de informalidade ainda existente na mineração de argila da região, da ordem de 76 %.

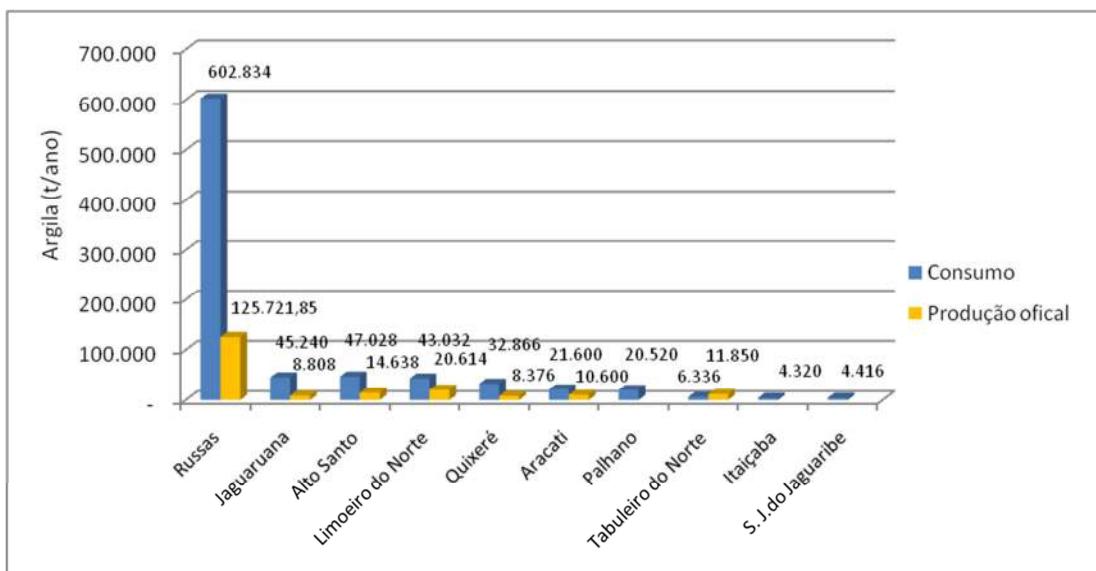


Figura 11.7 – Produção oficial e consumo de argila em municípios do Baixo Jaguaribe, referente ao ano de 2011. Fonte: DNPM/AMB e Pesquisa direta DNPM (2011).

Com relação ao recolhimento da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM, embora tenha apresentado crescimento, conforme demonstra a figura 11.8, ainda está muito aquém dos valores devidos, em virtude do alto percentual de informalidade na mineração de argila da região, já abordado anteriormente.

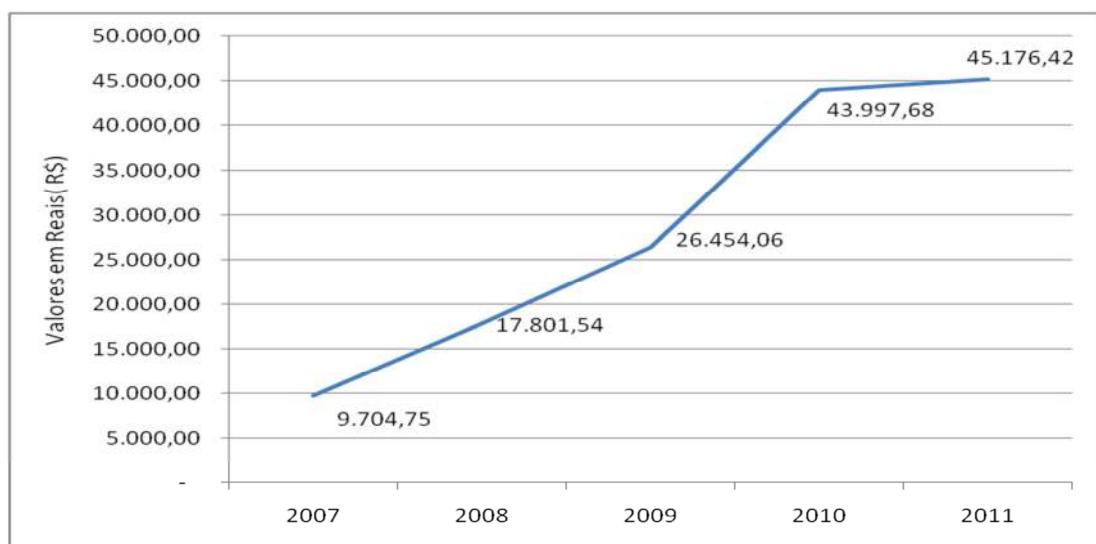


Figura 11.8 - Evolução do recolhimento da CFEM nos municípios do Baixo Jaguaribe. Fonte: DNPM.

IEL (2010), em pesquisa realizada em 101 empresas no município de Russas, verificou que 67,5% das empresas comercializam seus produtos para outros estados do país (Tabela 11.5).

| Destino das vendas | N.º de Empresas | %    |
|--------------------|-----------------|------|
| Local/municipal    | 32              | 53,8 |
| Fortaleza          | 44              | 51,7 |
| Outros municípios  | 31              | 39,1 |
| Outros estados     | 73              | 67,5 |

Tabela 11.5 – Destino das vendas da indústria de produtos cerâmicos de Russas. Modificado de IEL (2010).

## 12 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1. No Baixo Jaguaribe a produção de cerâmica vermelha está distribuída nos municípios de Alto Santo, São João do Jaguaribe, Tabuleiro do Norte, Limoeiro do Norte, Quixeré, Russas, Jagaruana, Palhano, Itaiçaba e Aracati, tendo sido cadastradas 140 unidades industriais em atividade e 18 paralisadas. O município de Russas detém mais de 68% das cerâmicas em atividade na região.
2. Foram estruturados sete pólos de extração no Baixo Jaguaribe: 1) Aracati – Itaiçaba; 2) Palhano; 3) Jagaruana; 4) Russas; 5) Limoeiro - Flores – Quixeré; 6) São João do Jaguaribe – Tabuleiro; e 7) Alto Santo. O pólo que concentra o maior número de cerâmicas é o Pólo Russas, seguido do Pólo Limoeiro-Flores-Quixeré. Em ambos foi observado que na maioria das cerâmicas em que se foi possível identificar o processo, a cerâmica está situada a uma distância inferior a 5 km de sua respectiva área de extração
3. Dados do levantamento realizado nas proximidades da sede do município de Russas apontam que 55% das cavas cadastradas apresentaram profundidade inferior a 1 metro, enquanto que nas proximidades da sede do distrito de Flores esse valor cai para aproximadamente 40%. Isso decorre principalmente devido a retirada de material em áreas não regularizadas.
4. Furos de trado realizados no pólo de extração de Russas apresentaram espessuras de 1,5 a pouco mais de 5,5 m, ressalvando-se que, muitas vezes devido ao equipamento utilizado, o final da perfuração era forçado pelo aparecimento do lençol freático. Considerando que sondagens realizadas para captação de água indicam, em alguns locais, espessura dos depósitos aluviais superior a 30 metros, recomenda-se a realização de uma campanha de sondagem para ultrapassar a camada de argila, e assim delimitar as áreas com maior potencial para exploração dos depósitos de argila.
5. A camada em exploração é constituída por argila cinza, argila amarronzada, argila siltosa, silte argiloso e silte, que ocorrem sobrejacentes a depósitos arenosos. A partir de 1,0 m de profundidade podem começar a ocorrer nódulos de calcário com diâmetros de 0,5 a 5,0 cm e concreções limoníticas arredondadas com diâmetros de 2,0 a 5,0 mm, cujo tamanho aumenta com a profundidade.
6. A partir dos resultados obtidos na caracterização tecnológica da argila, foi possível observar que o teste de absorção de água revelou compatibilidade para produção de telhas e tijolos furados em todas as amostras, enquanto que no teste de TRF (queima a 950°C), as amostras RUS-04 e RUS-05 são incompatíveis para a produção de telhas e tijolos furados, mas favoráveis à produção de tijolos maciços.
7. Os dados de plasticidade apontam que 50% das amostras estão no nível abaixo de 13%, sendo aconselhável que tais materiais não sejam utilizados diretamente como massa cerâmica, mas misturados com argilas excessivamente plásticas para melhorar no processo de secagem.
8. Como não foi possível confirmar a influência direta da presença de nódulos de calcário nas características físicas dos materiais argilosos (exceto por uma provável inferência no

teste de absorção de água), torna-se necessária a realização de outros trabalhos com novas amostragens e respectivas análises tecnológicas, direcionadas para a verificação de tal interferência.

9. A indústria cerâmica da região utiliza, geralmente, dois tipos de matérias-primas, uma com maior teor de argila, denominado de barro forte ou gordo, e um material com menor teor de argila e maior teor de areia e silte, denominado barro fraco, magro ou “poaca”.
10. As operações de extração de argila ocorrem de forma pulverizada por toda a região e avançam horizontalmente alcançando pequena profundidade, restringindo-se a camada superior do depósito, devido às características do material superficial, que possui uma mistura natural, fazendo com que não seja necessária a adição de nenhum outro tipo de material na preparação da massa a ser usada para produção das peças cerâmicas, bem como ao aparecimento, com o aumento da profundidade, de nódulos e/ou concreções calcárias. Como se vê, os problemas que vem determinando que a extração se dê até pequenas profundidades, ocasionando a degradação de grandes áreas, face ao desenvolvimento superficial da mineração são de ordem puramente tecnológica, sendo perfeitamente possível de serem equacionados.
11. Os impactos ambientais na região são causados principalmente pela emissão de particulados durante a extração/carregamento e os passivos ambientais decorrem da não recuperação das áreas degradadas. Os principais tipos de degradação encontrados se referem à remoção da vegetação local e degradação dos solos, que expostos à ação dos raios solares, em curto prazo podem tornar a região suscetível à desertificação. Sugere-se a prática das técnicas utilizadas para o controle das áreas impactadas pela mineração: a) restrição da remoção da vegetação ao mínimo necessário e revegetação das áreas impactadas; b) instalação de sistema de drenagem das águas pluviais nas frentes de lavra e nos pátios de estocagem de forma a conduzi-las para tanques de decantação antes da liberação para o meio externo; e c) instalação de barreira vegetal nos entornos da cava e do pátio de estocagem, e aspersão de água sobre os acessos não-pavimentados situados no interior e no acesso ao empreendimento para o controle de poeira.
12. Avalia-se que todas as empresas utilizam a madeira como combustível nas cerâmicas (poda de cajueiros), complementada por lenha nativa e de planos de manejo, cuja queima é de modo *in natura*. Sugere-se implementar nas demais cerâmicas o que já é verificado em algumas empresas que efetuam a Trituração da lenha antes do seu uso, garantindo um melhor aproveitamento, com redução do consumo e maior controle sobre os níveis de calor.
13. Os municípios do Baixo Jaguaribe possuem 54 (cinquenta e quatro) licenciamentos, 53 (cinquenta e três) autorizações de pesquisa e 56 (cinquenta e seis) requerimentos de pesquisa e de registro de licença, totalizando 163 (cento e sessenta e três) áreas oneradas para argila. O município de Russas representa 59,26% dos registros de licença em vigor na região do Baixo Jaguaribe, totalizando 32 licenciamentos em áreas distribuídas no entorno da sede do município e no distrito de Flores.

14. Dos 54 licenciamentos em vigor somente 32 declararam produção, sendo que a produção bruta oficial de argila ano base 2011 representa somente 24% do consumo de argila como matéria-prima na indústria cerâmica, demonstrando o alto percentual de informalidade ainda existente na mineração de argila da região, da ordem de 76%.
15. A pesquisa realizada pelo DNPM em 2011 abrangeu 140 cerâmicas em atividade, totalizando 3.797 empregos diretos, o que representa uma média de 27 postos de trabalho por empresa.
16. A produção da indústria cerâmica do Baixo Jaguaribe em 2011 foi da ordem de 64.300 milheiros de peças cerâmicas, conforme dados coletados em 140 empresas. São produzidos três grandes grupos de produtos: telhas, tijolos e outros (lajes valterrana, lajotas e combogós). A telha é o principal produto com produção da ordem de 55.400 milheiros, correspondendo a 86 % da produção, sendo o tipo principal a extrusada.
17. Um dos maiores problemas encontrados é a falta de garantia de suprimento qualificado de matéria-prima, ocasionado, principalmente, por tecnologias deficientes de pesquisa, lavra e beneficiamento, além de dificuldades no cumprimento das exigências legais para regularização dos empreendimentos. O aprimoramento do processo de suprimento mineral no Baixo Jaguaribe, por ser um grande pólo produtor necessita de: implantação de mineradores profissionais, centrais de massa e laboratórios de caracterização tecnológica. A viabilização dessa estrutura produtiva e laboratorial, pelo pequeno porte das empresas, necessitará de uma organização em cooperativa, visto que os investimentos são elevados e o próprio modelo de implantação pressupõe operações consorciadas.
18. A seleção de locais com potencialidade mineral maior, ou seja, onde a camada de argila apresenta maior espessura, pode possibilitar a delimitação de áreas, de preferência na porção mais degradada do vale, onde seria realizada lavra mediante um plano de aproveitamento econômico elaborado com critério técnico, em que o resultado da lavra poderia abastecer as cerâmicas da região, com a atividade de mineração sendo realizada em regime de cooperativa. A idéia de se atuar apenas nas áreas já exploradas e degradadas deve-se a que estas já se encontram totalmente inutilizadas para os fins agrícolas.
19. É fundamental a inclusão do mapeamento do depósito de argila nos planos diretores dos municípios envolvidos, como forma de proteger estas reservas de usos incompatíveis com a mineração, tendo em vista sua relevância para a economia da região.
20. A montagem de uma central de massa deve se traduzir em um grande avanço na estrutura de produção de matéria-prima para cerâmica vermelha na região do Baixo Jaguaribe. Esta estrutura proporciona ao setor a utilização de matéria-prima de melhor qualidade, em comparação ao atualmente produzido. Os benefícios vão desde a melhoria do controle de qualidade da argila consumida e, consequentemente, a melhoria da qualidade dos produtos cerâmicos produzidos. Com isso, deverão ser equacionados os problemas tecnológicos, possibilitando, o aumento da profundidade da cava, que se traduz na redução de sua extensão horizontal, o que fará com que, a cada ano, em

superfície, menos área venha a ser degradada, minimizando os impactos ambientais da mineração.

21. Recomenda-se ao Serviço de Fiscalização da Superintendência do DNPM no Ceará, responsável pela próxima etapa do projeto (Formalização) - baseado no fato dos responsáveis pela extração interromperem a atividade durante o tempo de permanência do agente fiscalizador e que as vistorias realizadas na região se resumem a períodos de cinco dias (tempo insuficiente para prejudicar o estoque) – que sejam realizadas campanhas ao longo de um mês, em que uma equipe seria enviada na primeira semana e substituída na semana seguinte por outra equipe e assim sucessivamente até o término do mês. Dessa forma a falta de estoque levaria os responsáveis pela extração irregular a continuarem seus trabalhos, e consequentemente, serem identificados pelo agente fiscalizador. Na oportunidade as equipes presentes na área poderiam também vistoriar as áreas irregulares de calcário na Chapada do Apodi.

## 13 - REFERÊNCIAS

### 13.1 - Bibliográficas

- ALMEIDA F.F.M., HASUI Y.; BRITO NEVES B.B. & FUCK R.A. 1981. Brazilian Structural Provinces: an introduction. *Earth Science Review*, 17: 1-29.
- ARAÚJO, R.C.L.; RODRIGUES, E.H.V. & FREITAS, E.G. 2000. A. *Materiais de Construção*. Rio de Janeiro, Editora Universidade Rural, 2000. 203p. (Coleção Construções Rurais, 1)
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4.<sup>a</sup>ed. Porto Alegre: artmed, 752p.
- BIZZI L.A.; SCHOBENHAUS C.; VIDOTTI R.M. & GONÇALVES J.H. 2003. *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil*. Mapa Geológico 1:2.500.000. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 692 p.
- BRAZ, S.; COUCELLO, V.; FERREIRA, S. Interpolação por kriging de variáveis ambientais. Disponível em: <<http://tigvaso.no.sapo.pt/TPC3.htm>>. Acesso em 05/02/2013.
- CABRAL JUNIOR, M. 2008. *Caracterização dos Arranjos Produtivos Locais (APLs) de Base Mineral no Estado de São Paulo: Subsídios à Mineração Paulista*. Campinas, Instituto de Geociências, UNICAMP, 281p. (Tese de Doutorado)
- CAVALCANTE, J.C. 1999. *Limites e evolução geodinâmica do sistema Jaguaribeano, Província Borborema, NE do Brasil*. Natal, UFRN, 183p. (Dissertação de Mestrado).
- COELHO, J. M. 2009. Perfil da Argila. PROJETO ESTAL. J. Mendo Consultoria/SGM/MME (Relatório Técnico 32). 30 p.
- CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. 2003. *Mapa Geológico do Estado do Ceará*.
- DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. 2009. *Anuário Mineral Brasileiro – Ano base 2008*. Brasília. <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDScao=68&IDPagina=66>>
- DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. 2010. *Anuário Mineral Brasileiro – Ano base 2009*. Brasília. <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDScao=68&IDPagina=66>>
- DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. 2011. *Anuário Mineral Brasileiro - Ano Base 2010*. No prelo.
- DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. 2012. *Anuário Mineral Brasileiro - Ano Base 2011*. No prelo.
- DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Cadastro Mineiro. <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDScao=62&IDPagina=40>>
- DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. 2007. *Identificação e avaliação de áreas degradadas pela mineração*. Relatório Interno; 37p.
- DUARTE, R.M.R. & BUENO, M.S.G. 2006. Fundamentos ecológicos aplicados a RAD para matas ciliares no interior paulista São Paulo: IN: *MANUAL PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DO ESTADO DE SÃO PAULO* . Instituto de Botânica, p. 30-41.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. 1997. *Manual de métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solo, v. 2.
- FARIAS, C.E.G. & COELHO, J.M. 2002. *Mineração e meio ambiente no Brasil*. Centro de gestão e estudos estratégicos; PNUD, Brasília, 42p.
- FUNCEME – FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOREOLOGIA. 1990. *Levantamento do potencial agrícola das terras do imóvel Serrote Branco/Luís Ferreira; município de Jaguaretama-CE*. Fortaleza, 47 p.
- IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. 1990. *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação*. Brasília, 96p.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010a. *Censo Demográfico 2010*. Brasília. <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/populacao\\_por\\_municipio.shtml](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/populacao_por_municipio.shtml)>. Acesso em 12/12/2012
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010b. *Produto Interno Bruto dos Municípios 2004-2008*. <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2004\\_2008/](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2004_2008/)> Acesso em 12/12/2012.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2002. *Área territorial oficial*. Resolução da Presidência do o IBGE de n° 5 (R.PR-5/02). <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default\\_territ\\_area.shtml](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtml)>. Acesso em 12/12/2012.

- IEL/CE - INSTITUTO EUVALDO LODI. 2010. Diagnóstico Socioeconômico do APL de cerâmica vermelha de Russas/CE. Fortaleza, MDIC/BNB, 74p.
- IFAP. Disponível em <<http://www.ediifap.com/mat-did/apostilas-profs/modulo2/mat-const-2/mat.const.aula3.pdf>>. Acesso em 07/02/2013.
- IPECE - INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. 2002. *Mapa de Divisão Política do Estado do Ceará*. Fortaleza, <[http://www.ipece.ce.gov.br/categoria5/tematicos/Tematicos\\_thumbs/03\\_divisao\\_politica\\_ceara.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/categoria5/tematicos/Tematicos_thumbs/03_divisao_politica_ceara.pdf)> . Acesso em 06/12/2012
- JAEN, M.C.R. & AIDE, T.M. 2005. Restoration Success: How is it Being Measured?. *Restoration Ecology*, 13(3):569-577.
- LIMA, R.H.C. 2009. *Estudo de formulação de massas através do controle da mistura: argilas aluvionares do pólo cerâmico de Russas – Ceará*. Rio Claro, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, 117p. (Tese de Doutorado)
- LIMA, R.H.C.; MORENO, M.M.T. & DINIZ, F.S. 2007. Propriedades físico-química e mineralógica de um perfil aluvionar de uso em cerâmica estrutural no Ceará. *Revista de Geologia*, 20(2): 185-194.
- MAIA, R.P. 2005. *Planície fluvial do rio Jaguaribe: evolução geomorfológica, ocupação e análise ambiental*. Fortaleza, Centro de Ciências, UFC, 164p. (Dissertação de Mestrado em Geografia)
- MARTINS, J.G. & SILVA, A.P. 2004. *Produtos Cerâmicos*. Série Materiais de Construção. <<http://www2.ufp.pt/~jguerra/PDF/Construcoes/Produtos%20Ceramicos.pdf>>. Acesso em 02/10/2012.
- MÁS, E. 2002. *Qualidade e Tecnologia em Cerâmica Vermelha*, Editora Pólo Produções Ltda, São Paulo.
- MEDEIROS, M.F. & PARAHYBA, R.E.R. 2003. Avaliação Econômica do Pólo Ceramista de Russas – CE. *Revista de Geologia*, Fortaleza, 16(2): 19-26.
- MEIRA, J.M.L. 2001. Argilas: o que são, suas propriedades e classificações. *Visa comunicações técnica*. 7p, Jan/2001.
- MOREIRA, C.; CARVALHO C.; Nunes I. & QUINTELA M. 2012. *Trabalho Prático - Estudo da Condutividade Hidráulica*. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- NEVES, C.A.R. & SILVA, L.R. 2007. *Universo da Mineração Brasileira*. Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, 79p.
- ODUM, E.P. 1998. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 543p.
- PADMALAL, D. 2004. Tile and Brick Clay Mining and Related Environmental Problems in the Chalakudy Basin, Central Kerala. *Discussion Paper*; Kerala Research Programme on Local Level Development, Thiruvananthapuram, 111p.
- PARAHYBA, R.E.R. 2001. Projeto TECMO: Relatório de viagem a Russas. Fortaleza, DNPM, 6p. (Relatório Interno).
- PARAHYBA, R.E.R; CAVALCANTI, V.M.M; & Medeiros, M.F. 2001. *Projeto TECMO – Tecnologia em Cerâmica – Ações Para Modernidade e Competitividade*. Relatório Preliminar das Atividades: 11, 12, 13, 14, 15. NUTEC/DNPM /CPRM/ SINDCERÂMICA, Fortaleza, 35p.
- PAULA PESSOA, J.M.A. 2004. Tecnologias e técnicas apropriadas para o desenvolvimento sustentável: o caso da indústria cerâmica de Russas – CE. Fortaleza, Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, UFC, 88p. (Dissertação de Mestrado)
- PERLATTI, F. 2009. Identificação e avaliação de áreas degradadas pela mineração de argila – Relatório Parcial de Atividades. DNPM/SUP/CE. Fortaleza, 61p.
- PESSOA NETO, O.C.; SOARES, U.M.; SILVA, J.G.F.; ROESNER, E.H.; FLORENCIO, C.P. & SOUZA, C.A.V. 2007. Bacia Potiguar. *B. Geoci. Petrobrás*, Rio de Janeiro, 15(2): 357-369 maio/nov.2007.
- PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. 2000. *Ranking decrescente do IDH-M dos municípios do Brasil*. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. <[http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/IDH-M%2091%2000%20Ranking%20decrescente%20\(pelos%20dados%20de%202000\).htm](http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/IDH-M%2091%2000%20Ranking%20decrescente%20(pelos%20dados%20de%202000).htm)>. Acesso em 13/12/2012.
- POVIDELO, A. L. & NETO, R. M. 2006. Passivos ambientais em cidades pequenas: uma proposta de recuperação para cava de argila abandonada em Tambaú (SP) Rio Claro. *Estudos Geográficos*, 4(2): p. 53-67, dez/2006.
- RICKLEFS, R.E. 2003. *A Economia da Natureza*. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 5<sup>a</sup> ed., 503p.
- RICKLEFS, R.E. & MILLER, G.L. 1999. *Ecologia*. New York, WH Freeman and Company., 4<sup>a</sup> ed., 879p.
- SANTOS, C. 2007. *Estatística Descritiva - Manual de Auto-aprendizagem*, Lisboa, Edições Sílabo, 2007.

- SCHOBENHAUS, C, P; CAMPOS, DA.; DERZE, G.R. & ASMUS, H.E. 1984. *Geologia do Brasil Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente Incluindo Depósitos Minerais*. Brasília, DNPM. 501 p.
- SGM - SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL. 2008. Anuário Estatístico. MME, Brasília, 2006, 2007 e 2008.
- SHEPARD, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *J. Sedim. Petrol.*, 24(3): 151-158.
- SINDICERÂMICA/FIEC/IEL/SEBRAE. 2002. *Diagnóstico Setorial para o Setor Cerâmico do Estado do Ceará*. Fortaleza, 65 p., Anexos.
- SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. 1967. *Estudo geral de base do Vale do Jaguaribe – hidrogeologia*. Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe, 244p.
- TABARELLI, M. & MANTOVANI, W. 1999. A regeneração de uma floresta tropical Montana após corte e queima (São Paulo – Brasil). *Revista Brasileira de Biologia*, 59(2): p.239-250.
- VASCONCELOS, S.M.S. & SOUSA, A.J.G. 2009. A abordagem geoestatística em estudos hidrogeológicos: um exemplo de aplicação. Fortaleza, *Revista de Geologia*, v. 22, p. 61-74.
- WIKIPÉDIA. Disponível em <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Cer%C3%A2mica\\_de\\_revestimento](http://pt.wikipedia.org/wiki/Cer%C3%A2mica_de_revestimento)>. Acesso em 06/02/2013.

### 13.2 – Textos legais

Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm)>. Acesso em 31/10/2012.

#### **Decreto-Lei**

Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940 (Código de Minas) e institui o Código de Mineração.

Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/Del0227.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0227.htm)>. Acesso em 31/10/2012.

#### **Lei Ordinária Federal**

Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978. Dispõe sobre regime especial para exploração e o aproveitamento das substâncias minerais que especifica e dá outras providências. (Regime de Licenciamento).

Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6567.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6567.htm)>. Acesso em 15/01/2013.

Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em 31/10/2012.

Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989. Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980, e dá outras providências.

Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L7804.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7804.htm)>. Acesso em 15/01/2013.

Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989. Altera o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, cria o regime de permissão de lavra garimpeira, extingue o regime de matrícula, e dá outras providências.

Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L7805.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7805.htm)>. Acesso em 15/01/2013.

Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Institui para os Estados, Distrito Federal e Municípios, a compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências.

Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=67&IDPagina=84&IDLegislacao=16>>. Acesso em 15/01/2013.

Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990. Define os percentuais da distribuição da compensação financeira de que trata a Lei nº 7.990, de 28/12/89 e da outras providências.

Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8001.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8001.htm)>. Acesso em 15/01/2013.

Lei nº 8.176, de 8 de fevereiro de 1991. Define crimes contra a ordem econômica e cria o Sistema de Estoques de Combustíveis.

Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8176.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8176.htm)>. Acesso em 15/01/2013.

Lei nº 9.314, de 14/11/1996. Altera dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências.

Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=67&IDPagina=84&IDLegislacao=24>>. Acesso em 15/01/2013.

Lei nº 9.605/98, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm)>. Acesso em 31/10/2012.

Lei nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000. Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L10165.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L10165.htm)>. Acesso em 15/01/2013.

### **Decreto Federal**

Decreto n.º 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências.

Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/D97632.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm). Acesso em 15/01/2013.

### **Resolução**

Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação do Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.

Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em 15/01/2013.

Resolução CONAMA nº 009, de 6 de dezembro de 1990. Dispõe sobre normas específicas para a obtenção da licença ambiental para a extração de minerais, exceto as de emprego imediato na construção civil.

Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=106>. Acesso em 31/10/2012.

Resolução CONAMA nº 010, de 6 de dezembro de 1990. Dispõe sobre o estabelecimento de critérios específicos para a extração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil.

Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=107>. Acesso em 31/10/2012.

Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental.

Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>. Acesso em 31/10/2012.

Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>. Acesso em 28/10/2012.

Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP.

Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em 28/10/2012.

### **Portaria**

Portaria DNPM nº 392/2004, de 21 de dezembro de 2004. Revê e atualiza os limites máximos de áreas e prazos para pesquisa mineral.

Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSectao=67&IDPagina=84&IDLegislacao=284>. Acesso em 29/11/2012

### **Normas Técnicas**

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Material refratário denso conformado - Determinação da resistência à flexão à temperatura ambiente: NBR 6113, 1990.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Materiais refratários densos conformados - Determinação da densidade de massa aparente, porosidade aparente, absorção e densidade aparente da parte sólida: NBR 6220, 1997.

**ANEXO I - CADASTRO DE CERÂMICAS DO BAIXO JAGUARIBE - PESQUISA DNPM (2011)**

| Nº | NOME  | MUNICIPIO | LONGITUDE   | LATITUDE    | OPERAÇÃO S/N |
|----|---|-----------|-------------|-------------|--------------|
| 1  | M. DE SOCORRO DE MENESSES CERÂMICA-ME /CERÂMICA SÃO FRANCISCO | RUSSAS    | 38°01'42.7" | 04°59'41.7" | SIM          |
| 2  | VALDISON LIMA DE OLIVEIRA-ME                                  | RUSSAS    | 37°59'48.4" | 04°57'46.1" | SIM          |
| 3  | H.P LIMA CERÂMICA EPP - CERÂMICA BEZERRA                      | RUSSAS    | 37°59'49.9" | 04°57'23.4" | SIM          |
| 4  | D. MENESSES DA SILVA-ME                                       | RUSSAS    | 37°58'45.2" | 04°56'58.5" | SIM          |
| 5  | A.M. MARTINS CERÂMICA - ME                                    | RUSSAS    | 37°58'26.9" | 04°57'19.1" | SIM          |
| 6  | CARLA JULIETE CASTRO DA SIL-ME                                | RUSSAS    | 37°58'32.5" | 04°57'47.1" | SIM          |
| 7  | CERÂMICA MATOS - ME   | RUSSAS    | 37°58'40"   | 04°58'16.1" | SIM          |
| 8  | M. COSTA DE OLIVEIRA - ME                                     | RUSSAS    | 37°57'57.8" | 04°58'08"   | SIM          |
| 9  | MARCOS MAIA BANDEIRA - ME<br>JESUS DE MISERICORDIA CERAMICA   | RUSSAS    | 37°57'45.8" | 04°58'37.4" | SIM          |
| 10 | CERÂMICA MONARCA LTDA - ME                                    | RUSSAS    | 37°57'37.3" | 04°58'32.9" | NÃO          |
| 11 | FRANCISCO DE FREITAS MARQUES                                  | RUSSAS    | 37°57'03.9" | 04°58'28.9" | SIM          |
| 12 | JOSÉ IGO SAMPAIO GONÇALVES - ME<br>CERÂMICA TIMBAÚBA          | RUSSAS    | 37°56'56.6" | 04°58'29.9" | SIM          |
| 13 | CERÂMICAS KAPPA INDÚSTRIA LTDA                                | RUSSAS    | 37°56'31.9" | 04°58'26.6" | SIM          |
| 14 | MAURO DAMIÃO DOS SANTOS - ME                                  | RUSSAS    | 37°56'27.0" | 04°58'12.2" | SIM          |
| 15 | JOCASTA M. DE OLIVEIRA-ME                                     | RUSSAS    | 37°56'26.4" | 04°58'07.2" | SIM          |
| 16 | CERÂMICA INGA LTDA  | RUSSAS    | 37°56'23.6" | 04°58'03.3" | SIM          |
| 17 | INDÚSTRIA DE TELHA UNIÃO LTDA                                 | RUSSAS    | 37°55'57.6" | 04°57'27"   | SIM          |
| 18 | CERAMICA SÃO MATEUS - EPP                                     | RUSSAS    | 37°56'20.2" | 04°57'26"   | SIM          |
| 19 | CERÂMICA FROTA COM. IND. LTDA                                 | RUSSAS    | 38°01'26.6" | 04°58'54.3" | SIM          |
| 20 | FRANCISCO JOSÉ CORDEIRO DE SOUZA - ME                         | RUSSAS    | 37°59'17.3" | 04°56'17.2" | SIM          |
| 21 | FRANCIVAN DE OLIVEIRA -ME                                     | RUSSAS    | 37°57'35.1" | 04°55'45.2" | SIM          |
| 22 | CERÂMICA ARAIBU LTDA  | RUSSAS    | 37°57'10.3" | 04°55'50.8" | SIM          |
| 23 | M.V. LEÃO CERÂMICA - ME                                       | RUSSAS    | 37°56'56.7" | 04°56'36.4" | SIM          |
| 24 | CERAMICA RAINHA DA PAZ - ME                                   | RUSSAS    | 37°56'49.6" | 04°55'15.7" | SIM          |
| 25 | F.W. DA SILVA CERÂMICA-ME                                     | RUSSAS    | 37°56'51.4" | 04°55'19.5" | SIM          |
| 26 | FRANCISCO UBIRATAN GONÇALVES DE SILVA-ME                      | RUSSAS    | 37°57'14.4" | 04°55'07.8" | SIM          |
| 27 | JOSÉ ALMIR PAZ -ME - CERÂMICA TRÊS IRMÃOS                     | RUSSAS    | 37°55'39.5" | 04°57'43"   | SIM          |
| 28 | MÁGILA RÉVILA PAZ RIBEIRO - ME                                | RUSSAS    | 37°55'40.6" | 04°37'33.6" | SIM          |
| 29 | J. DO CARMO BEZERRA CERÂMICA - ME                             | RUSSAS    | 37°55'30.1" | 04°57'34.4" | SIM          |
| 30 | J.A. CERAMICA LTDA  | RUSSAS    | 37°55'24.9" | 04°57'22.3" | SIM          |
| 31 | M. DE FATIMA BATISTA RIBEIRO-ME                               | RUSSAS    | 37°55'16.8" | 04°57'33.5" | SIM          |
| 32 | AURELIANO RIBEIRO DA SILVA-ME - CERÂMICA BOA VISTA            | RUSSAS    | 37°55'14.3" | 04°57'31.8" | SIM          |
| 33 | CARLOS ROBSON DE LIMA - ME                                    | RUSSAS    | 37°55'08.4" | 04°57'29.8" | NÃO          |
| 34 | VANEIDE MARIA RODRIGUES TERCEIRA ME                           | RUSSAS    | 37°55'05.8" | 04°57'31.3" | NÃO          |

| Nº | NOME  | MUNICIPIO         | LONGITUDE   | LATITUDE    | OPERAÇÃO S/N |
|----|---|-------------------|-------------|-------------|--------------|
| 35 | M. GRACIENE DA SILVA CERÂMICA ME - CERÂMICA SANTO ANTÔNIO | RUSSAS            | 37°55'02.9" | 04°57'30.8" | SIM          |
| 36 | LEANDRO E LIDYANA CERÂMICA LTDA-ME                        | RUSSAS            | 37°55'13"   | 04°57'18.6" | NÃO          |
| 37 | FRANCISCA AGOSTINHO LOUREDO ME - CERÂMICA ESPERANÇA       | RUSSAS            | 37°55'34.2" | 04°57'57.1" | SIM          |
| 38 | CERÂMICA ELDORADO LTDA                                    | RUSSAS            | 37°57'01.8" | 04°57'14.5" | SIM          |
| 39 | IND. DE CERAMICA LIMAS LTDA                               | RUSSAS            | 38°03'38.3" | 05°03'25.3" | SIM          |
| 40 | FRANCISCO DE ASSIS MAIA DE LIMA ME - CERÂMICA JAGUARIBANA | RUSSAS            | 38°03'32.8" | 05°03'18.2" | SIM          |
| 41 | RITA UBELANDIA MAIA DE LIMA ME - CERÂMICA SANTA RITA      | RUSSAS            | 38°03'30"   | 05°03'18.8" | SIM          |
| 42 | JUSTO JOSÉ REBOUÇAS DA SILVA ME LTDA - CERÂMICA REBOUÇAS  | RUSSAS            | 38°02'49.6" | 05°02'36.7" | SIM          |
| 43 | CERÂMICA UNIÃO ME   | RUSSAS            | 38°03'23.4" | 05°03'56.5" | NÃO          |
| 44 | ANTONIO FERNANDES DE SOUZA MENDES-ME                      | RUSSAS            | 38°03'56.5" | 05°03'59.6" | SIM          |
| 45 | V.S. MENDES E CIA LTDA                                    | LIMOEIRO DO NORTE | 38°03'25.7" | 05°04'00.7" | NÃO          |
| 46 | J.E.M. FREITAS - ME                                       | RUSSAS            | 38°03'23.4" | 05°04'05.2" | SIM          |
| 47 | CERÂMICA GIRÃO E NASCIMENTO LTDA                          | RUSSAS            | 38°03'00.7" | 05°04'29.9" | SIM          |
| 48 | IND. DE CERÂMICA BARROFORTE -ME                           | QUIXERÉ           | 38°02'34.1" | 05°04'31.5" | SIM          |
| 49 | CERÂMICA GIRÃO E RAMOS LTDA ME                            | RUSSAS            | 38°02'38.9" | 05°04'34.3" | SIM          |
| 50 | CERÂMICA CEPIL-IND. DE TELHA E TIJOLOS SOUSA LTDA         | RUSSAS            | 38°04'04.1" | 05°03'47.1" | SIM          |
| 51 | IND. DE CERÂMICA FREITAS                                  | QUIXERÉ           | 38°02'14"   | 05°04'39.9" | SIM          |
| 52 | CEXAL CERÂMICA XAVIER LTDA                                | QUIXERÉ           | 38°01'55.8" | 05°04'22.6" | SIM          |
| 53 | IND. DE CERÂMICA FREITAS E LIMA LTDA                      | QUIXERÉ           | 38°02'05.8" | 05°04'42.6" | NÃO          |
| 54 | F.F. IND. E COM. DE TELHAS LTDA                           | RUSSAS            | 38°04'24"   | 05°03'21.8" | SIM          |
| 55 | FRANCISCO A. VIDAL-ME                                     | RUSSAS            | 38°02'57.4" | 05°00'36.5" | SIM          |
| 56 | J.B. RODRIGUES CERAMICA EPP                               | RUSSAS            | 37°55'45.6" | 04°53'42.3" | SIM          |
| 57 | CERÂMICA IRMÃOS GOMES IND. E COM. LTDA                    | RUSSAS            | 37°56'57.8" | 04°54'32.8" | SIM          |
| 58 | CARLOS ALBERTO GOMES LOPES ME - CERÂMICA SANTO INÁCIO     | RUSSAS            | 37°57'16.5" | 04°55'05.1" | SIM          |
| 59 | F.J. SOMBRA JUNIOR CERÂMICA -ME                           | RUSSAS            | 37°53'38.8" | 04°54'35.4" | SIM          |
| 60 | CERÂMICA BOM RETIRO ME - ESTANISLAU SILVA CERAMICA ME     | RUSSAS            | 37°54'10.9" | 04°54'55.6" | NÃO          |
| 61 | CERÂMICA SILVA REBOUÇAS - SILVA E REBOUÇAS LTDA EPP       | RUSSAS            | 37°55'04.3" | 04°58'42.3" | SIM          |
| 62 | AGOSTINHO ALVES JERONIMO - ME                             | RUSSAS            | 37°55'07.6" | 04°58'23"   | SIM          |
| 63 | CERÂMICA GRIGORIO LTDA-ME                                 | RUSSAS            | 37°55'30.3" | 04°58'28.3" | SIM          |
| 64 | CERÂMICA CANAAN - ME                                      | RUSSAS            | 37°55'30".3 | 04°58'28.3" | SIM          |
| 65 | CERÂMICA EM CONSTRUÇÃO                                    | RUSSAS            | 37°55'29.2" | 04°55'42"   | NÃO          |
| 66 | F. INACIO DE LIMA - ME                                    | RUSSAS            | 37°55'56.5" | 04°57'59.7" | SIM          |

| Nº | NOME   | MUNICIPIO         | LONGITUDE   | LATITUDE    | OPERAÇÃO S/N |
|----|--|-------------------|-------------|-------------|--------------|
| 67 | FRANCISCO FRACINE TEXEIRA DE LIMA - CERÂMICA AS GÊMEAS-ME    | RUSSAS            | 37°55'42.6" | 04°57'22.8" | NÃO          |
| 68 | S.B. LOUREIRO - ME   | RUSSAS            | 37°55'49"   | 04°57'16.5" | SIM          |
| 69 | FRANCISCO EDINIR DE OLIVEIRA ME - CERÂMICA SÃO GABRIEL       | RUSSAS            | 37°55'32.1" | 04°57'01.7" | SIM          |
| 70 | F.G. OLIVEIRA CERÂMICA - ME                                  | RUSSAS            | 37°55'32.4" | 04°57'01.1" | NÃO          |
| 71 | FRANCISCO OSMAR DOS SANTOS ME - CERÂMICA 4 IRMÃOS            | RUSSAS            | 37°55'31.7" | 04°56'51.9" | SIM          |
| 72 | CERÂMICA BOM VIVER - ME                                      | RUSSAS            | 37°55'45.7" | 04°56'20.2" | NÃO          |
| 73 | PHC ESTANISLAU DE OLIVEIRA CERÂMICA ME - CERAMICA EDICEL     | RUSSAS            | 37°55'11.6" | 04°55'46.9" | SIM          |
| 74 | FERNANDA DANIELE NOGUEIRA LIMA - ME                          | RUSSAS            | 37°56'13.4" | 04°55'42.8" | SIM          |
| 75 | CERÂMICA SÃO FRANCISCO - ME                                  | RUSSAS            | 37°57'39.1" | 04°55'27.9" | SIM          |
| 76 | GERLÂNIA NÁGILA DE OLIVEIRA-ME                               | RUSSAS            | 37°57'41.4" | 04°55'25.5" | SIM          |
| 77 | MARLEIDE DE SENA LIMA-ME                                     | RUSSAS            | 37°57'52.1" | 04°55'23.7" | SIM          |
| 78 | M.E. MACIEL - ME   | RUSSAS            | 37°58'14.9" | 04°55'34.5" | SIM          |
| 79 | JOAQUIM OZETE DE OLIVEIRA ME - CERÂMICA SÃO PEDRO            | RUSSAS            | 37°57'18.5" | 04°55'40.2" | SIM          |
| 80 | FRANCISCO ALZIRIO CAMPOS ME - CERÂMICA TRIANGULO             | RUSSAS            | 37°56'19.3" | 04°55'43.2" | SIM          |
| 81 | CERÂMICA DIVINA PROVIDÊNCIA-ME                               | RUSSAS            | 37°56'37"   | 04°55'36.2" | SIM          |
| 82 | INÁCIO MAIA GONDIM E CIA LTDA                                | RUSSAS            | 37°56'41.3" | 05°55'35.4" | SIM          |
| 83 | M.V. LEÃO CERÂMICA ME - CERÂMICA BOM SUCESSO                 | RUSSAS            | 37°56'56.3" | 04°55'36.3" | NÃO          |
| 84 | CERÂMICA   | RUSSAS            | 37°57'18.1" | 04°55'55.2" |              |
| 85 | M.V.A.S. SOUSA ME - CERÂMICA PARAISO                         | RUSSAS            | 37°57'26.1" | 04°55'50.5" | SIM          |
| 86 | F.A. DE LIMA CERÂMICA - ME                                   | LIMOEIRO DO NORTE | 38°05'46.1" | 05°06'50.9" | SIM          |
| 87 | JOSÉ DE FATIMA LIMA - ME                                     | RUSSAS            | 38°03'31.6" | 05°04'09.4" | SIM          |
| 88 | V.BARROS DE LIMA - ME  | RUSSAS            | 38°04'13.6" | 05°04'24.2" | SIM          |
| 89 | IND. DE CERÂMICA BARROKENTE LTDA                             | RUSSAS            | 38°03'34.4" | 05°04'29.4" | SIM          |
| 90 | DINAJA MAURICIO DA COSTA ME - CERÂMICA JOANA DARC            | RUSSAS            | 38°03'33.4" | 05°04'34.2" | SIM          |
| 91 | AMILTON XAVIER DE LIMA ME - CERÂMICA BEIJA FLOR              | RUSSAS            | 38°03'53.3" | 05°05'18.3" | SIM          |
| 92 | IND. DE CERÂMICA DO ARRAIÃO - ME                             | RUSSAS            | 38°04'17.5" | 05°05'43.6" | SIM          |
| 93 | XAVIER E LIMA CERÂMICA LTDA - CERÂMICA ANTONIO XAVIER (CEAX) | LIMOEIRO DO NORTE | 38°04'17.3" | 05°05'47.7" | SIM          |
| 94 | JOSÉ VALDENIR BANDEIRA DE OLIVEIRA-ME                        | LIMOEIRO DO NORTE | 38°03'13.8" | 05°06'14.2" | SIM          |
| 95 | FREITAS E VIDAL - ME   | LIMOEIRO DO NORTE | 38°02'56.6" | 05°05'50.3" | SIM          |

| Nº  | NOME   | MUNICIPIO             | LONGITUDE   | LATITUDE    | OPERAÇÃO S/N |
|-----|--|-----------------------|-------------|-------------|--------------|
| 96  | FRANCISCO INÁCIO DE LIMA - ME                                    | LIMOEIRO DO NORTE     | 38°02'11.2" | 05°05'29.7" | SIM          |
| 97  | CERÂMICA CORDEIRO - ME   | QUIXERÉ               | 38°02'04.6" | 05°06'03"   | SIM          |
| 98  | CARLOS DALBERTO BANDEIRA DE OLIVEIRA-ME                          | QUIXERÉ               | 37°59'16.8" | 05°03'54.2" | SIM          |
| 99  | FRANCISCO HONORATO DE LIMA-ME                                    | QUIXERÉ               | 37°59'13.6" | 05°03'54.7" | SIM          |
| 100 | CERÂMICA ABANDONADA  |                       | 38°05'54.8" | 05°09'34.1" | NÃO          |
| 101 | F. MENDES SOBRINHO CERÂMICA ME - CERÂMICA SÃO FRANCISCO          | SÃO JOÃO DO JAGUARIBE | 38°13'29.4" | 05°14'54.1" | SIM          |
| 102 | CERÂMICA DO ARREBATAMENTO-ME                                     | SÃO JOÃO DO JAGUARIBE | 38°12'54.4" | 05°14'74.7" | SIM          |
| 103 | M. DO CARMO DE JESUS DOS SANTOS ME - CERÂMICA PAZ E AMOR         | TABULEIRO DO NORTE    | 38°10'05.3" | 05°13'64.7" | SIM          |
| 104 | FRANCISCA F.C.CABÓ   | TABULEIRO DO NORTE    | 38°08'08.4" | 05°13'19.1" | SIM          |
| 105 | CERÂMICA RIO FIGUEIREDO-ME                                       | ALTO SANTO            | 38°17'04.9" | 05°25'28.1" | SIM          |
| 106 | J. FLÁVIO CABÓ - EPP   | ALTO SANTO            | 38°16'56.6" | 05°26'58.4" | SIM          |
| 107 | JOSÉ ZILDETON GUEDES CABÓ-ME                                     | ALTO SANTO            | 38°16'55.3" | 05°27'16.2" | SIM          |
| 108 | CERÂMICA LAGO AZUL - ME  | ALTO SANTO            | 38°17'10.8" | 05°27'34.8" | SIM          |
| 109 | MACHADO E OLIVEIRA CERÂMICA LTDA-ME                              | ALTO SANTO            | 38°16'15.3" | 05°29'18.8" | SIM          |
| 110 | ISAAC MAGALHÃES ROGÉRIO - ME                                     | ALTO SANTO            | 38°15'39.9" | 05°29'33.8" | SIM          |
| 111 | LIMA E FREIRE IND. DE CERÂMICA LTDA                              | ALTO SANTO            | 38°15'41.6" | 05°29'42.3" | SIM          |
| 112 | CINTEL COM. IND. DE TELHAS LTDA                                  | ALTO SANTO            | 38°15'34.6" | 05°30'39.2" | SIM          |
| 113 | CERÂMICA NOGUEIRA BESSA LTDA                                     | ALTO SANTO            | 38°15'32.2" | 05°31'24.8" | SIM          |
| 114 | INDÚSTRIA DE CERAMICA GR. LTDA                                   | LIMOEIRO DO NORTE     | 38°08'05"   | 05°06'55.8" | SIM          |
| 115 | INDÚSTRIA E COM. DE TELHA R. ROSARIO LTDA                        | LIMOEIRO DO NORTE     | 38°04'17.8" | 05°07'29.9" | SIM          |
| 116 | TARCÍSIO DE FREITAS CORDEIRO ME - CERÂMICA CORDEIRO              | QUIXERÉ               | 37°57'07.4" | 05°02'12.2" | SIM          |
| 117 | L.M. SIMPLÍCIO DE MENDONÇA CERÂMICA ME - CERÂMICA GOMES DE MATOS | QUIXERÉ               | 38°00'59.8" | 05°03'17"   | SIM          |
| 118 | SAMUEL KEPLER VIEIRA REGIS BANDEIRA-ME                           | QUIXERÉ               | 38°01'55.5" | 05°03'19.5" | SIM          |
| 119 | CERÂMICA MENDES RIBEIRO - ME                                     | RUSSAS                | 38°03'17.1" | 05°01'58.8" | SIM          |
| 120 | CERÂMICA PEDRO RIBEIRO-ME  | RUSSAS                | 37°58'57"   | 04°58'31.2" | SIM          |
| 121 | J.C. DE LIMA ALMEIDA -ME   | RUSSAS                | 37°57'57.1" | 04°58'32.3" | SIM          |
| 122 | CERÂMICA GUIMARÃES E COSTA LTDA-ME                               | RUSSAS                | 37°57'46.2" | 04°57'48.8" | SIM          |
| 123 | FRANCISCO C. CAMPOS CERÂMICA - ME                                | RUSSAS                | 37°57'52"   | 04°57'05.1" | SIM          |
| 124 | F.C. CAMPOS CERÂMICA - ME  | RUSSAS                | 37°57'50.5" | 04°56'32.1" | SIM          |
| 125 | CERÂMICA CAMILLE   | RUSSAS                | 37°57'45.2" | 04°56'46.5" | SIM          |
| 126 | F.X. DE OLIVEIRA CERAMICA ME - CERÂMICA INGÁ                     | RUSSAS                | 37°55'59.9" | 04°57'32.4" | SIM          |

| Nº  | NOME  | MUNICIPIO  | LONGITUDE   | LATITUDE    | OPERAÇÃO S/N |
|-----|---|------------|-------------|-------------|--------------|
| 127 | CRISANTO DE OLIVEIRA ME - CERÂMICA BOM VIVER              | RUSSAS     | 37°55'08.8" | 04°57'45"   | SIM          |
| 128 | CERÂMICA MÃE MARIA - ME                                   | RUSSAS     | 37°55'09.5" | 04°57'40.8" | SIM          |
| 129 | M.L.S.GONÇALVES E FELIX E CIA LTDA ME - CERÂMICA FELIX    | RUSSAS     | 37°56'01.9" | 04°55'18.7" | NÃO          |
| 130 | S.F.Z.DE SOUZA ME - CERÂMICA MARIA EDUARDA                | RUSSAS     | 37°55'44.7" | 04°55'05.3" | SIM          |
| 131 | J.C.M.MENDONÇA JUNIOR - ME                                | RUSSAS     | 37°55'28.5" | 04°53'16.2" | SIM          |
| 132 | JOSÉ AIRTON GONDIM ME - CERÂMICA MÃE RAINHA               | RUSSAS     | 37°54'42.8" | 04°52'46.5" | SIM          |
| 133 | CEDAN - CERÂMICA DANTAS LTDA-ME                           | RUSSAS     | 37°54'09.3" | 04°52'29.1" | SIM          |
| 134 | MANUEL CHARLLES BARBOSA ME - CERÂMICA BARBOSA             | RUSSAS     | 37°54'04.4" | 04°52'23.3" | SIM          |
| 135 | ANDRESA MARA DA SILVA TEXEIRA-ME                          | RUSSAS     | 37°54'26.3" | 04°52'10.6" | SIM          |
| 136 | JOSÉ DOS SANTOS CERÂMICA ME - CERÂMICA PAI E FILHO        | RUSSAS     | 37°54'01.2" | 04°52'14"   | NÃO          |
| 137 | G.N. MARQUES CERÂMICA ME - CERÂMICA MARQUES               | RUSSAS     | 37°53'39.3" | 04°51'44.1" | SIM          |
| 138 | CERÂMICA BEZERRA E CASTRO LTDA-ME                         | RUSSAS     | 37°53'22.4" | 04°51'24.1" | SIM          |
| 139 | RODRIGUES SALES DE MORAIS-ME                              | RUSSAS     | 37°53'34.3" | 04°51'17"   | NÃO          |
| 140 | FERNANDO ANTONIO DA COSTA-ME                              | JAGUARUANA | 37°52'37.1" | 04°50'30"   | SIM          |
| 141 | CERÂMICA N. S. DE FATIMA-ME                               | JAGUARUANA | 37°52'32.5" | 04°50'23.9" | SIM          |
| 142 | INDÚSTRIA DE CERÂMICA SANTA CECÍLIA LTDA                  | JAGUARUANA | 37°50'43.5" | 04°49'07.4" | SIM          |
| 143 | CRISTIANO PINHEIRO DA COSTA-ME.                           | JAGUARUANA | 37°47'59.7" | 04°50'52.3" | SIM          |
| 144 | JACERAMA - JAGUARUANA CERÂMICA LTDA                       | JAGUARUANA | 37°46'46.1" | 04°49'26.2" | SIM          |
| 145 | RICARDO GOMES DE SOUSA PITOMBEIRA CERÂMICA-ME             | RUSSAS     | 38°03'26"   | 04°45'55.7" | SIM          |
| 146 | CERÂMICA TRÊS IRMÃOS -ME                                  | PALHANO    | 37°58'04.7" | 04°44'59.7" | SIM          |
| 147 | M. ROSILANE DA SILVA LIMA ME - CERÂMICA M.ROSILANE        | PALHANO    | 37°57'54.1" | 04°44'57.4" | SIM          |
| 148 | J. VALDEMIR DA SILVA-ME                                   | PALHANO    | 37°57'53.5" | 04°44'58.5" | SIM          |
| 149 | CERÂMICA NUNES E FREITAS LTDA-ME                          | PALHANO    | 37°57'58.5" | 04°45'32.2" | SIM          |
| 150 | CERÂMICA FREITAS LTDA-ME                                  | PALHANO    | 37°57'53.7" | 04°44'43.4" | SIM          |
| 151 | JOSIMAR SIMÕES DA SILVA JUNIOR-ME                         | PALHANO    | 37°57'26.6" | 04°44'06.6" | SIM          |
| 152 | CERÂMICA GOMES LTDA-ME                                    | ITAIÇABA   | 37°49'58.6" | 04°42'02.7" | SIM          |
| 153 | FRANCISCO DE ASSIS BARBOSA CERÂMICA ME - CERÂMICA BARBOSA | ITAIÇABA   | 37°50'13"   | 04°40'24.5" | SIM          |
| 154 | CERÂMICA DESATIVADA                                       | ITAIÇABA   | 37°48'26.1" | 04°36'25.1" | NÃO          |
| 155 | CERÂMICA CAMPO VERDE LTDA                                 | ARACATI    | 37°45'56.7" | 04°33'59.2" | SIM          |

**ANEXO II - ÁREAS ONERADAS PARA ARGILA NOS MUNICÍPIOS DO BAIXO JAGUARIBE**

| Processo     | Fase atual                    | Nome do titular   | Municípios                             | Substâncias                   |
|--------------|-------------------------------|---|--|-------------------------------|
| 800.947/2012 | Requerimento de Pesquisa      | Eriko Archipo Goes Torres Me                                      | ALTO SANTO/CE<br>TABULEIRO DO NORTE/CE | ARGILA                        |
| 800.292/2012 | Requerimento de Licenciamento | Ceramica Rio Figueiredo Ltda Me                                   | ALTO SANTO/CE                          | ARGILA                        |
| 800.576/2010 | Requerimento de Licenciamento | Machado & Oliveira Indústria de Cerâmica Ltda. Me                 | ALTO SANTO/CE                          | ARGILA                        |
| 800.463/2007 | Licenciamento                 | Cerâmica Nogueira Bessa Ltda                                      | ALTO SANTO/CE                          | ARGILA                        |
| 800.321/2007 | Licenciamento                 | Cintel Comércio e Indústria de Telhas Ltda                        | ALTO SANTO/CE                          | ARGILA                        |
| 800.201/2007 | Licenciamento                 | J. FLÁVIO CABÓ ME   | ALTO SANTO/CE                          | ARGILA                        |
| 800.050/2007 | Licenciamento                 | Isaac Magalhães Rogério - ME                                      | ALTO SANTO/CE                          | ARGILA                        |
| 800.953/2012 | Requerimento de Pesquisa      | Francisco Jose de Oliveira da Silva Me                            | ARACATI/CE                             | ARGILA                        |
| 800.910/2012 | Requerimento de Licenciamento | Francisco Jose de Oliveira da Silva Me                            | ARACATI/CE                             | ARGILA                        |
| 800.791/2012 | Requerimento de Licenciamento | V & R Industria Cearense de Produtos Ceramicos e Aquicultura Ltda | ARACATI/CE                             | ARGILA                        |
| 800.671/2011 | Requerimento de Licenciamento | Comercial Brasileira de Carcinicultura Ltda                       | ARACATI/CE                             | ARGILA                        |
| 800.540/2011 | Requerimento de Licenciamento | Jorge Luis Portela de Almeida                                     | ARACATI/CE                             | AREIA<br>ARGILA               |
| 801.247/2010 | Requerimento de Licenciamento | Comercial Brasileira de Carcinicultura Ltda                       | ARACATI/CE                             | ARGILA                        |
| 801.078/2010 | Autorização de Pesquisa       | Lúcio Telmo Meireles de Oliveira Júnior                           | ARACATI/CE                             | AREIA<br>ARGILA               |
| 800.383/2010 | Autorização de Pesquisa       | Lúcio Telmo Meireles de Oliveira Júnior                           | ARACATI/CE                             | AREIA<br>SAIBRO<br>ARGILA     |
| 800.250/2009 | Autorização de Pesquisa       | P.W.VASCONCELOS ME  | ARACATI/CE                             | AREIA<br>ARGILA               |
| 800.119/2009 | Autorização de Pesquisa       | Manuel Alves Pereira  | ARACATI/CE                             | AREIA<br>SAIBRO<br>ARGILA     |
| 800.004/2005 | Licenciamento                 | Francisco Jose de Oliveira da Silva                               | ARACATI/CE                             | AREIA<br>ARGILA               |
| 800.309/1990 | Disponibilidade               | Cerâmica Campo Verde Ltda   | ARACATI/CE                             | ARGILA<br>AREIA<br>INDUSTRIAL |
| 806.904/1972 | Disponibilidade               | J L FREITAS E CIA LTDA  | ARACATI/CE                             | ARGILA                        |
| 800.796/2008 | Licenciamento                 | Empreendimentos Cerâmicos Itaiçaba Ltda.                          | ITAIÇABA/CE                            | AREIA<br>ARGILA               |
| 800.568/2008 | Requerimento de Licenciamento | FRANCISCO DE ASSIS BARBOSA CERÂMICA - ME                          | ITAIÇABA/CE                            | ARGILA                        |
| 800.587/2012 | Requerimento de Pesquisa      | Votorantim Cimentos N Ne S A                                      | JAGUARUANA/CE<br>RUSSAS/CE             | ARGILA                        |

| Processo     | Fase atual                    | Nome do titular   | Municípios                                    | Substâncias     |
|--------------|-------------------------------|---|---|-----------------|
| 800.565/2012 | Requerimento de Licenciamento | Manuel Charlles Barbosa - ME  | JAGUARUANA/CE                                 | ARGILA          |
| 800.318/2011 | Licenciamento                 | Ceramica N. S. de Fatima Ltda                                       | JAGUARUANA/CE                                 | ARGILA          |
| 800.129/2011 | Requerimento de Licenciamento | Andressa Mara da Silva Teixeira Me                                  | JAGUARUANA/CE                                 | ARGILA          |
| 801.058/2010 | Autorização de Pesquisa       | Empresa de Mineração Granitos de Itaitinga Ltda                     | JAGUARUANA/CE                                 | AREIA<br>ARGILA |
| 801.015/2010 | Requerimento de Licenciamento | Industria de Cerâmica Santa Cecilia Ltda                            | JAGUARUANA/CE                                 | ARGILA          |
| 800.976/2010 | Licenciamento                 | JACERAMA - JAGUARUANA CERÂMICA LTDA                                 | JAGUARUANA/CE                                 | AREIA<br>ARGILA |
| 800.846/2010 | Requerimento de Pesquisa*     | JACERAMA - JAGUARUANA CERÂMICA LTDA                                 | JAGUARUANA/CE                                 | ARGILA          |
| 800.381/2010 | Licenciamento                 | Fernando Antonio da Costa   | JAGUARUANA/CE                                 | ARGILA          |
| 800.295/2010 | Autorização de Pesquisa       | Votorantim Cimentos N Ne S A  | JAGUARUANA/CE<br>RUSSAS/CE                    | ARGILA          |
| 800.293/2010 | Autorização de Pesquisa       | Votorantim Cimentos N Ne S A  | JAGUARUANA/CE                                 | ARGILA          |
| 800.292/2010 | Autorização de Pesquisa       | Votorantim Cimentos N Ne S A  | JAGUARUANA/CE<br>RUSSAS/CE                    | ARGILA          |
| 800.291/2010 | Autorização de Pesquisa       | Votorantim Cimentos N Ne S A  | JAGUARUANA/CE                                 | ARGILA          |
| 800.290/2010 | Autorização de Pesquisa       | Votorantim Cimentos N Ne S A  | JAGUARUANA/CE<br>RUSSAS/CE                    | ARGILA          |
| 801.086/2008 | Autorização de Pesquisa       | MARCOS AURÉLIO CAMPELO MAIA   | JAGUARUANA/CE                                 | ARGILA          |
| 801.085/2008 | Autorização de Pesquisa       | MARCOS AURÉLIO CAMPELO MAIA   | JAGUARUANA/CE                                 | ARGILA          |
| 800.901/2008 | Autorização de Pesquisa       | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | JAGUARUANA/CE                                 | ARGILA          |
| 800.898/2008 | Autorização de Pesquisa       | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | JAGUARUANA/CE<br>RUSSAS/CE                    | ARGILA          |
| 800.358/1997 | Licenciamento                 | JACERAMA - JAGUARUANA CERÂMICA LTDA                                 | JAGUARUANA/CE                                 | AREIA<br>ARGILA |
| 800.484/2012 | Autorização de Pesquisa       | Calmapi Indústria de Calcários do Piauí Ltda.                       | LIMOEIRO DO NORTE/CE                          | ARGILA          |
| 800.483/2012 | Autorização de Pesquisa       | Calmapi Indústria de Calcários do Piauí Ltda.                       | LIMOEIRO DO NORTE/CE<br>TABULEIRO DO NORTE/CE | ARGILA          |
| 800.482/2012 | Autorização de Pesquisa       | Calmapi Indústria de Calcários do Piauí Ltda.                       | LIMOEIRO DO NORTE/CE                          | ARGILA          |
| 800.480/2012 | Autorização de Pesquisa       | Calmapi Indústria de Calcários do Piauí Ltda.                       | LIMOEIRO DO NORTE/CE                          | ARGILA          |
| 801.112/2010 | Requerimento de Licenciamento | Indústria e Comércio de Telhas R Rosário Ltda.                      | LIMOEIRO DO NORTE/CE                          | ARGILA          |

| Processo     | Fase atual                    | Nome do titular  | Municípios                          | Substâncias |
|--------------|-------------------------------|--|-------------------------------------|-------------|
| 800.485/2010 | Autorização de Pesquisa       | Norceram Indústria de Cerâmica Ltda                                  | LIMOEIRO DO NORTE/CE                | ARGILA      |
| 800.471/2010 | Licenciamento                 | Cerâmica Nunes Mendes Ltda.  | LIMOEIRO DO NORTE/CE                | ARGILA      |
| 800.079/2009 | Licenciamento                 | INDÚSTRIA DE CERÂMICA GR LTDA ME                                     | LIMOEIRO DO NORTE/CE                | ARGILA      |
| 801.097/2008 | Autorização de Pesquisa       | Sm Industria de Minérios do Brasil Ltda                              | LIMOEIRO DO NORTE/CE MORADA NOVA/CE | ARGILA      |
| 800.942/2008 | Autorização de Pesquisa       | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguariabano. | LIMOEIRO DO NORTE/CE                | ARGILA      |
| 800.941/2008 | Autorização de Pesquisa       | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguariabano. | LIMOEIRO DO NORTE/CE QUIXERÉ/CE     | ARGILA      |
| 800.757/2007 | Licenciamento                 | INDÚSTRIA DE CERÂMICA GR LTDA ME                                     | LIMOEIRO DO NORTE/CE                | ARGILA      |
| 800.489/2007 | Licenciamento                 | Indústria de Cerâmica Pessoa e Lima LTDA                             | LIMOEIRO DO NORTE/CE                | ARGILA      |
| 800.206/2007 | Licenciamento                 | Jose Valdenir Bandeira de Oliveira Me                                | LIMOEIRO DO NORTE/CE                | ARGILA      |
| 800.370/2002 | Licenciamento                 | RAIMUNDO ELIEUDO FERREIRA DO NASCIMENTO                              | LIMOEIRO DO NORTE/CE                | ARGILA      |
| 800.725/2009 | Licenciamento                 | ACERT Indústria de Acabamentos Cerâmicos e Telhas LTDA               | PALHANO/CE                          | ARGILA      |
| 801.081/2008 | Autorização de Pesquisa       | SM Industria de Minérios do Brasil Ltda                              | PALHANO/CE RUSSAS/CE                | ARGILA      |
| 801.080/2008 | Autorização de Pesquisa       | SM Industria de Minérios do Brasil Ltda                              | PALHANO/CE                          | ARGILA      |
| 800.574/2012 | Requerimento de Licenciamento | Industria de Ceramica do Arraial Ltda ME                             | QUIXERÉ/CE                          | ARGILA      |
| 800.564/2012 | Requerimento de Licenciamento | Lima Transporte e Serviços Ltda.                                     | QUIXERÉ/CE RUSSAS/CE                | ARGILA      |
| 800.553/2012 | Requerimento de Licenciamento | F. F. Industria e Comercio de Telhas Ltda ME                         | QUIXERÉ/CE RUSSAS/CE                | ARGILA      |
| 800.536/2012 | Requerimento de Licenciamento | Cerâmica Liro Ltda. ME   | QUIXERÉ/CE                          | ARGILA      |
| 800.509/2012 | Requerimento de Licenciamento | Cerâmica Telha Ceará Ltda ME   | QUIXERÉ/CE                          | ARGILA      |
| 801.101/2011 | Autorização de Pesquisa *     | Cerâmica Liro Ltda. ME   | QUIXERÉ/CE                          | ARGILA      |
| 801.017/2011 | Autorização de Pesquisa *     | Cerâmica Telha Ceará Ltda ME   | QUIXERÉ/CE                          | ARGILA      |
| 800.877/2011 | Autorização de Pesquisa *     | Industria de Ceramica do Arraial Ltda ME                             | QUIXERÉ/CE                          | ARGILA      |
| 800.841/2011 | Requerimento de Licenciamento | Cerâmica Liro Ltda. ME   | QUIXERÉ/CE RUSSAS/CE                | ARGILA      |
| 800.575/2010 | Licenciamento                 | Cexal Cerâmica Xavier Ltda ME.                                       | QUIXERÉ/CE                          | ARGILA      |

| Processo     | Fase atual                    | Nome do titular   | Municípios                                      | Substâncias     |
|--------------|-------------------------------|---|---|-----------------|
| 800.027/2010 | Autorização de Pesquisa *     | Cexal Cerâmica Xavier Ltda ME.                                      | QUIXERÉ/CE                                      | ARGILA          |
| 800.940/2008 | Autorização de Pesquisa       | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | QUIXERÉ/CE<br>LIMOEIRO DO NORTE/CE              | ARGILA          |
| 800.939/2008 | Autorização de Pesquisa       | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | QUIXERÉ/CE<br>LIMOEIRO DO NORTE/CE<br>RUSSAS/CE | ARGILA          |
| 800.938/2008 | Autorização de Pesquisa       | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | QUIXERÉ/CE                                      | ARGILA          |
| 800.937/2008 | Autorização de Pesquisa       | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | QUIXERÉ/CE<br>RUSSAS/CE                         | ARGILA          |
| 800.935/2008 | Autorização de Pesquisa       | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | QUIXERÉ/CE                                      | ARGILA          |
| 800.933/2008 | Autorização de Pesquisa       | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | QUIXERÉ/CE<br>RUSSAS/CE                         | ARGILA          |
| 800.927/2008 | Autorização de Pesquisa       | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | QUIXERÉ/CE<br>RUSSAS/CE                         | ARGILA          |
| 800.421/2007 | Licenciamento                 | Cerâmica Girão e Ramos Ltda ME                                      | QUIXERÉ/CE                                      | ARGILA          |
| 800.933/2012 | Requerimento de Pesquisa      | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE<br>JAGUARUANA/CE                      | ARGILA          |
| 800.826/2012 | Requerimento de Licenciamento | J. Moreira de Souza Neto ME   | RUSSAS/CE                                       | ARGILA          |
| 800.796/2012 | Requerimento de Licenciamento | Rhuanny Agropecuaria Ltda. ME                                       | RUSSAS/CE                                       | ARGILA          |
| 800.554/2012 | Requerimento de Licenciamento | Cerâmica Frota Comércio e Indústria LTDA                            | RUSSAS/CE                                       | ARGILA          |
| 800.552/2012 | Requerimento de Licenciamento | Cerâmica Frota Comércio e Indústria LTDA                            | RUSSAS/CE                                       | ARGILA          |
| 800.546/2012 | Requerimento de Licenciamento | F. F. Industria e Comercio de Telhas Ltda ME                        | RUSSAS/CE                                       | ARGILA          |
| 800.513/2012 | Requerimento de Licenciamento | Cerâmica Telha Ceará Ltda ME  | RUSSAS/CE<br>QUIXERÉ/CE                         | ARGILA          |
| 800.512/2012 | Requerimento de Licenciamento | Cerâmica Telha Ceará Ltda ME  | RUSSAS/CE                                       | ARGILA          |
| 800.506/2012 | Requerimento de Licenciamento | Marcos Nauber Ferreira Estacio ME                                   | RUSSAS/CE                                       | AREIA<br>ARGILA |
| 800.505/2012 | Requerimento de Licenciamento | Cerâmica Telha Ceará Ltda ME  | RUSSAS/CE                                       | ARGILA          |
| 800.504/2012 | Requerimento de Licenciamento | Andrevya Maria de N R Gonçalves ME                                  | RUSSAS/CE                                       | ARGILA          |
| 800.481/2012 | Autorização de Pesquisa       | Calmapi Indústria de Calcários do Piauí Ltda.                       | RUSSAS/CE                                       | ARGILA          |

| Processo     | Fase atual                    | Nome do titular                              | Municípios              | Substâncias     |
|--------------|-------------------------------|--|-------------------------|-----------------|
| 800.339/2012 | Requerimento de Licenciamento | José Airton Gondim                           | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.001/2012 | Autorização de Pesquisa *     | Marcos Nauber Ferreira Estacio ME            | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 801.164/2011 | Requerimento de Pesquisa *    | Cerâmica Telha Ceará Ltda ME                 | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 801.098/2011 | Autorização de Pesquisa *     | F. F. Industria e Comercio de Telhas Ltda ME | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 801.018/2011 | Autorização de Pesquisa *     | Cerâmica Telha Ceará Ltda ME                 | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 801.016/2011 | Autorização de Pesquisa *     | Cerâmica Telha Ceará Ltda ME                 | QUIXERÉ/CE              | ARGILA          |
| 800.914/2011 | Requerimento de Licenciamento | Carlos Robson de Lima                        | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.908/2011 | Requerimento de Licenciamento | Antonio Fernandes de Sousa Mendes ME         | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.842/2011 | Autorização de Pesquisa *     | Andrevya Maria de N R Gonçalves ME           | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.797/2011 | Requerimento de Licenciamento | P H C Estanislau de Oliveira Ceramica ME     | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.665/2011 | Licenciamento                 | José de Fátima Lima - ME                     | RUSSAS/CE<br>QUIXERÉ/CE | ARGILA          |
| 800.584/2011 | Requerimento de Licenciamento | J C de Lima Almeida                          | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.582/2011 | Autorização de Pesquisa *     | Antonio Fernandes de Sousa Mendes ME         | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.295/2011 | Requerimento de Licenciamento | Inácio Maia Gondim e CIA LTDA                | RUSSAS/CE               | AREIA<br>SAIBRO |
| 800.051/2011 | Requerimento de Licenciamento | Valdeci Batista da Silva ME                  | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 801.258/2010 | Requerimento de Licenciamento | F. J. SOMBRA JÚNIOR CERÂMICA ME              | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 801.010/2010 | Licenciamento                 | L. Mano Neto                                 | RUSSAS/CE<br>QUIXERÉ/CE | ARGILA          |
| 800.933/2010 | Requerimento de Licenciamento | J. Moreira de Souza Neto ME                  | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.928/2010 | Autorização de Pesquisa *     | J C de Lima Almeida                          | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.925/2010 | Autorização de Pesquisa *     | Valdeci Batista da Silva ME                  | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.812/2010 | Licenciamento                 | Francisco Ubiratan Gonçalves da Silva Me     | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.807/2010 | Requerimento de Licenciamento | M. V. A. S. Sousa ME                         | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.800/2010 | Requerimento de Licenciamento | Marleide de Sena Lima ME                     | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.757/2010 | Autorização de Pesquisa *     | Marleide de Sena Lima ME                     | RUSSAS/CE               | ARGILA          |
| 800.670/2010 | Licenciamento                 | Ceramica Rainha da Paz Ltda ME               | RUSSAS/CE               | ARGILA          |

| Processo     | Fase atual                    | Nome do titular  | Municípios                 | Substâncias               |
|--------------|-------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|
| 800.658/2010 | Requerimento de Licenciamento | Dinaja Mauricio da Costa                               | RUSSAS/CE<br>QUIXERÉ/CE    | ARGILA                    |
| 800.654/2010 | Requerimento de Licenciamento | Cerâmica Bezerra e Castro Ltda ME                      | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.653/2010 | Licenciamento                 | Silva & Reboucas Ltda EPP                              | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.612/2010 | Autorização de Pesquisa *     | Francisco Ubiratan Gonçalves da Silva ME               | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.611/2010 | Autorização de Pesquisa *     | M. V. A. S. Sousa ME                                   | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.609/2010 | Licenciamento                 | J.b. Rodrigues Cerâmica EPP                            | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.608/2010 | Licenciamento                 | Cerâmica Bezerra e Castro Ltda ME                      | RUSSAS/CE<br>JAGUARUANA/CE | ARGILA                    |
| 800.607/2010 | Licenciamento                 | Carlos Alberto Gomes Lopez ME                          | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.606/2010 | Licenciamento                 | M. do Socorro de Meneses Cerâmica ME                   | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.605/2010 | Requerimento de Licenciamento | Cerâmica Liro Ltda. ME                                 | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.604/2010 | Requerimento de Licenciamento | M. do Socorro de Meneses Cerâmica ME                   | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.603/2010 | Requerimento de Licenciamento | Xavier & Lima Cerâmica Ltda.                           | RUSSAS/CE<br>QUIXERÉ/CE    | ARGILA                    |
| 800.538/2010 | Licenciamento                 | Michelli Sombra Vasconcelos                            | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.339/2010 | Licenciamento                 | Ednir Oliveira Santiago                                | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.338/2010 | Autorização de Pesquisa *     | Xavier & Lima Cerâmica Ltda.                           | RUSSAS/CE<br>QUIXERÉ/CE    | ARGILA                    |
| 800.328/2010 | Requerimento de Pesquisa *    | J.B. Rodrigues Cerâmica EPP                            | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.088/2010 | Autorização de Pesquisa *     | Dinaja Mauricio da Costa                               | RUSSAS/CE<br>QUIXERÉ/CE    | ARGILA                    |
| 800.032/2010 | Autorização de Pesquisa *     | M. do Socorro de Meneses Cerâmica ME                   | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.031/2010 | Autorização de Pesquisa *     | Cerâmica Liro Ltda. ME                                 | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.026/2010 | Autorização de Pesquisa *     | M. do Socorro de Meneses Cerâmica ME                   | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.735/2009 | Requerimento de Licenciamento | ACERT Indústria de Acabamentos Cerâmicos e Telhas LTDA | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.724/2009 | Autorização de Pesquisa *     | Carlos Alberto Gomes Lopez Me                          | RUSSAS/CE                  | ARGILA                    |
| 800.691/2009 | Licenciamento                 | Indústria de Ceramicas Limas                           | RUSSAS/CE                  | AREIA<br>SAIBRO<br>ARGILA |

| Processo     | Fase atual                | Nome do titular   | Municípios                                      | Substâncias |
|--------------|---------------------------|---|---|-------------|
| 800.686/2009 | Autorização de Pesquisa * | Cerâmica Bezerra e Castro Ltda ME                                   | RUSSAS/CE<br>JAGUARUANA/CE                      | ARGILA      |
| 800.685/2009 | Autorização de Pesquisa * | Cerâmica Bezerra e Castro Ltda ME                                   | RUSSAS/CE                                       | ARGILA      |
| 800.546/2009 | Autorização de Pesquisa * | Michelli Sombra Vasconcelos   | RUSSAS/CE                                       | ARGILA      |
| 801.082/2008 | Autorização de Pesquisa   | Sm Industria de Minérios do Brasil Ltda                             | RUSSAS/CE                                       | ARGILA      |
| 800.936/2008 | Autorização de Pesquisa   | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE<br>QUIXERÉ/CE<br>LIMOEIRO DO NORTE/CE | ARGILA      |
| 800.934/2008 | Autorização de Pesquisa   | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE<br>QUIXERÉ/CE                         | ARGILA      |
| 800.932/2008 | Autorização de Pesquisa   | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE<br>QUIXERÉ/CE                         | ARGILA      |
| 800.931/2008 | Autorização de Pesquisa   | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE<br>QUIXERÉ/CE                         | ARGILA      |
| 800.930/2008 | Autorização de Pesquisa   | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE                                       | ARGILA      |
| 800.929/2008 | Autorização de Pesquisa   | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE                                       | ARGILA      |
| 800.928/2008 | Autorização de Pesquisa   | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE                                       | ARGILA      |
| 800.926/2008 | Autorização de Pesquisa   | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE                                       | ARGILA      |
| 800.925/2008 | Autorização de Pesquisa   | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE                                       | ARGILA      |
| 800.924/2008 | Autorização de Pesquisa   | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE                                       | ARGILA      |
| 800.923/2008 | Autorização de Pesquisa   | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE                                       | ARGILA      |
| 800.907/2008 | Autorização de Pesquisa   | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE<br>JAGUARUANA/CE                      | ARGILA      |
| 800.906/2008 | Autorização de Pesquisa   | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE                                       | ARGILA      |

| Processo     | Fase atual              | Nome do titular   | Municípios                 | Substâncias     |
|--------------|-------------------------|---|----------------------------|-----------------|
| 800.905/2008 | Autorização de Pesquisa | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE<br>JAGUARUANA/CE | ARGILA          |
| 800.904/2008 | Autorização de Pesquisa | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |
| 800.903/2008 | Autorização de Pesquisa | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE<br>JAGUARUANA/CE | ARGILA          |
| 800.902/2008 | Autorização de Pesquisa | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |
| 800.900/2008 | Autorização de Pesquisa | Coobam Cooperativa de Base Mineral de Russas e do Vale Jaguaribano. | RUSSAS/CE<br>JAGUARUANA/CE | ARGILA          |
| 800.832/2008 | Licenciamento           | Magila Révila Paz Ribeiro   | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |
| 800.781/2008 | Licenciamento           | CEDAM Cerâmica Dantas LTDA  | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |
| 800.003/2008 | Licenciamento           | José Airton Gondim  | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |
| 800.748/2007 | Licenciamento           | J. E. M. DE FREITAS ME  | RUSSAS/CE                  | AREIA<br>ARGILA |
| 800.593/2007 | Licenciamento           | Manuel Charlles Barbosa - ME  | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |
| 800.498/2007 | Licenciamento           | F.F.de Oliveira Junior ME   | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |
| 800.437/2007 | Licenciamento           | Agostinho Alves Jeronimo ME   | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |
| 800.436/2007 | Licenciamento           | Cerâmica Frota Comércio e Indústria LTDA                            | RUSSAS/CE                  | AREIA<br>ARGILA |
| 800.419/2007 | Disponibilidade         | Indústria de Ceramicas Limas  | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |
| 800.126/2007 | Licenciamento           | Valdeci Batista da Silva ME   | RUSSAS/CE                  | SAIBRO          |
| 800.123/2007 | Licenciamento           | Francisco Rodrigues de Oliveira                                     | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |
| 800.122/2007 | Licenciamento           | Aureliano Ribeiro da Silva  | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |
| 800.117/2007 | Licenciamento           | A. M. Martins Cerâmica - ME   | RUSSAS/CE                  | AREIA<br>ARGILA |
| 800.101/2007 | Licenciamento           | Inácio Maia Gondim e CIA LTDA                                       | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |
| 800.079/2007 | Licenciamento           | ACERT Indústria de Acabamentos Cerâmicos e Telhas LTDA              | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |
| 800.004/2007 | Licenciamento           | M. E. Maciel - ME   | RUSSAS/CE                  | ARGILA          |

| Processo     | Fase atual                    | Nome do titular                                       | Municípios                                     | Substâncias               |
|--------------|-------------------------------|---|--|---------------------------|
| 800.440/2006 | Licenciamento                 | Cerâmicas Kappa Industria Ltda                        | RUSSAS/CE                                      | ARGILA                    |
| 800.270/2003 | Licenciamento                 | Cerâmica Frota Comércio e Indústria LTDA              | RUSSAS/CE                                      | ARGILA                    |
| 800.118/2003 | Licenciamento                 | Francisco Assis Maia de Lima-ME - Cerâmica Jaguribana | RUSSAS/CE<br>QUIXERÉ/CE                        | ARGILA                    |
| 800.063/2003 | Requerimento de Licenciamento | JOSÉ ALMIR PAZ-ME                                     | RUSSAS/CE                                      | ARGILA                    |
| 800.239/2001 | Licenciamento                 | Amilton Xavier de Lima ME                             | RUSSAS/CE<br>QUIXERÉ/CE                        | ARGILA                    |
| 800.357/1997 | Licenciamento                 | Ricardo Gomes de Sousa Pitombeira                     | RUSSAS/CE<br>PALHANO/CE                        | AREIA                     |
| 800.487/2012 | Requerimento de Licenciamento | M. L. Almeida Lima ME                                 | S. J. DO JAGUARIBE/CE<br>TABULEIRO DO NORTE/CE | ARGILA                    |
| 800.252/2006 | Licenciamento                 | FRANCISCO MENDES SOBRINHO CARÂMICA-ME                 | S. J. DO JAGUARIBE/CE                          | ARGILA                    |
| 800.507/2012 | Requerimento de Licenciamento | A. Neto de Oliveira ME                                | TABULEIRO DO NORTE/CE                          | AREIA<br>SAIBRO<br>ARGILA |
| 800.485/2012 | Autorização de Pesquisa       | Calmapi Indústria de Calcários do Piauí Ltda.         | TABULEIRO DO NORTE/CE<br>S. J. DO JAGUARIBE/CE | ARGILA                    |
| 800.479/2012 | Autorização de Pesquisa       | Calmapi Indústria de Calcários do Piauí Ltda.         | TABULEIRO DO NORTE/CE                          | ARGILA                    |
| 800.927/2010 | Requerimento de Licenciamento | Francisca F C Cabó                                    | TABULEIRO DO NORTE/CE                          | ARGILA                    |
| 801.152/2008 | Licenciamento                 | M do Carmo de Jesus dos Santos ME                     | TABULEIRO DO NORTE/CE                          | ARGILA                    |
| 800.137/2005 | Licenciamento                 | FRANCISCA FRANCINEIDE COSTA CABÓ                      | TABULEIRO DO NORTE/CE                          | ARGILA                    |

(\*) Processo com requerimento de mudança de regime para licenciamento.

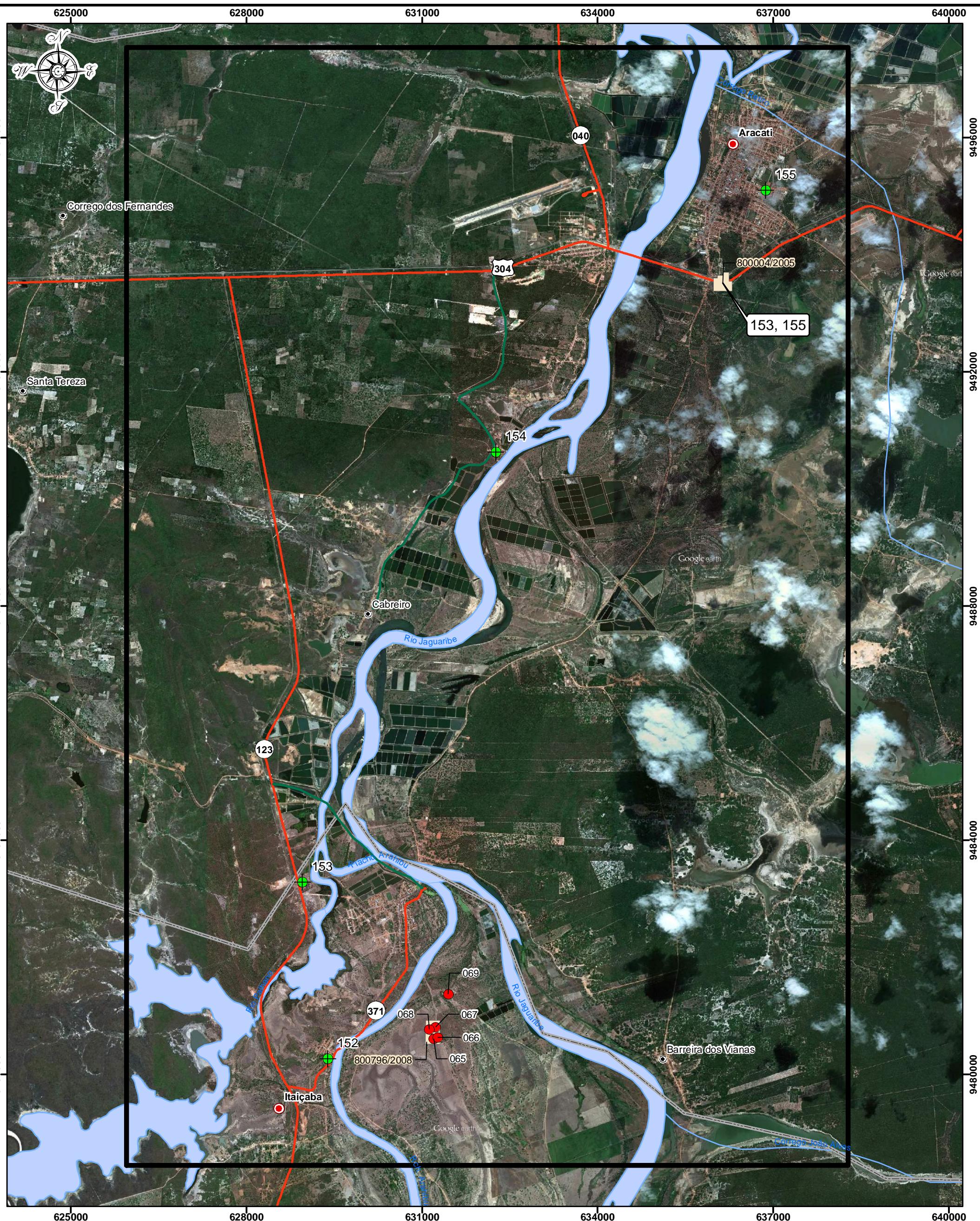
**ANEXO III - SONDAZENS REALIZADAS DURANTE O PROJETO TECMO, DESTACANDO AS CAMADAS CONSIDERADAS COMO RESERVA LAVRÁVEL DE ARGILA PARA A INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA DA REGIÃO DE RUSSAS/CE**

| Cód. | X      | Y       | Textura        | Topo | Base | Espessura |
|------|--------|---------|----------------|------|------|-----------|
| A01  | 616877 | 9450694 | solo           | 0    | 0,5  | 0,5       |
| A01  | 616877 | 9450694 | argila cinza   | 0,5  | 1,5  | 1         |
| A01  | 616877 | 9450694 | argila siltosa | 1,5  | 2,5  | 1         |
| A01  | 616877 | 9450694 | silte argiloso | 2,5  | 3,5  | 1         |
| A01  | 616877 | 9450694 | areia          | 3,5  | 4    | 0,5       |
| A02  | 618517 | 9450358 | solo           | 0    | 0,5  | 0,5       |
| A02  | 618517 | 9450358 | argila siltosa | 0,5  | 1,5  | 1         |
| A02  | 618517 | 9450358 | silte          | 1,5  | 2,5  | 1         |
| A02  | 618517 | 9450358 | areia          | 2,5  | 3    | 0,5       |
| A03  | 620474 | 9450255 | solo           | 0    | 0,5  | 0,5       |
| A03  | 620474 | 9450255 | argila cinza   | 0,5  | 2,5  | 2         |
| A03  | 620474 | 9450255 | argila siltosa | 2,5  | 4    | 1,5       |
| A03  | 620474 | 9450255 | areia          | 4    | 4,5  | 0,5       |
| A04  | 616323 | 9452430 | solo           | 0    | 0,5  | 0,5       |
| A04  | 616323 | 9452430 | areia          | 0,5  | 1    | 0,5       |
| A05  | 619650 | 9452742 | solo           | 0    | 0,5  | 0,5       |
| A05  | 619650 | 9452742 | argila cinza   | 0,5  | 1,5  | 1         |
| A05  | 619650 | 9452742 | argila siltosa | 1,5  | 2    | 0,5       |
| A05  | 619650 | 9452742 | areia          | 2    | 2,3  | 0,3       |
| A05  | 619650 | 9452742 | argila siltosa | 2,3  | 3,5  | 1,2       |
| A05  | 619650 | 9452742 | argila marrom  | 3,5  | 5,5  | 2         |
| A08  | 619514 | 9454379 | argila cinza   | 0    | 0,3  | 0,3       |
| A08  | 619514 | 9454379 | areia          | 0,3  | 0,5  | 0,2       |
| A09  | 621467 | 9454504 | argila cinza   | 0    | 1,5  | 1,5       |
| A09  | 621467 | 9454504 | areia          | 1,5  | 2    | 0,5       |
| A10  | 616732 | 9456290 | silte          | 0    | 0,5  | 0,5       |
| A10  | 616732 | 9456290 | areia          | 0,5  | 0,8  | 0,3       |
| A11  | 618581 | 9456473 | argila cinza   | 0    | 0,5  | 0,5       |
| A11  | 618581 | 9456473 | silte          | 0,5  | 1    | 0,5       |
| A11  | 618581 | 9456473 | areia          | 1    | 1,4  | 0,4       |
| A12  | 621609 | 9456270 | areia          | 0    | 0,5  | 0,5       |
| A12  | 621609 | 9456270 | argila cinza   | 0,5  | 0,7  | 0,2       |
| A12  | 621609 | 9456270 | areia          | 0,7  | 1    | 0,3       |
| G02  | 619283 | 9450626 | solo           | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G02  | 619283 | 9450626 | argila siltosa | 0,5  | 1,5  | 1         |
| G02  | 619283 | 9450626 | silte argiloso | 1,5  | 2,5  | 1         |
| G02  | 619283 | 9450626 | silte          | 2,5  | 3,5  | 1         |
| G02  | 619283 | 9450626 | areia          | 3,5  | 4    | 0,5       |
| G04  | 616674 | 9451500 | argila siltosa | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G04  | 616674 | 9451500 | areia          | 0,5  | 1    | 0,5       |
| G05  | 617483 | 9451524 | solo           | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G05  | 617483 | 9451524 | areia          | 0,5  | 1    | 0,5       |
| G06  | 618506 | 9451450 | argila cinza   | 0    | 1    | 1         |
| G06  | 618506 | 9451450 | argila siltosa | 1    | 3,5  | 2,5       |
| G06  | 618506 | 9451450 | argila marrom  | 3,5  | 5,5  | 2         |
| G07  | 619428 | 9451454 | argila cinza   | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G07  | 619428 | 9451454 | silte          | 0,5  | 1,5  | 1         |
| G07  | 619428 | 9451454 | areia          | 1,5  | 2    | 0,5       |
| G08  | 620139 | 9451609 | solo           | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G08  | 620139 | 9451609 | argila cinza   | 0,5  | 1,5  | 1         |
| G08  | 620139 | 9451609 | silte argiloso | 1,5  | 2    | 0,5       |
| G08  | 620139 | 9451609 | areia          | 2    | 2,5  | 0,5       |
| G10  | 617507 | 9452433 | argila cinza   | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G10  | 617507 | 9452433 | argila marrom  | 0,5  | 1,5  | 1         |
| G10  | 617507 | 9452433 | argila siltosa | 1,5  | 2,5  | 1         |
| G10  | 617507 | 9452433 | areia          | 2,5  | 3    | 0,5       |

| Cód. | X      | Y       | Textura        | Topo | Base | Espessura |
|------|--------|---------|----------------|------|------|-----------|
| G11  | 618465 | 9452515 | Solo           | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G11  | 618465 | 9452515 | argila cinza   | 0,5  | 1,5  | 1         |
| G11  | 618465 | 9452515 | argila siltosa | 1,5  | 2    | 0,5       |
| G11  | 618465 | 9452515 | Areia          | 2    | 2,5  | 0,5       |
| G12  | 620365 | 9452444 | argila cinza   | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G12  | 620365 | 9452444 | argila siltosa | 0,5  | 1,5  | 1         |
| G13  | 616670 | 9453692 | argila siltosa | 0    | 1,5  | 1,5       |
| G13  | 616670 | 9453692 | Areia          | 1,5  | 2    | 0,5       |
| G14  | 617516 | 9453441 | argila cinza   | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G14  | 617516 | 9453441 | argila siltosa | 0,5  | 1    | 0,5       |
| G14  | 617516 | 9453441 | Areia          | 1    | 1,3  | 0,3       |
| G15  | 618535 | 9453530 | argila siltosa | 0    | 1,5  | 1,5       |
| G15  | 618535 | 9453530 | Areia          | 1,5  | 2    | 0,5       |
| G16  | 619408 | 9453546 | argila cinza   | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G16  | 619408 | 9453546 | argila marrom  | 0,5  | 1,5  | 1         |
| G16  | 619408 | 9453546 | argila siltosa | 1,5  | 2    | 0,5       |
| G16  | 619408 | 9453546 | Silte          | 2    | 2,5  | 0,5       |
| G16  | 619408 | 9453546 | Areia          | 2,5  | 3,5  | 1         |
| G17  | 620846 | 9453506 | argila cinza   | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G17  | 620846 | 9453506 | argila siltosa | 0,5  | 1,5  | 1         |
| G17  | 620846 | 9453506 | Areia          | 1,5  | 2    | 0,5       |
| G20  | 618437 | 9454532 | argila cinza   | 0    | 1,5  | 1,5       |
| G20  | 618437 | 9454532 | argila siltosa | 1,5  | 2,5  | 1         |
| G20  | 618437 | 9454532 | Areia          | 2,5  | 3,5  | 1         |
| G21  | 620468 | 9454598 | argila cinza   | 0    | 1,5  | 1,5       |
| G21  | 620468 | 9454598 | argila siltosa | 1,5  | 2,5  | 1         |
| G21  | 620468 | 9454598 | Areia          | 2,5  | 4    | 1,5       |
| G23  | 617319 | 9455331 | argila cinza   | 0    | 1,5  | 1,5       |
| G23  | 617319 | 9455331 | argila marrom  | 1,5  | 1,8  | 0,3       |
| G23  | 617319 | 9455331 | Areia          | 1,8  | 2    | 0,2       |
| G24  | 618500 | 9455517 | argila cinza   | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G24  | 618500 | 9455517 | Silte          | 0,5  | 1,5  | 1         |
| G24  | 618500 | 9455517 | Areia          | 1,5  | 2    | 0,5       |
| G25  | 619532 | 9452545 | Areia          | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G25  | 619532 | 9452545 | argila siltosa | 0,5  | 2,5  | 2         |
| G25  | 619532 | 9452545 | silte argiloso | 2,5  | 4,5  | 2         |
| G26  | 620416 | 9455583 | argila cinza   | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G26  | 620416 | 9455583 | Areia          | 0,5  | 1    | 0,5       |
| G27  | 621477 | 9455426 | Areia          | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G28  | 617388 | 9456655 | argila cinza   | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G28  | 617388 | 9456655 | Silte          | 0,5  | 1    | 0,5       |
| G28  | 617388 | 9456655 | Areia          | 1    | 1,2  | 0,2       |
| G29  | 619547 | 9456464 | argila cinza   | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G29  | 619547 | 9456464 | Silte          | 0,5  | 1,5  | 1         |
| G29  | 619547 | 9456464 | Areia          | 1,5  | 2    | 0,5       |
| G30  | 620565 | 9456602 | argila cinza   | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G30  | 620565 | 9456602 | argila siltosa | 0,5  | 1,5  | 1         |
| G30  | 620565 | 9456602 | Areia          | 1,5  | 2    | 0,5       |
| G31  | 622520 | 9456340 | argila cinza   | 0    | 0,5  | 0,5       |
| G31  | 622520 | 9456340 | Areia          | 0,5  | 1    | 0,5       |

Camadas consideradas como reserva lavrável de argila para a indústria de cerâmica.

## **ANEXO IV - MAPAS**



#### CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Sede Municipal
- ◎ Sede Distrital
- Rodovia Federal
- Rodovia Estadual
- ~~~~ Rio / Riacho
- ~~~~ Açu / Lagoa
- ~~~~ Divisão Municipal
- ~~~~ Rodovia Pavimentada
- ~~~~ Rodovia Planejada
- ~~~~ Cerâmicas
- ~~~~ Processos DNPM
- ~~~~ Processos DNPM mortos
- ~~~~ Relação Processos-Cerâmica

- Polos do Projeto
- Furos de Sondagem
- Pontos de Extração - Projeto Atual

Imagens Google Earth Pro

\*10/06/2010

\*21/06/2010

**DNPM**

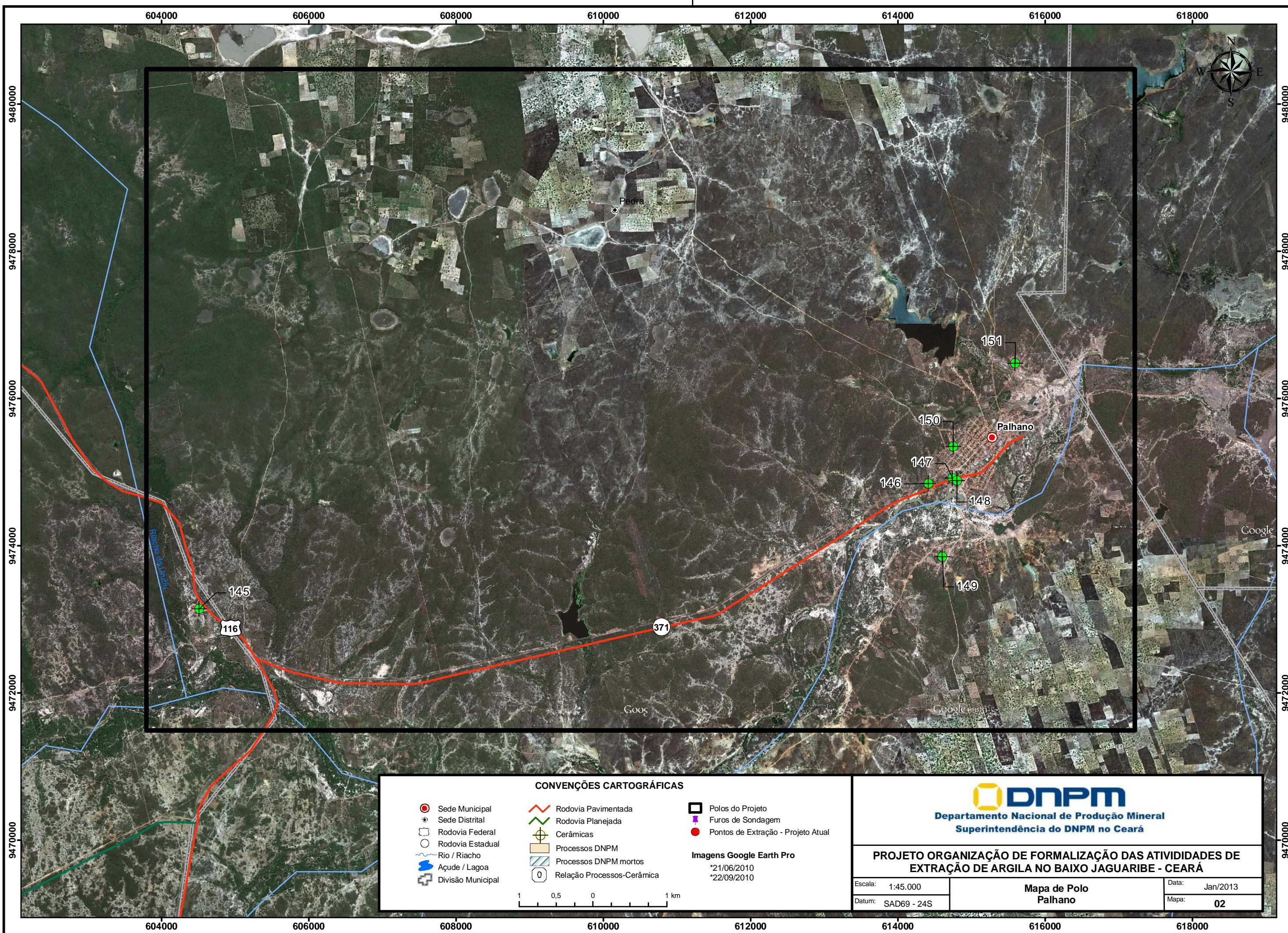
Departamento Nacional de Produção Mineral  
Superintendência do DNPM no Ceará

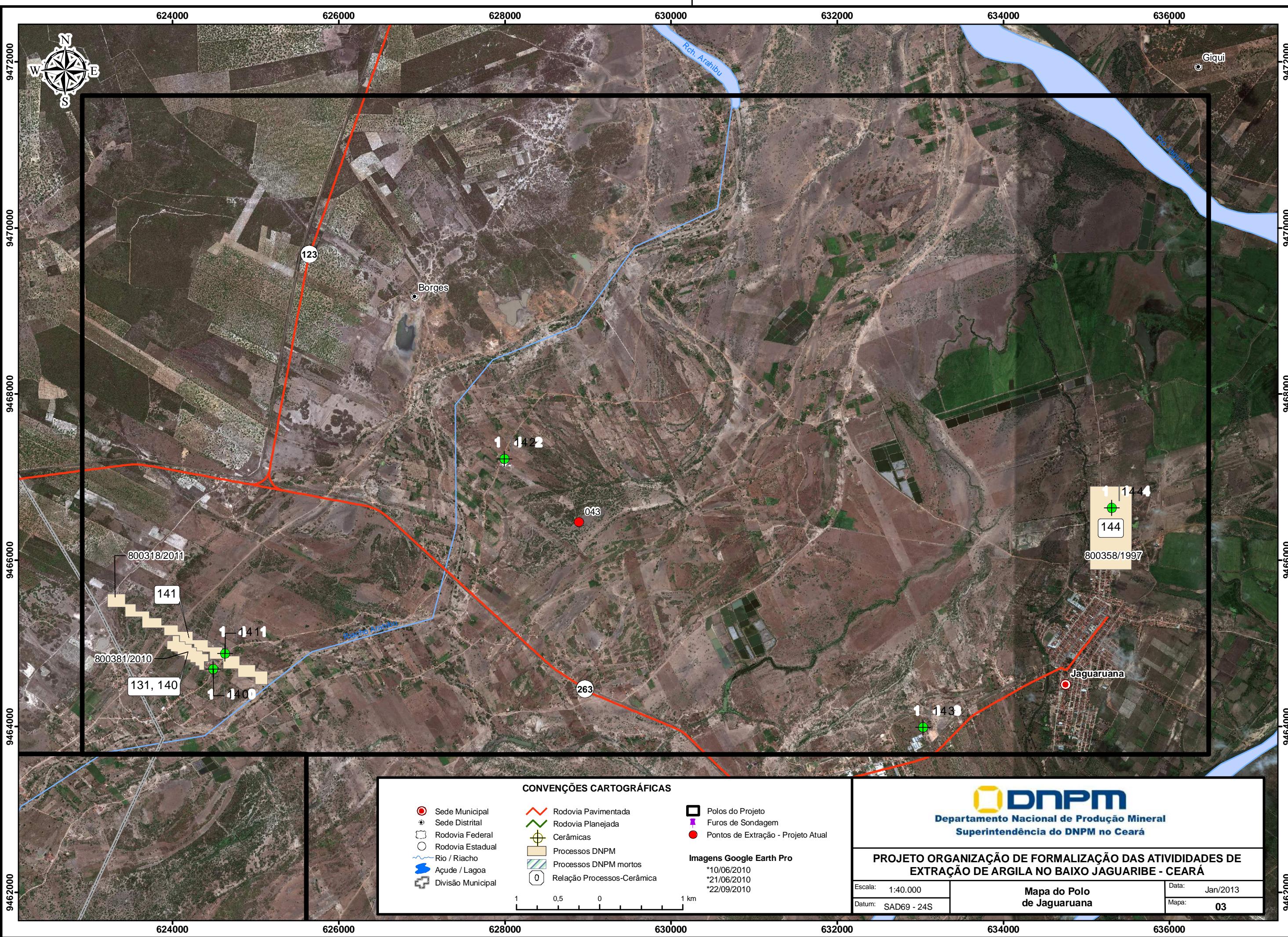
#### PROJETO ORGANIZAÇÃO DE FORMALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE EXTRAÇÃO DE ARGILA NO BAIXO JAGUARIBE - CEARÁ

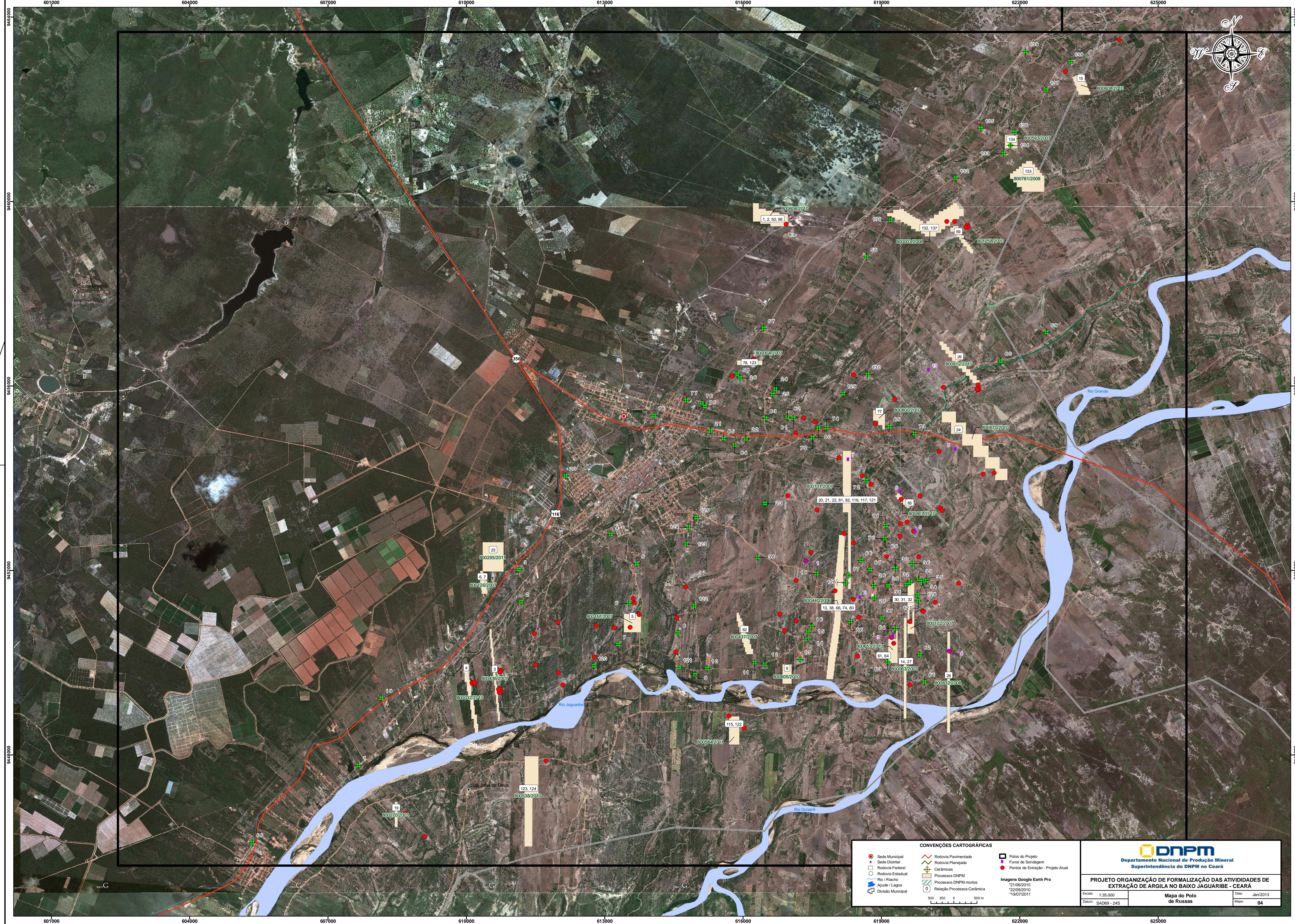
Escala: 1:60.000  
Datum: SAD69 - 24S

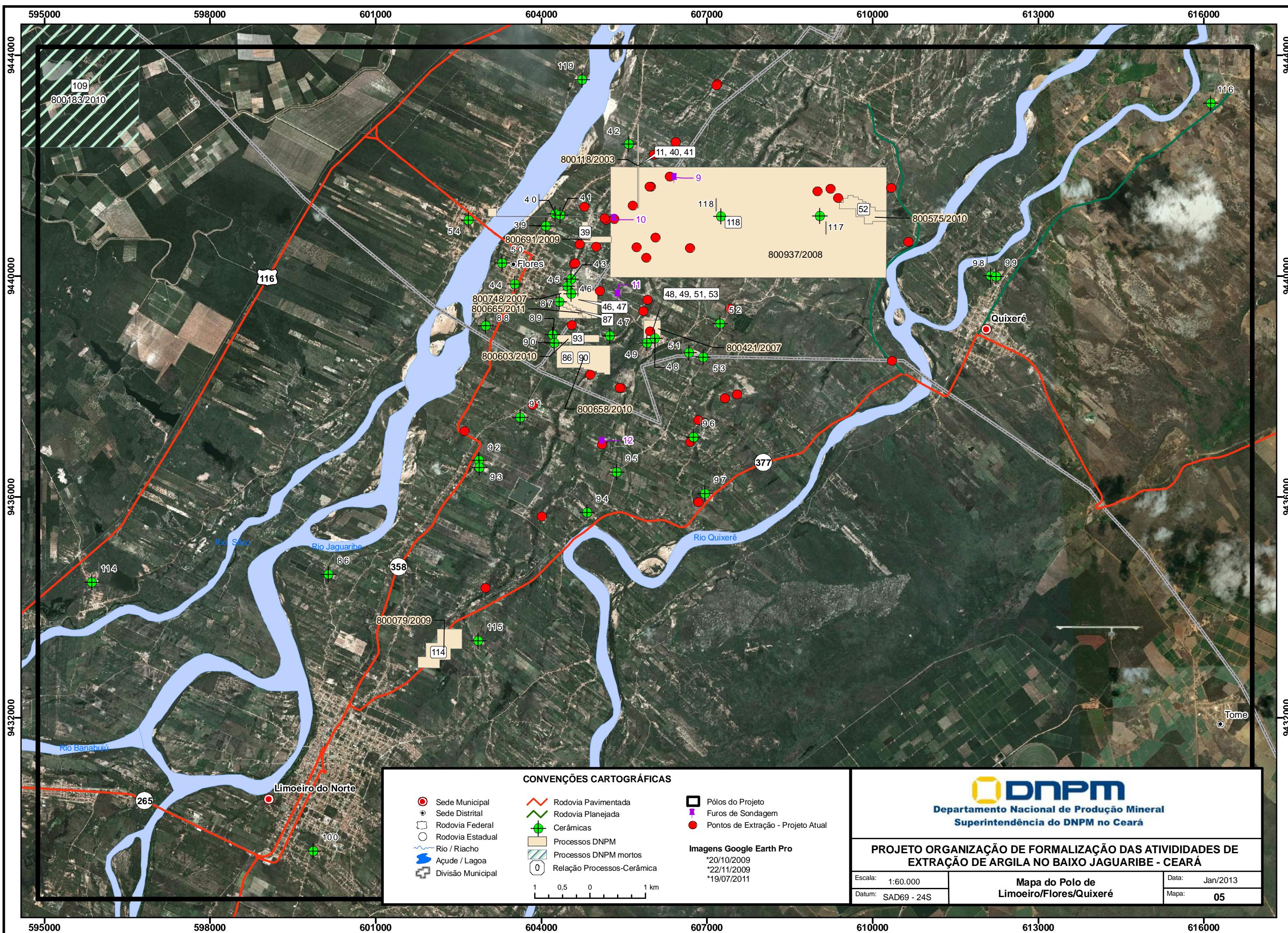
Mapa do Polo  
Aracati-Itaiçaba

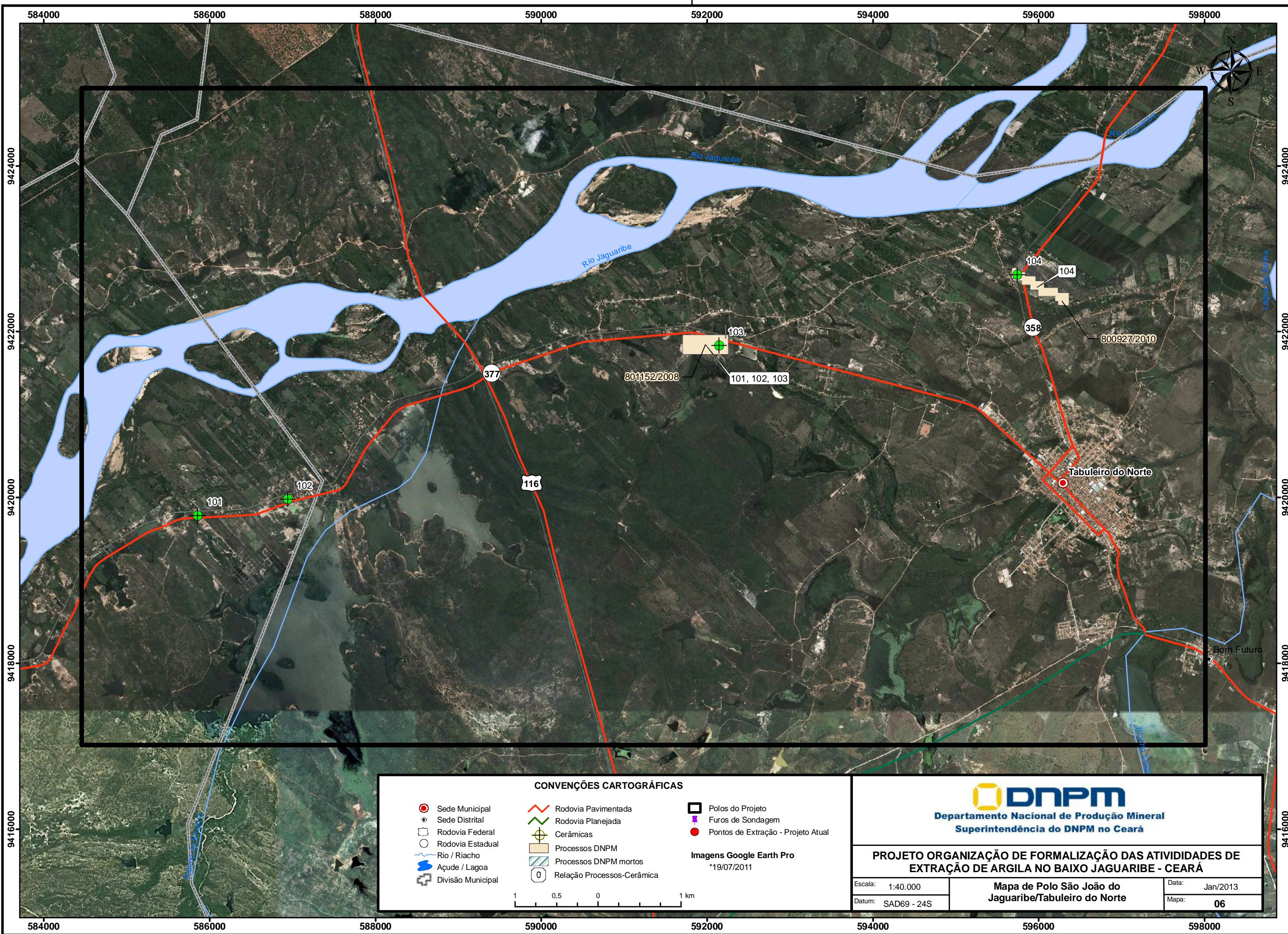
Data: Jan/2013  
Mapa: 01

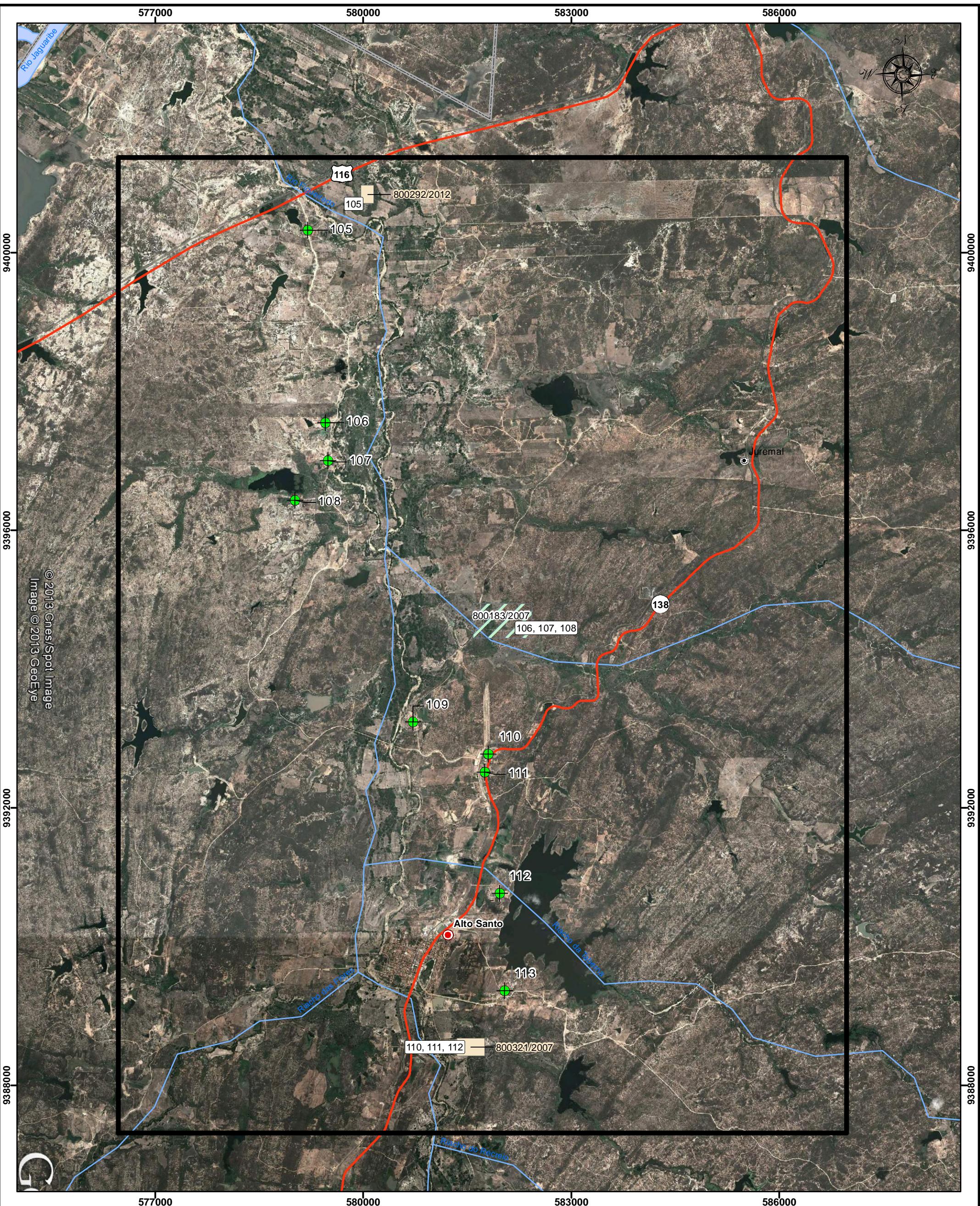












## CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

-  Sede Municipal
  -  Sede Distrital
  -  Rodovia Federal
  -  Rodovia Estadual
  -  Rio / Riacho
  -  Açude / Lagoa
  -  Divisão Municipal
  -  Rodovia Pavimentada
  -  Rodovia Planejada
  -  Cerâmicas
  -  Processos DNPM
  -  Processos DNPM mortos
  -  0 Relação Processos-Cerâmica

-  Polos do Projeto
  -  Furos de Sondagem
  -  Pontos de Extração - Projeto Atual

Imagenes Google Earth Pro  
\*04/06/2012

\*04/06/2012



Departamento Nacional de Produção Mineral  
Superintendência do DNPM no Ceará

## PROJETO ORGANIZAÇÃO DE FORMALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE EXTRAÇÃO DE ARGILA NO BAIXO JAGUARIBE - CEARÁ

Escala: 1:50.000

Datum: SAD69 - 24S

## Mapa do Polo Alto Santo

Data: Jan/2013

Mapa: 07

07