

IMPACTOS AMBIENTAIS: Uma Abordagem das Atividades de Beneficiamento de Caulim na Região Borborema/Seridó na Paraíba

Eduardo da Silva Cabral¹

Graduando em Engenharia Ambiental - UNIPB

Ednaldo Mendes Leite Filho²

Graduando em Engenharia Ambiental - UNIPB

Ronie Braz de Araújo³

Graduando em Engenharia Ambiental – UNIPB

Maria Sallydelândia Sobral de Farias⁴

RESUMO

O caulim é um tipo de argila constituída principalmente por caulinita, sendo empregada na fabricação de vários produtos, tais como papel, porcelana, adubos, cosméticos, etc. Apesar de sua elevada importância sócio-econômica para o país, sua extração e beneficiamento provocam impactos ambientais. Com o intuito de mitigar esses impactos existem leis, que atualmente exigem a elaboração de EIA/RIMA (Estudos de Impactos Ambientais/Relatórios de Impactos Ambientais), nos quais é imprescindível a inclusão de PRADs (Plano de Recuperação de Áreas Degradadas). Contudo, é preciso que as empresas mineradoras se conscientizem da necessidade da preservação ambiental e da necessidade de um desenvolvimento sustentável, a fim de poderem usufruir das ISO's 9000 e 14000, tendo o privilégio de possuir um "Selo Verde" de Qualidade Ambiental, o que favorecerá a comercialização de seus produtos em nível nacional e internacional.

Palavras chaves: Impactos Ambientais, Caulim, Degradação, Medidas mitigadoras.

¹ Graduando em Engenharia Ambiental - UNIPB

² Graduando em Engenharia Ambiental - UNIPB

³ Graduando em Engenharia Ambiental - UNIPB

⁴ Prof^ª Dra. Engenheira Agrícola – UFCG. E. email:sally_farias@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

O termo caulim é utilizado para denominar a rocha que contém a caulinita e também o produto resultante de seu beneficiamento. O nome caulim deriva da palavra chinesa kauling, que significa cume alto.

Este produto possui uma ampla área de aplicações industriais. De acordo com suas características, pode ser utilizado como pigmento, carga e cobertura na indústria de papel, matéria-prima para a indústria cerâmica (porcelana, azulejo, esmalte), matriz para catalisadores (craqueamento de petróleo e dispositivo para exaustão de gases em automóveis), isolante elétrico, agente fortalecedor de borrachas e concretos, cobertura digestiva de remédios (fármacos). Além disso, o caulim pode ser usado na fabricação de cimento branco, pesticidas, vidros, adesivos, cosméticos, plásticos, etc. O uso desse insumo mineral nos diferentes ramos industriais está relacionado às suas propriedades ópticas, mineralógicas e químicas.

Os caulins brasileiros podem ser divididos em cinco grupos: caulins sedimentares, caulins oriundos de pegmatitos, de rochas graníticas, de rochas vulcânicas e caulins derivados de anortosito.

Na região estudada Borborema–Seridó localizada nos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Os pegmatitos dessa região, em sua maioria, são mineralizados em tantalita/columbita, berilo, entre outros (SILVA e DANTAS, 1997). Além da tantalita/columbita e do berilo, a província é produtora de cassiterita, turmalinas, águas-marinhas, espodumênio, muscovita, feldspato, quartzo, caulim, entre outros.

O caulim extraído dos pegmatitos normalmente está encaixado em muscovita quartzitos da Formação Equador e nos micaxistos do Seridó. Pode estar associado a minerais como: tantalita, berilo, muscovita, quartzo e feldspato.

A lavra de caulim na região Borborema-Seridó é feita por meios manuais, inicialmente a céu aberto, podendo evoluir para a lavra subterrânea, com abertura de poços e galerias, segundo os procedimentos característicos da mineração artesanal. O beneficiamento consta das etapas de desagregação, peneiramento, decantação e secagem em pátio de secagem ou em forno à lenha. O caulim

beneficiado é vendido para a indústria de refratários e cerâmica branca. Esta pesquisa teve por objetivo realizar estudos de caracterização tecnológica e beneficiamento do caulim da região Borborema-Seridó em especial na cidade do Junco do Seridó. Este estudo visa um maior conhecimento das jazidas de caulim, da extração e beneficiamento do mesmo, além de mostrar as condições ambientais de trabalho.

2. O CAULIM

O caulim é uma rocha constituída de material argiloso, com baixo teor de ferro e cor branca, segundo GRIM *apud* LUZ e CHAVES (2000). É um material formado por silicatos de alumínio hidratado, cuja composição química aproxima-se de $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, sendo a caulinita e a haloisita seus minerais predominantes. Também podem ocorrer os minerais do grupo caulinita: diquita, nacrita, folerita, anauxita, colirita e tuesita.

O caulim pode conter outros elementos como impurezas, as quais podem atingir de 40% a 70% em volume do material extraído, sendo constituídas, de um modo geral, por areia, quartzo, palhetas de mica, grãos de feldspato, óxidos de ferro e titânio, etc.

Suas principais aplicações atualmente são como material de enchimento (fíler) no preparo de papel; como agente de cobertura (*coating*) para papel *couché* e na composição das pastas cerâmicas. Em menor escala, o caulim é usado na fabricação de materiais refratários, plásticos, borrachas, tintas, adesivos, cimentos, inseticidas, pesticidas, produtos alimentares e farmacêuticos, catalisadores, absorventes, dentifrícios, clarificantes, fertilizantes, gesso, auxiliares de filtração, cosméticos, produtos químicos, detergentes e abrasivos, além de cargas e enchimentos para diversas finalidades.

3. O CAULIM DO MUNICÍPIO DO JUNCO DO SERIDÓ - PB

O município do Junco do Seridó está localizado no Nordeste do Brasil, no estado da Paraíba. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), a cidade possui um território de 160 km² e no mesmo ano possuía 6.116 habitantes. É uma região de baixa pluviometria e de grandes

quantidades de minérios, sendo sua principal atividade econômica a extração e o beneficiamento de caulim e outros minerais e pedras.

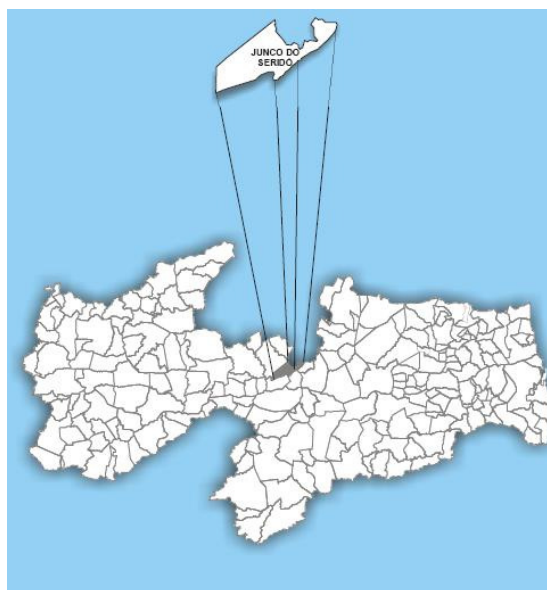


Figura 1: Localização da cidade do Junco do Seridó – PB
 Fonte: maplink.uol.com.br/v2/Nordeste/Paraíba/Junco-do-Serido_2418.htm

4. LEGISLAÇÃO

No Brasil, o primeiro dispositivo legal visando a minimizar os impactos negativos causados por mineração, entre elas as de argila (caulim), foi a Lei nº 6938, de 31/08/1981, que, através do Decreto Federal nº 88.351, instituiu o Licenciamento Prévio (LP), Licenciamento de Instalação (LI) e Licenciamento de Operação (LO). A partir de 1986, com a Resolução do CONAMA nº 01, estabeleceram-se as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) como instrumento da Política Nacional do Meio.

Em 1989, o Decreto Federal nº 97.632 definiu, em seu artigo 1º, que os empreendimentos que se destinam à exploração dos recursos minerais deverão submeter seus projetos à aprovação dos órgãos federais, estaduais e municipais competentes deverão executar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), o Relatório de Impacto Ambiental, bem como o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). E aqueles empreendimentos já existentes deverão regularizar sua situação por meio de um PRAD.

5. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DO CAULIM

O caulim é um bem mineral extremamente versátil em função de suas características tecnológicas das quais se podem destacar:

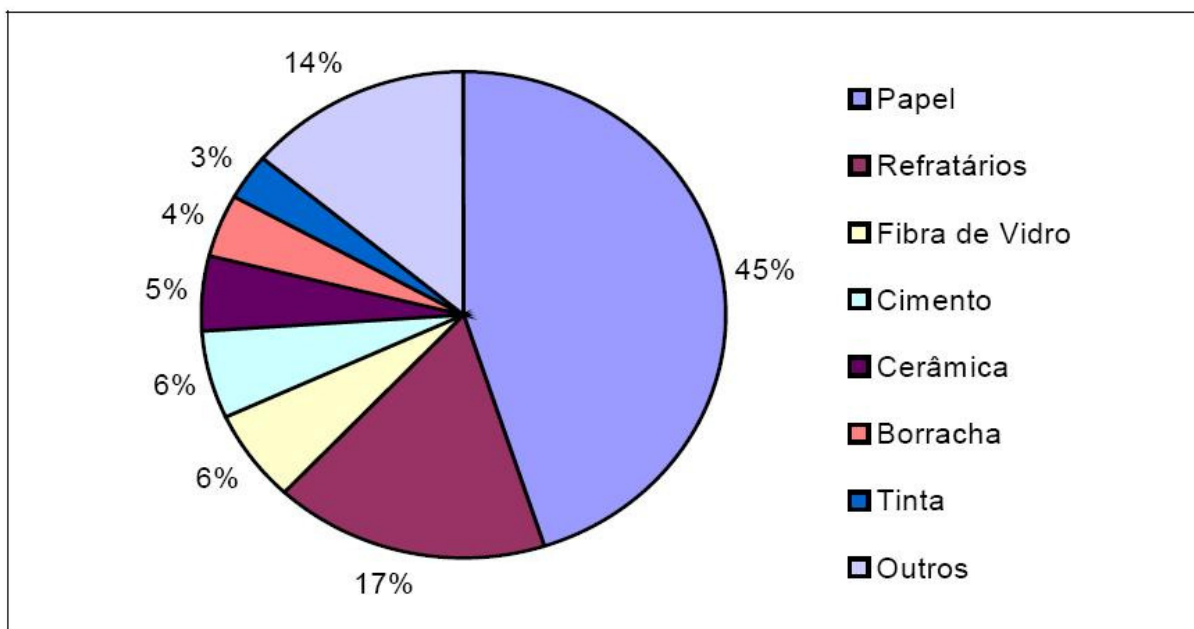
- (i) é quimicamente inerte em uma grande faixa de pH (3 a 9);
- (ii) é de coloração branca ou quase branca, isto é, possui alvura elevada;
- (iii) é macio e pouco abrasivo;
- (iv) tem capacidade de cobertura quando usado como pigmento e reforçador para as aplicações de carga;
- (v) é de fácil dispersão;
- (vi) possui baixa condutividade térmica e elétrica;
- (vii) possui compatibilidade com praticamente todos os adesivos (proteína, caseína), devido à dispersão e inércia química;
- (viii) é um produto de preço competitivo em relação aos materiais alternativos.

As características acima mencionadas são adequadas a um grande número de aplicações industriais importantes que fazem do caulim uma matéria-prima amplamente utilizada.

Essas aplicações podem ser classificadas em sete categorias, de acordo com suas funções primárias (BUNDY, 1993). Entre elas, ressaltam-se o caulim usado:

- (i) para formação de filmes;
- (ii) como carga ou matéria-prima;
- (iii) na indústria cerâmica e na construção civil;
- (iv) para extensão e reforço de polímeros;
- (v) para suporte de catalisadores e fibra de vidro;
- (vi) como veículo, adsorvente, diluente;
- (vii) como agente polidor.

Diagrama Ilustrativo dos Principais usos industriais do caulim.



Fonte: ROSKIL, 1996 *apud* LUZ e CHAVES, 2000.

6. PROCESSOS DE MINERAÇÃO DO CAULIM

6.2. A EXTRAÇÃO DE CAULIM

O caulim é retirado da natureza através de extração. Na cidade do junco, este caulim é encontrado nas montanhas entre rochas, onde o povo da região chama de visgos.

Na empresa visitada existem 02 (duas) minas de extração. A primeira encontra-se no cume da montanha e de lá, é retirado um tipo de caulim de cor amarela (muito usada na indústria farmacêutica), e, já se tem um estudo pronto que abaixo desse tipo de caulim, existe o caulim branco. Na segunda mina, o caulim é encontrado nas profundezas da montanha, ou seja, são abertas várias trilhas no interior da montanha onde os funcionários entram e caminham por essas trilhas para coletar o minério.

Em ambas as formas, o caulim é retirado e colocado em caçambas, onde são levadas para o setor de beneficiamento.

6.3. O BENEFICIAMENTO DE CAULIM

Os caulins ocorrem associados a várias impurezas, não atendendo, dessa forma, às especificações de mercado. As impurezas, como óxidos de ferro e titânio, mica e feldspato, influenciam diretamente na cor e alvura do caulim comprometendo sua qualidade (LUZ e DAMASCENO, 1993). Para promover o seu melhor aproveitamento é necessário realizar operações de beneficiamento, as quais vão depender do uso a que se destina. Existem dois processos de beneficiamento; via seca e via úmida.

✓ Beneficiamento a seco

Esse processo é utilizado em caulins com baixo teor de quartzo, elevada alvura e distribuição granulométrica adequada (> 90% inferior a 2 μ m). Nesse processo, o caulim bruto é inicialmente fragmentado abaixo de 2,5 cm; em seguida, passa por secagem em secadores rotativos. Na etapa seguinte, o caulim é pulverizado em moinhos de rolos, para então ser classificado por tamanho, segundo um processo denominado flotação com ar, em que as partículas mais finas são conduzidas para o topo do separador por uma corrente de ar quente (LUZ *et al.*, 2005). Como a maioria dos caulins não possui essas características, predomina o beneficiamento por via úmida.

✓ Beneficiamento à Úmido

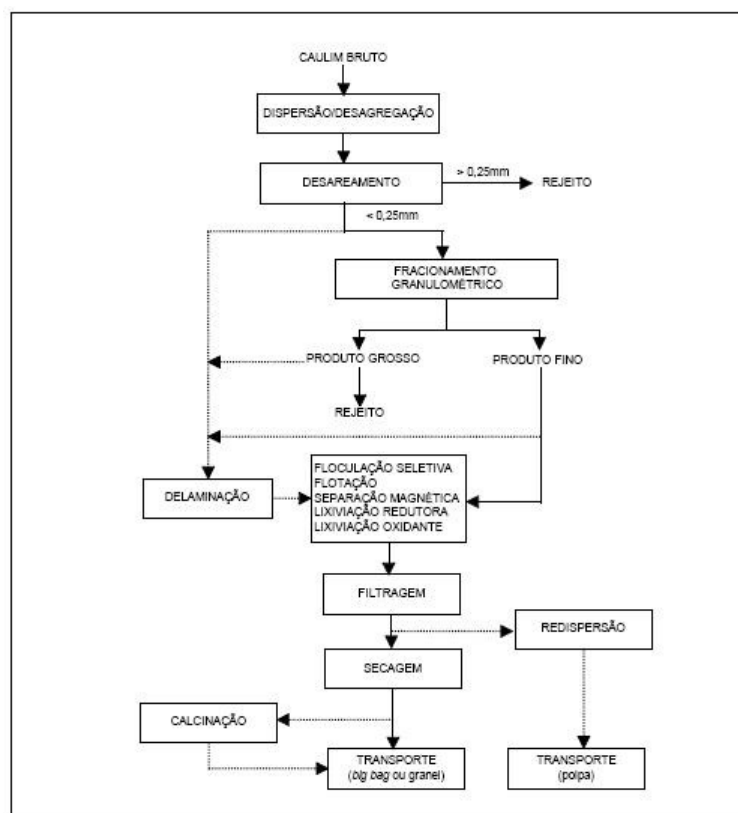


Figura 2: Diagrama de fluxo da atividade de beneficiamento úmido

O beneficiamento a úmido, ilustrado no diagrama de fluxo da Figura ao lado, consta das etapas de dispersão, desareamento, separação granulométrica em hidrociclone ou centrífuga, separação magnética, floculação seletiva, alveijamento químico, filtração e secagem (MONTE et al., 2001).

O beneficiamento inicia-se com a adição de água ao caulim bruto e a desagregação do mesmo em um misturador. Em seguida, a polpa é transportada por gravidade para etapa de peneiramento. Nesse transporte ocorre o desareamento, no qual são sedimentados os materiais mais grosseiros, constituídos por mica, quartzo, feldspato, entre outros. Esse material é removido manualmente, através de pás perfuradas, e depositados em terrenos da empresa.

Na etapa de peneiramento ocorre a classificação das partículas da mistura. Essa etapa é formada por um conjunto de peneiras de malha número 200 (0,074 mm) e 325 (0,044 mm), que estão empilhadas em ordem crescente da abertura da malha. Todo o material é passado na peneira Nº. 200. Caso seja necessário um melhor refinamento do minério, a poupa também deve ser submetida à peneira de

Nº. 325. O material retido nas peneiras de número 200 é rejeitado e consiste no resíduo fino da cadeia produtiva do caulim.

O material peneirado é bombeado, por gravidade, através de tubulações, para um sistema de tanques onde se inicia a fase de decantação e sedimentação. O primeiro tanque recebe a mistura e é preenchido completamente com água, nele ocorre à separação da fração de maior granulometria através da sedimentação. A fração mais fina, que se posiciona na região superficial, passa por transbordamento para o segundo tanque, que apresenta um desnível de altura em relação ao primeiro, onde acontece a sedimentação da fração mais grossa. A parcela mais fina é transbordada para o terceiro tanque. Esse procedimento se sucede até o último tanque do sistema.

A água superficial que não transborda é vazada para outro tanque de onde é reciclada para fase inicial de dispersão do minério bruto.

O material sedimentado em cada tanque é escolhido, de acordo com a sua utilização final, e destinado para um tanque de vazamento para posteriormente seguir para etapa de filtração.

Na etapa de filtração retira-se a água do material proveniente do tanque de vazamento. Este processo é realizado através do método da prensagem, em que a mistura é recalçada para dentro de filtros prensa, por meio de uma bomba de recalque, obtendo-se assim uma torta com aproximadamente 65% de sólidos.

Para a perda da umidade, as tortas são expostas ao sol e as correntes de ar, onde ficam secas. Porém, em dias chuvosos, essa secagem é feita de forma forçada através de fornos à lenha. Depois da calcinação são trituradas, ensacadas e destinadas à comercialização.

7. IMPACTOS AMBIENTAIS



Figura 3: Visualização de “dunas” de rejeito.

Nas atividades de extração de um volume expressivo de argila e de materiais rochosos, em todas as suas fases, envolve atividades que provocam impactos para o meio físico e biótico. Alguns desses impactos dependem de fatores como tipo de minério, técnicas de extração e beneficiamento, o que requer diferentes medidas para a recuperação ambiental (WILLIAMS *et al* *apud* SILVA *et al*, 2001).

7.2. IMPACTOS NA EXTRAÇÃO

Na etapa da extração do caulim os principais problemas estão ligados à segurança e saúde dos trabalhadores. Os funcionários trabalham em condições precárias, sem equipamentos adequados para sua proteção. Nas galerias das montanhas não há vigas de sustentação, nem escoramento, o que deixa a desejar em termos de desmoronamento das mesmas. A iluminação é realizada através de velas. Além da função de iluminação, às vezes elas servem para detectar a quantidade de oxigênio presente no ar.

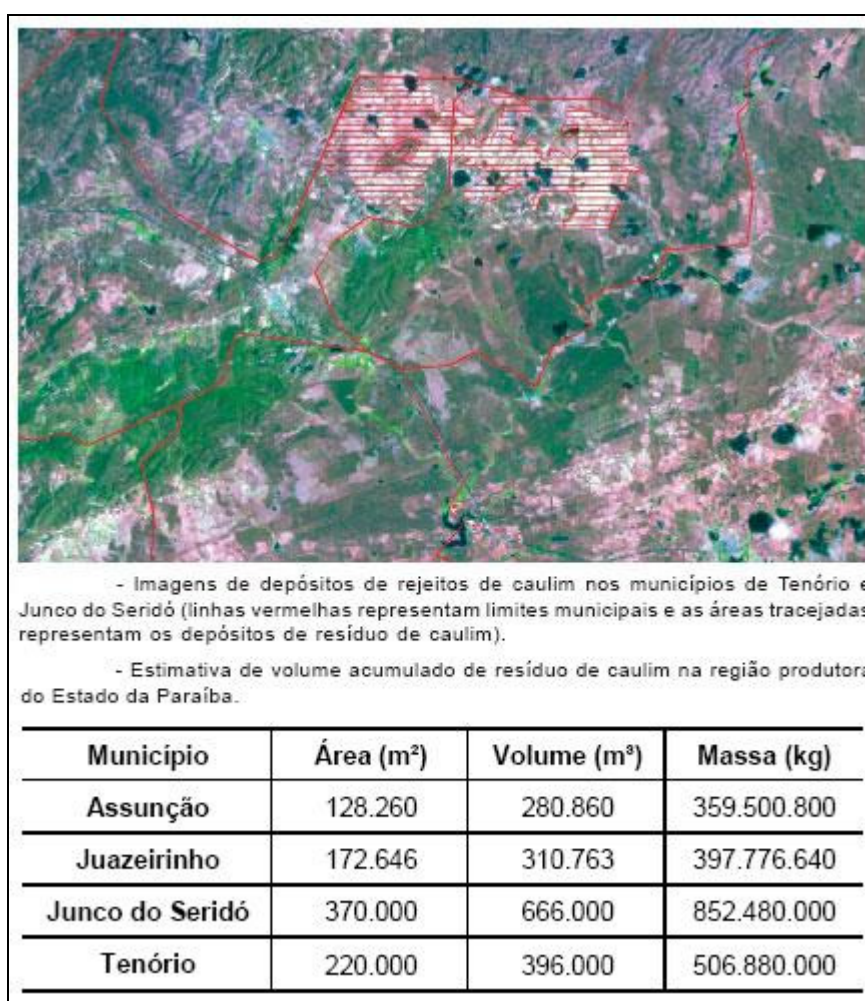
Por o caulim possuir partículas sólidas muito pequenas, a exposição durante um longo período pode provocar doenças no sistema respiratório dos trabalhadores, como a silicose, e levá-los a morte.

Em trabalhos à céu aberto, os funcionários ficam expostos diretamente ao sol, correndo o risco de adquirir câncer de pele.

A escavação do subsolo ou alteração da superfície sem estudos mais aprofundados pode levar à degradação de um ecossistema ou à contaminação de lençóis freáticos. No município do Junco do Seridó não se tem estudo sobre contaminação da água devido à exploração inadequada do subsolo da região.

7.3. IMPACTOS NO BENEFICIAMENTO

Na etapa de beneficiamento os principais problemas estão ligados à quantidade de resíduo gerado, cerca de 70% do caulim extraído, e a poluição do ar. Os resíduos gerados nessa etapa são simplesmente descartados em terrenos das empresas de beneficiamento, ocupando assim um grande volume. Como a disposição dos resíduos não é feita de forma correta, observa-se que eles, depois de secos, se transformam em pó e pela ação do vento, se espalham, poluindo o ar e a vegetação no entorno.



Outro problema na área de beneficiamento é o consumo de água, porém, na empresa visitada, já existe um sistema de reuso da água, mas, mesmo assim, o sistema é completado com 14.000 litros de água por mês.

Em relação ao ambiente de trabalho, toda a atividade de beneficiamento possui vários riscos ambientais, entre eles: Ruído, Calor, Poeira de sílica, Vibração

são os mais prejudiciais à saúde, porém, ainda se tem os riscos ergonômicos e de acidentes.

8. MEDIDAS MITIGADORAS PARA OS IMPACTOS

➤ Valorização do rejeito oriundo do beneficiamento de caulim

Devido a grande quantidade de resíduo gerada, as empresas têm utilizado o resíduo grosso para o enchimento da cava das minas desativadas com o intuito de utilização dos resíduos.

➤ Pesquisas desenvolvidas na região do Junco-Ecuador

Devido a grande quantidade de resíduos gerados pelo beneficiamento do caulim, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas nessa região, com o intuito de aproveitá-los em diversos segmentos da construção civil. Essas pesquisas visam proporcionar a valorização do resíduo e a redução dos impactos ambientais provocados pelos mesmos.

Dentre várias pesquisas temos:

- Utilizaram o resíduo fino na composição de argamassa de assentamento interno. Realizou-se a caracterização do material, conforme as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Os resultados classificam o resíduo como pouco plástico. Para avaliar o comportamento mecânico dos traços com a incorporação do material, realizaram-se os ensaios de compressão axial e de tensão-deformação. O melhor traço obtido na pesquisa foi 1:2:8, de cimento, cal e caulim, o qual apresentou uma resistência de 2,5 MPa.
- Utilizaram os dois rejeitos (grosso e fino), na produção de tijolo ecológico, que será utilizado na construção civil. Foram realizados ensaios de caracterização do material, conforme as normas da ABNT. O corpo de prova que alcançou o melhor resultado de resistência aliado à economia, foi o traço composto por cimento, cal, siri e sarrabulho, na proporção de 1:1:3:7, respectivamente. O mesmo obteve a resistência à compressão de 4,58 MPa, aos 07 (sete) dias de teste, possuindo então uma resistência superior a exigida pela ABNT para tijolos de vedação (1,5 MPa).
- estudaram a incorporação do resíduo do caulim e de descartes de tijolos, oriundos da construção civil, na formulação de tijolos cerâmicos. Foi

realizada a caracterização química e estrutural nos resíduos. As massas estudadas eram compostas somente pelos dois resíduos e foram sintetizadas em diferentes temperaturas. Foram realizados ensaios com o intuito de determinar as propriedades tecnológicas dos tijolos. Os resultados obtidos mostraram que é possível gerar produtos com boas propriedades físicas e mecânicas a partir de resíduos de tijolos e de resíduos provenientes do beneficiamento de caulins. O resíduo de caulim se mostrou como uma matéria-prima mais indicada para a obtenção de revestimentos de base clara e melhores propriedades físicas e mecânicas, uma vez que, nas massas que possuíam acima de 50% do resíduo do caulim, foram obtidos valores de resistência mecânica referentes a revestimentos cerâmicos do tipo Semi-Grês e Grês-Porcelanato, atingindo valores entre 65 MPa e 75 MPa, e AA na faixa de 3,5% até 4,5%, quando sintetizadas a 1.250 °C.

➤ **Cumprimento das Legislações**

Treinar e capacitar os funcionários das empresas e empreiteiras sobre segurança no trabalho e proteção ambiental;

Incluir a elaboração de PRAD's feitos em função dos EIA's/RIMA's;

Reciclar os profissionais ligados aos órgãos competentes;

Adotar, por parte da empresa, práticas ambientais, tais como: maior aproveitamento de materiais e reciclagem de lixo.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os problemas oriundos da extração e do beneficiamento do caulim, no município do Junco do Seridó-PB, podem ser minimizados com um estudo prévio de viabilidade da jazida e dos impactos ambientais gerados nesses processos. Além disso, é necessária a substituição das técnicas rudimentares de extração por máquinas modernas (caso seja possível), a utilização de equipamentos de proteção individual adequados a cada risco que os funcionários estejam expostos e a capacitação dos trabalhadores. Essas medidas aumentariam a produção, minimizariam os impactos ambientais e evitariam riscos à saúde e acidentes.

Para uma aplicação correta e economicamente viável de um determinado resíduo é necessário um estudo prévio do mesmo, para o conhecimento de suas

propriedades química, física e mineralógica (estudo este já iniciado por várias pessoas das mais diversas áreas profissionais).

A utilização de resíduos minerais é importante tanto do ponto de vista social e ambiental, quanto do técnico e econômico, uma vez que proporciona: um uso eficiente dos recursos; valorização do resíduo; geração de novos empregos; redução dos custos com o seu descarte e redução dos impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

LUZ, A. B., CAMPOS, A. R., CARVALHO, E. A., BERTOLINO, L. C., 2005, “**Caulim - Usos e Especificações**”. In: LUZ A. B. e LINS F. F (eds) *Rochas e Minerais Industriais*, 1 ed., cap. 11, Rio de Janeiro, Brasil, Centro de Tecnologia Mineral.

MONTE, M. B. M., CARVALHO, E. A., FERREIRA, O., CABO, S. S., 2001, “**Caulim CADAM**”. In: SAMPAIO, J. A., LUZ, A. B., LINS, F. F. (eds), *Usinas de beneficiamento de minérios do Brasil*, 1 ed., cap. 01, Rio de Janeiro, Brasil, Centro de Tecnologia Mineral.

SILVA, M. R. R., DANTAS, J. R. A., 1997, “**Província pegmatítica da Borborema-Seridó, Paraíba e Rio Grande do Norte**”. In: DNPM/CPRM (eds) *Principais Depósitos Minerais do Brasil*, 1 ed., v. 4b, Brasília, Brasil, Departamento Nacional de Produção Mineral.

IBGE. Dados da cidade Junco do Seridó-PB. 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php> > Acesso em: 12 de novembro de 2008.