

Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Tecnologia e Geociências - Programa de Pós Graduação em  
Engenharia Mineral PPGEMinas – UFPE

Aspectos da contaminação geoquímica ambiental da produção de  
calcários corretivos e cal na região de Santa Maria do Cambucá –  
Pernambuco: Considerações sobre a produção mineral regional.

Wando Henrique Bezerra Duarte

Recife, 2012

Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Tecnologia e Geociências - Programa de Pós Graduação em  
Engenharia Mineral (PPGEMinas UFPE)

ASPECTOS DA CONTAMINAÇÃO GEOQUÍMICA  
AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE CALCÁRIOS CORRETIVOS  
E CAL NA REGIÃO DE SANTA MARIA DO CAMBUCÁ –  
PERNAMBUCO: CONSIDERAÇÕES SOBRE A PRODUÇÃO  
MINERAL REGIONAL.

por

Wando Henrique Bezerra Duarte

Trabalho realizado no Programa de Pós Graduação em Engenharia  
Mineral – PPGEMinas, UFPE.

Recife, 2012

Aspectos da contaminação geoquímica ambiental da produção de calcários corretivos e cal na região de Santa Maria do Cambucá – Pernambuco: Considerações sobre a produção mineral regional.

Submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Mineral – PPGEMinas, como parte dos requisitos para obtenção de Título de

MESTRE EM ENGENHARIA

Área de concentração: Minerais e Rochas Industriais Linha de pesquisa: Gestão Ambiental na Mineração

por

Wando Henrique Bezerra Duarte  
Engenheiro Agrônomo

2012

Catálogo na fonte  
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

D812a Duarte, Wando Henrique Bezerra.

Aspectos da contaminação geoquímica ambiental da produção de calcários corretivos e cal na região de Santa Maria do Cambucá – Pernambuco: Considerações sobre a produção mineral regional. / Wando Henrique Bezerra Duarte – Recife: O Autor, 2012.

v, 67f. il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Eldemar A. Menor.  
Co-Orientador: Prof. Dr. Márcio Barros

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, 2012.  
Inclui Referências e Anexos.

1. Engenharia Mineral. 2. Produção de cal. 3. Contaminação industrial. 4. Santa Maria do Cambucá, Brasil. I. Menor, Eldemar A. (Orientador). II. Barros, Márcio (Co-Orientador). III. Título.



# UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA

DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE

WANDO HENRIQUE BEZERRA DUARTE

“ASPECTOS DA CONTAMINAÇÃO GEOQUÍMICA AMBIENTAL DA  
PRODUÇÃO DE CALCÁRIOS CORRETIVOS E CAL NA REGIÃO DE SANTA  
MARIA DO CAMBUCÁ – PERNAMBUCO: CONSIDERAÇÕES SOBRE A  
PRODUÇÃO MINERAL REGIONAL”

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MINERAIS INDUSTRIAIS

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência  
do Dr. Eldemar de Albuquerque Menor.

**Wando Henrique Bezerra Duarte, Aprovado.**

Recife, 25 de Maio de 2012.

---

Dr. ELDEMAR DE ALBUQUERQUE MENOR

Orientador (UFPE)

---

Dr. FERNANDO DE OLIVEIRA MOTA FILHO

Examinador Externo (UFPE)

---

Dr. MÁRCIO LUIZ DE SIQUEIRA CAMPOS BARROS

Examinador Interno (UFPE)

Dedicado

à minha filha Laura.

# AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por ter me dado força, saúde e paciência necessária.

A meus pais, João Ferreira e Inez Duarte, *in memorian*. Aos meus avôs José Bezerra, *in memorian*, e Maria Leite pela criação que me deram. À minha amada esposa, Iara Marinho, pela compreensão nos momentos mais difíceis e pela nossa filha.

Aos meus orientadores e amigos, Prof. Eldemar Menor e Prof. Márcio Barros, por quem tenho profunda admiração e respeito.

Na verdade, muitos foram os que contribuíram para a realização desse trabalho e registro aqui o meu agradecimento pelo apoio ao final desta importante jornada em minha carreira. Listo aqui aqueles que, sem dúvida, contribuíram de forma mais expressiva:

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral, pela aceitação no referido programa, e por me dar oportunidade, subsídios e incentivos para a conclusão do curso de mestrado, através de seus professores, funcionários e infra-estrutura;

À secretária do Programa PPGEMinas, Voleide Barros F. Gomes, pela sua eficiência, dedicação, carinho e paciência, durante todo o desenvolvimento deste trabalho;

Aos Professores do departamento de Engenharia de Minas, Júlio César de Souza, Kênia Valênc, que direta e indiretamente, colaboraram para o meu crescimento profissional e para o desenvolvimento desta pesquisa;

Aos amigos: Paulo de Tarso, Yeda Marinho e Gerlânia Brasiliana de Arruda, pelo companheirismo e orientação, que me ajudaram durante todo o tempo em que estive ligado a esta Pós-Graduação;

Ao Secretário de Administração de Vertente do Lério, Augusto Cesar Regis, pelas informações da região e sua valiosa atenção com todos;

À banca examinadora, pela contribuição intelectual e à UFPE/PROPESQ/CAPES, pelo auxílio financeiro durante os meses de vigência do mestrado.

Obrigado.

## SUMÁRIO

Lista de figuras.....	I
Lista de tabelas.....	II
Lista de abreviaturas.....	III
Resumo.....	IV
Abstract.....	V
<b>1- INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1 - GENERALIDADES.....	16
1.2 - JUSTIFICATIVAS E MOTIVAÇÃO.....	18
1.3 - OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICOS.....	18
<b>2- REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
2.1 - PLANEJAMENTO AMBIENTAL.....	20
2.2 - IMPACTOS AMBIENTAIS.....	21
2.3 - CALCÁRIOS.....	22
2.4 - USOS HABITUAIS DOS CALCÁRIOS .....	24
<b>2.4.1 - Produção de cimento Portland.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.2 - Produção de cal.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.3 - Correção do pH do solo para a agricultura.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.4 - Fundente em metalurgia.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4.5 - Fabricação de vidro.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.6 - Pedra ornamental.....</b>	<b>28</b>
2.5 - A CALCINAÇÃO.....	29
2.6 - POEIRA CARBONÁTICA.....	30
<b>3- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: SANTA MARIA DO CAMBUCÁ-PE.....</b>	<b>31</b>
3.1 - LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO.....	31
3.2 - A CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL.....	33
<b>3.2.1 - Meio Abiótico.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.2 - Meio Biótico.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.3 - Meio Socioeconômico.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.4 - Índice de Desenvolvimento Humano – IDH.....</b>	<b>36</b>

<b>4- AMOSTRAGEM E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
4.1 - ÁGUAS DE SUPERFÍCIE.....	37
4.2 - ROCHAS.....	38
4.3 - SOLOS.....	39
<b>5- RESULTADOS OBTIDOS.....</b>	<b>40</b>
<b>6- DISCUSSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>7- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....</b>	<b>60</b>
7.1. CONCLUSÕES.....	60
7.2. RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	61
<b>8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>62</b>
<b>9- ANEXOS</b>	
ANEXO 01- GPS Garmin modelo III Plus	
ANEXO 02- Análises de sulfatos e alcalinidade total no laboratório LEAQ/UFPE, período chuvoso.	
ANEXO 03- Análise de sulfatos e alcalinidade total laboratório LEAQ/UFPE, período seco.	

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa do Município de Santa Maria do Cambucá, adaptado de mapa-base do Projeto Cadastro de fontes de abastecimento de água subterrânea deste município (CPRM,2005), com indicação da área de estudo e das estações de amostragem.....32
- Figura 2. Aspectos da dispersão mecânica de pó de cal nas circunvizinhanças de unidade de produção de cal de Serrinha, Município de Santa Maria do Cambucá, PE.....33
- Figura 3. Mapa litológico-base (adaptado de Holanda, 1987).....35
- Figura 4. Mini-represamento próximo das calcinadoras de Serrinha (amostragem Pw-1). Período de estiagem .....43
- Figura 5. Imagem Google Earth (julho/2007), incluindo a localidade Serrinha, a estação de amostragem Pw-1, a área de mineração e produção de cal/corretivos (linha amarela contínua), e o halo de dispersão de poeira carbonática (linha amarela descontínua).....43
- Figura 6. Barragem Caiai: área sem incidência de poeiras carbonáticas (amostragem Pw- 4). Período chuvoso.....44
- Figura 7. Imagem Google Earth (julho de 2007) incluindo a barragem Caiai e a estação de amostragem Pw-2.....44
- Figura 8. Água represada em cava da mineração, no inverno. Estação de amostragem Pw-3.....45
- Figura 9. Imagem Google Earth (julho/2007) mostrando várias cavas de mineração de calcários cristalinos, e a estação de amostragem Pw-3.....45
- Figura 10. Açude próximo à cidade de Vertente do Lério, em estação de chuvas, vicinal a áreas de produção de cal. Estação de amostragem Pw-4.....46
- Figura 11. Imagem Google Earth (julho/2007), mostrando Vertente do Lério e a localização da estação de amostragem Pw-4.....46
- Figura 12. Caieira em operação, na região de Santa Maria do Cambucá, PE.....51
- Figura 13. Caieira da região de Santa Maria do Cambucá - PE, vendo-se a boca de alimentação de material para calcinação (lenha).....51

Figura 14. Vegetação impregnada com o pó da cal, nas proximidades da área de produção de Serrinha, Mun. Santa Maria do Cambucá.....	54
Figura 15. Estações de amostragem de solo nas proximidades das calcinadoras, em Serrinha, Mun. Santa Maria do Cambucá, PE.....	58
Figura 16. Efeito do pH na disponibilidade dos nutrientes e na solubilidade do alumínio no solo.....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de IDH e respectivos valores.....	36
Tabela 2 - Características dos corpos represados amostrados na área de pesquisa.....	40
Tabela 3 - Sumário dos resultados analíticos de águas superficiais represadas na região de Santa Maria do Cambucá, Pernambuco.....	41
Tabela 4 - Análises químicas de calcários cristalinos da região de Sta. Maria do Cambucá, Pernambuco.....	47
Tabela 5 - Composição rocha-total aproximada de calcários cristalinos da região de Santa Maria do Cambucá, localidade de Serrinha.....	48
Tabela 6. Resultados das análises de solos (parte superior do horizonte B), na área produtora de Serrinha, Mun. Sta. Maria do Cambucá, Pernambuco..	49

## LISTA DE ABREVIATURAS

*ABNT* : Associação Brasileira de Normas Técnicas  
*ACGIH*: The American Conference of Governmental Industrial Hygienists  
*AIA*: Avaliação de Impacto Ambiental  
*APHA*: The American Public Health Association  
*APP*: Área de Proteção Permanente  
*BPF*: Óleo combustível derivado de petróleo  
*CCD*: Cromatografia de Camada Delgada  
*CLAE*: Cromatografia Líquida de Alta Eficiência  
*CONDEPE/FIDEM*: Agencia Estadual de Planejamento e Pesquisas de PE  
*CPRM*: Serviço Geológico do Brasil  
*CPRH*: Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos  
*DNPM*: Departamento Nacional de Produção Mineral  
*DQO*: Demanda Química de Oxigênio  
*DRX*: Difratorômetro de raios-X  
*EIA*: Estudo de Impacto Ambiental  
*FAO*: Food and Agriculture Organization of the United Nations  
*FDA*: Foods and Drugs Administration  
*GPS*: Global Positioning System  
*IDH*: Índice de Desenvolvimento Humano  
*IDH-M*: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal  
*IET*: Índice de Estado Trófico  
*LAMSA*: Laboratório de Análises Minerais Água e Solos  
*LGGM*: Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha  
*MPS*: Material particulado em suspensão  
*NPDS*: Sistema Nacional de Eliminação de Descargas Poluídas (EUA)  
*OD*: Oxigênio Dissolvido  
*PCA*: Plano de Controle Ambiental  
*PGIRS*: Plano de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos  
*PN*: Poder de neutralização  
*PNMA*: Política Nacional do Meio Ambiente  
*PPGMinas*: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral  
*PRAD*: Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

PRNT: Poder Real de Neutralização Total

RAD: Recuperação de Áreas Degradadas

RCA: Relatório de Controle Ambiental

RE: Reatividade das partículas do corretivo

RIMA: Relatório de Impacto Ambiental

SUDENE: Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

UFPE: Universidade Federal de Pernambuco

UFRPE: Universidade Federal Rural de Pernambuco

USEPA: United States Environmental Protection Agency

WHO: World Health Organization

## RESUMO

Impactos ambientais decorrentes do beneficiamento de calcários cristalinos para produção de cal e corretivos agrícolas são apresentados neste estudo. O caso escolhido foi o da localidade Serrinha, Município de Santa Maria do Cambucá, Pernambuco, Brasil. Neste município, 83 pequenas minerações a céu aberto (*data* negativos) estão em atividade, associadas a 9 calcinadoras, e algumas unidades de cominuição que produzem calcários corretivos. A mineração e a produção de cal virgem utilizam métodos artesanais, resultando em cal hidratada comercializada sem controle de qualidade e em sérios danos à biomassa da caatinga. Embora inexistindo pesquisas de saúde pública, problemas do trato respiratório superior são queixas comuns entre as populações vicinais a estes focos de produção. Em imagens satélite, halos de sedimentação de poeiras industriais sobre solos indicam origens a partir de focos de produção de cal. Assim sendo, uma amostragem estratégica foi realizada a partir de solos e águas superficiais da localidade Serrinha, seguida de análises químicas e laboratoriais, para avaliar as repercussões ambientais desta produção industrial. Os resultados demonstraram as consequências da sedimentação de poeira de cal virgem, a partir de sua dispersão atmosférica conforme direção predominante dos ventos, com origem nos focos de calcinação. Nas áreas afetadas, a vegetação sofre ressecamento da folhagem e os corpos d'água apresentam, diferentemente da tendência regional, pH alcalino, independentemente da natureza do substrato lítico. Solos alcalinizados apresentaram nítida diminuição na disponibilidade de fósforo assimilável em relação aos solos regionais. Comentários e sugestões são apresentados, visando melhoria da produção industrial e proteção ambiental.

**Palavras-chave:** Produção de cal, contaminação industrial, Santa Maria do Cambucá, Brasil

## ABSTRACT

Environmental impacts resulting from the processing of metamorphic limestones for production of hydrated lime and agricultural lime are presented in this study. The investigated case was the chosen Serrinha County, Municipality of Santa Maria do Cambucá, Pernambuco State, Brazil. There are 83 small quarries (open pit in negative *data*) exploiting metamorphic limestones in this region, associated with 9 calcining unities, and some milling unities that produces agricultural lime. The quicklime lime production is obtained by traditional methods, resulting in hydrated lime marketed without controlled quality and serious damages to the *caatinga* biomass. Although without researches on public health, upper respiratory tract problems are the common complaints of people living near to these outbreaks of production. In Google takes, clear zones of sedimentation of industrial dust on soils indicate sources from pockets of lime production. Thus, strategic sampling was performed from soils and surface waters at Serrinha County, followed by chemical analysis and laboratory researches, to evaluate the contamination effects of this industrial production on the environmental media. The results demonstrated the consequences of settling dust of quicklime, from its atmospheric dispersion along the prevailing wind direction, with origin at the focus of calcination. In affected areas the vegetation undergoes drying of the foliage, and water bodies have, in contrast to regional behavior, alkaline pH, whatever the nature of the lithic substratum. Alkaline soils showed marked decrease in the availability of assimilable phosphorus considering those from regional soils. Comments and suggestions are made for improvement of industrial production and environmental protection.

**Key words:** Lime productions, industrial contamination, Santa Maria do Cambucá, Brazil

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. GENERALIDADES

A mineração, como atividade industrial, é indispensável à manutenção do nível de qualidade de vida e ao progresso da sociedade moderna. Na evolução da história da espécie humana foram os minerais que traçaram seus rumos, garantindo a supremacia dos povos que melhor souberam utilizá-los.

Os bens minerais, extraídos e tratados pela Indústria Mineral, são imprescindíveis para a maioria dos setores produtivos da economia mundial, envolvendo incontáveis usos e aplicações. Todavia, o desenvolvimento tecnológico deste setor e o crescimento da demanda mundial por matérias-primas minerais, como resposta às exigências da modernização socioeconômica, têm proporcionado agressões aos limites de tolerância dos ecossistemas, reprimindo e eliminando espécies da Natureza e, portanto, reduzindo a biodiversidade (ALTVATER, 1995). Igualmente, Ripley *et al* (1996) reafirmam que os efeitos ambientais de mineração estão associados ao conjunto de etapas inerentes ao processo produtivo, sendo boa parte destes efeitos, adversos. Brandt (1998) afirma que os impactos negativos da mineração são muitas vezes irreversíveis.

Existe, no entanto, um confronto entre a falta de modelos globais e as soluções ecológicas que possam mitigar os impactos sem necessariamente impedir a realização de obras de interesse humano. Observa-se na prática, porém, que as ações são conduzidas privilegiando o lado econômico em detrimento da preservação ambiental.

O que ocorre com a extração de rocha calcária e a produção da cal virgem ou hidratada, na região de Santa Maria do Cambucá-PE e cidades vizinhas, é um exemplo de conflito entre interesses econômicos e aqueles da preservação ambiental. Fato que resulta em danos ecológicos diretos e indiretos, causados pelo uso de técnicas rudimentares. De fato, e em geral, quando os recursos financeiros e humanos são escassos, os problemas ambientais são múltiplos.

A emissão sólida de material muito fino (poeira) resultante da calcinação e a extração de madeira, como fonte energética para beneficiamento

das rochas-minério para produção de cales, são abordadas neste trabalho, em virtude dos seus impactos ambientais. A calcinação é feita com queima de madeira que vem do domínio municipal (já bem devastado em sua cobertura vegetal) e do vizinho estado da Paraíba.

Em geral, o halo de dispersão mecânica ultrapassa algumas centenas de metros, mas o alcance real dos particulados coloidais não é conhecido. Também é desconhecido o efeito do *leaching* pluvial com relação aos produtos transportados em suspensão, ou dissolvidos, nas águas de escoamento superficial. As rotas de dispersão da poeira produzida pelos processos de calcinação também são catalogadas como danosas à saúde pública.

## 1.2. JUSTIFICATIVAS E MOTIVAÇÕES

A falta de conhecimento e informações sobre esse tipo de contaminante industrial, na área estudada, alimenta-se da falta de fiscalização dos órgãos competentes, em razão da escassez de profissionais para fazer cumprir as normas impostas pelas leis ambientais.

O presente estudo leva em consideração as grandes reservas de calcário existentes na região de Sta. Maria do Cambucá, e o fato que a industrialização deste minério é uma atividade econômica em expansão nesta área estadual, com perspectivas crescentes para novos mercados, incluindo-se as perspectivas de benefícios sociais decorrentes. Além de abordar os danos causados ao meio ambiente e à saúde humana, devido a resíduos industriais (poeira de calcinação) das atividades de mineração e beneficiamento das matérias-primas. Considera-se a intenção de proporcionar aos pequenos mineradores indicações para mitigação dos processos poluentes, além de indicações para utilização dos alternativos viáveis para os calcários cristalinos da região.

## 1.3. OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICOS

São objetivos da pesquisa: identificar, estudar e caracterizar os impactos ambientais e sociais regionais decorrentes do beneficiamento dos calcários cristalinos, no âmbito do perímetro de investigação, através de:

(I) Identificação mineralógica dos sedimentos superficiais de fundo de corpos d'água (barragens, açudes, "barreiros"), comparando-se suas concentrações químicas com padrões recomendados pela USEPA (INGERSOLL *et al.*, 2001; e CONAMA, 2005), e com registros que deverão apontar o *background* regional de espécies químicas potencialmente contaminantes;

(II) Identificação da qualidade das principais lâminas d'água no perímetro de estudo (notadamente açudes), de uma forma genérica, mas, sobretudo destacando-se os produtos solubilizados, cuja presença pode refletir na dureza destas águas;

(III) Identificação dos halos de dispersão mecânica da poeira carbonática resultante das atividades mineiras e industriais, a partir dos seus focos de emissão, através de análise química dos solos.

Em instância final, estes objetivos deverão indicar os mecanismos geoquímicos que poderão afetar a qualidade dos mananciais d'água na região, envolvendo como possível responsável a produção de calcários agrícolas e cal. Problemas de saúde pública relativos ao desenvolvimento de atividades mineiras e de beneficiamento dos minérios têm sido registrados com alta frequência em países em desenvolvimento (JENNING, 1999), sobretudo por questões de contemporização com interesses econômicos prioritários do desenvolvimento econômico. Entretanto, na região, ainda não são conhecidos trabalhos sistemáticos que possam relacionar patologias humanas com a produção de calcários corretivos ou cal.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

Nas últimas décadas foram realizados muitos trabalhos sobre planejamento ambiental, zoneamento ecológico-econômico, ordenação de territórios, planejamento do meio físico e ecologia de paisagens. Para esse fim, adotaram-se diferentes enfoques e metodologias, com especial atenção em aspectos temáticos e âmbitos geográficos muito distintos. Segundo Cendrero (1982), o planejamento ambiental ou territorial é definido de forma ampla e generalizado como uma atividade intelectual pela qual se analisam os fatores físico-naturais, econômicos, sociais e políticos de uma zona (um país, uma região, uma província, um município, etc.), e se estabelecem as formas de uso que são consideradas adequadas para ela, definindo suas amplitudes, localização, e fazendo recomendações sobre as normas que devem regulamentar o uso de seus recursos em áreas consideradas.

Um planejamento ambiental inclui o zoneamento geoambiental, que tem como objetivo a ordenação territorial para utilização de seus espaços, segundo suas características bióticas e abióticas (recursos naturais e qualidade ambiental, análise sócio-econômica e padrões de uso da terra). No entanto, para haver um zoneamento territorial racional e viável, é imprescindível o conhecimento aprofundado do local selecionado. De acordo com a Lei nº. 6.938, de 31/08/1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), o zoneamento ambiental é um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, que visa assegurar em longo prazo a equidade de acessos aos recursos ambientais naturais, econômicos e sócio-culturais.

## 2.2. IMPACTOS AMBIENTAIS

De acordo com a resolução CONAMA nº 001/86, art. 1º, o termo “impacto ambiental” é definido como toda alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam a saúde, o bem estar da população e a qualidade de sobrevivência dos seres vivos.

Segundo Medeiros (1995), a avaliação do impacto ambiental (AIA) deve ser concebida, antes de tudo, como um instrumento preventivo de política pública. Este último só se torna eficiente quando se constitui em um elemento de auxílio às decisões, uma ferramenta de planejamento e concepção de projetos, possibilitando a efetivação de um desenvolvimento sustentável como forma de sobrepor ao viés economicista do processo de desenvolvimento. Neste caso, o processo de desenvolvimento pode apenas significar um crescimento econômico alheio aos aspectos ambientais, culturais, políticos e sociais. Diante disto, tramitava na Câmara o Projeto de Lei 7374/06, do Senado Federal, que regulamentava o processo de fabricação da cal, com o objetivo de eliminar os riscos de geração de compostos poluentes. O projeto exigia licença ambiental prévia para a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos destinados à extração de rochas calcárias e à produção da cal virgem, hidratada ou hidratada recuperada. Finalmente, este projeto tenha caráter conclusivo e foi analisado pelas comissões de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; de Minas e Energia; e de Constituição e Justiça e de Cidadania. Contudo, foi rejeitado e arquivado no dia 08/09/11.

### 2.3. CALCÁRIOS

Calcários são rochas predominantemente formadas por carbonatos de cálcio, sob forma de calcita e/ou aragonita. A aragonita possui a mesma composição química da calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), entretanto, difere em sua estrutura cristalina, é instável do ponto de vista cristalográfico, e seus jazimentos restritos a depósitos recentes compostos por conchas calcárias, fragmentos de algas, oólitos, ou, de uma forma geral, bioclastos marinhos (BATHURST, 1976). Este mineral metaestável transforma-se em calcita, a forma cristalograficamente mais estável. Outros minerais carbonáticos são principalmente: siderita ( $\text{FeCO}_3$ ), ankerita ( $\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$ ) e a magnesita ( $\text{MgCO}_3$ ), comumente associados a dolomitos, ou a rochas metamórficas.

Na crosta terrestre, praticamente inexistem calcários compostos unicamente por carbonato de cálcio, uma vez que, com frequência, há substituição do cálcio por outros cátions (MILLIMAN, 1974; HOLANDA *et al.*, 1987; ). Conforme sua origem, estas rochas estão classificadas em metamórficas e sedimentares. Os minerais mais frequentemente encontrados nos calcários metamórficos são: dolomita, silicatos de cálcio (actinolita/tremolita, diopsídio, epidoto), grafite e mica. Em calcários sedimentares é comum a presença de: dolomita, quartzo e argilominerais (HOLANDA *et al.*, 1987).

A presença de impurezas motivou a maioria das classificações das rochas carbonáticas. Assim, segundo Holanda *et al.* (1987), Pettijohn subdividiu os calcários em cinco classes, de acordo com o teor de óxido de magnésio contido, a saber: a) calcário calcítico (0 a 1,1% MgO); b) calcário magnesiano (1,1 a 2,1% MgO); c) calcário dolomítico (2,1 a 10,8% MgO); d) dolomítico calcítico (10,8 a 19,5% MgO); e) dolomito (19,5 a 21% MgO).

A coloração dos calcários varia do branco ao preto, podendo ser cinza claro ou cinza escuro. São também constatados tons de vermelho, amarelo, azul ou verde, dependendo do tipo e quantidade de impurezas que apresentam. Estas impurezas variam muito em tipo e quantidade, demandando investigações do ponto de vista econômico, pois costumam afetar as previsões de utilidade destas rochas. Tais impurezas acompanharam o processo de precipitação do  $\text{CaCO}_3$  ou

ocorreram em estágios posteriores (diagenéticos) e, assim sendo, podem ser fatores limitantes ao aproveitamento econômico da rocha-minério, sobretudo quando utilizada para fins nobres.

Habitualmente, a mais comum das impurezas das rochas carbonáticas são os argilominerais: esmectita, illita, clorita e os minerais micáceos (muscovita, principalmente). Estes minerais podem estar disseminados por toda a rocha ou, ainda, concentrados em finos leitos no seu interior. Neste contexto, a alumina em combinação com sílica é encontrada formando argilominerais, embora outros aluminossilicatos, como feldspatos e micas, também possam neles ser encontrados. Quando ocorrem em quantidade apreciável, os argilominerais constituem margas que, quando calcinadas, produzem cal com propriedades hidráulicas. Calcários contendo entre 5 e 10% de material argiloso produzem cal fracamente hidráulica, entretanto, com uma contaminação entre 15 e 30% resultam em cal altamente hidráulica.

Outras impurezas silicáticas, que não sejam os argilominerais, comprometem o aproveitamento econômico dos calcários. A sílica, que ocorre como areia quartzosa ou fragmentos de quartzo e, em estado combinado, como feldspatos, micas, talco e serpentina, resulta em restrições para o aproveitamento industrial da rocha-minério. A lembrar que calcários para fins metalúrgicos e químicos devem conter menos de 1% em alumina e menos de 2% em sílica (DOMENICO, 2000).

Compostos de ferro em calcários são prejudiciais à sua aplicação para vários fins industriais, tais como: produtos cerâmicos, tintas, papel, plásticos, borracha, além de outros. Na obtenção de cal, esse tipo de impureza pode não ser prejudicial, desde que um produto final muito puro não seja exigido. Em geral, compostos de ferro apresentam-se como limonita (hidróxido férrico) e pirita (sulfeto de ferro). Hematita, marcassita e outros compostos de ferro são encontrados em calcários, porém são francamente esporádicos.

Compostos de sódio e potássio são raramente encontrados em calcários e não costumam constituir restrições ao uso destas rochas-minério, salvo se produtos finais com elevada pureza sejam exigidos. Como habitualmente se

apresentam como minerais acessórios, estas impurezas podem ser eliminadas durante os processos de calcinação. Diferentemente, as presenças de enxofre e fósforo (sulfetos, sulfatos e fosfatos) constituem impurezas prejudiciais. Nas indústrias metalúrgicas são exigidos calcários puros para uso como fluxantes, e seus teores de enxofre e fósforo não devem ultrapassar os valores de 0,03% e 0,02%, respectivamente.

## 2.4. USOS HABITUAIS DOS CALCÁRIOS (SAMPAIO E ALMEIDA, 2005)

### 2.4.1. Produção de cimento Portland

Calcários constituem aproximadamente 90% da matéria-prima para fabricação do cimento. Neste caso, o fator restritivo são os teores em magnésio (analisados em MgO). Seu teor é limitado por normas nacionais e internacionais, sendo no máximo de 6,5% em MgO para industrialização de cimentos brasileiros, com exceção para o tipo CP III – Cimento Portland de alto-forno que, em razão da presença da escória não tem limite para o MgO (CAMARINI, 1995). O problema resulta da reação do óxido de magnésio em contato com a água, no concreto ou em argamassa, resultando em lenta transformação em hidróxido de magnésio --  $Mg(OH)_2$  – com aumento de volume. Esta expansão pode criar tensões internas suficientes para provocar trincas e fissuras.

### 2.4.2. Produção de cal (CaO)

A cal ou óxido de cálcio (CaO) é um produto derivado da calcinação do calcário ou do dolomito. É produzida com minérios de altos teores em CaO, ou em MgO. Normalmente, cales cálcicos possuem menos de 5% em MgO. Cales magnesianos são conhecidos como cales dolomíticos. Para a produção da cal hidratada, que é utilizada na construção civil, é preciso que aconteça uma reação entre a cal virgem e a água ( $H_2O$ ).

### 2.4.3. Correção do pH do solo para a agricultura

A calagem é a prática de incorporar calcário ou carbonato de cálcio e/ou magnésio ao solo para diminuir sua acidez, ou para se atingir pH mais favorável ao cultivo visualizado (MALAVOLTA, 1987). Recomendam-se a sua aplicação alguns meses antes do plantio. Assim, a acidez do solo pode ser corrigida previamente, favorecendo o acesso, pelas plantas, aos nutrientes existentes nos solos. O cálcio, ao reagir com hidrogênio em excesso, diminui a concentração dos íons hidrogênio, elevando o pH do solo e liberando cálcio e magnésio, dois nutrientes muito importantes para as plantas (MALAVOLTA, *op. cit.*). Adicionalmente, neutraliza o efeito fitotóxico do alumínio e do manganês.

Para a escolha de calcários corretivos, além da sua qualidade, devem-se levar em conta os preços e custos de transporte até a área de cultivo. A qualidade dos corretivos da acidez de solos é regulamentada pela Portaria nº 03 da Secretaria de Fiscalização Agropecuária, do Ministério da Agricultura, de 12 de junho de 1986, publicada no Diário Oficial da União em 16.06.1986. Constatam de suas exigências técnicas:

Art. 1º- Características físicas mínimas: passar 100% em peneira de 2 mm, ABNT-10; 70% em peneira de 0,84 mm, ABNT- 20, e 50% em peneira de 0,30 mm, ABNT-50, sendo permitida tolerância de 5% na peneira ABNT-10.

Art. 2º- Os corretivos de acidez dos solos são comercializados de acordo com suas características próprias e com valores mínimos conforme quadro abaixo:

MATERIAIS CORRETIVOS DE ACIDEZ	PN % em CaCO <sub>3</sub>	SOMA % CaO + MgO
Calcários	67	38
Cal virgem agrícola	125	68
Cal hidratada agrícola	94	50
Escórias	60	30
Calcário calcinado agrícola	80	43
Outros	67	38

Art. 3º- Ficam estabelecidos os valores mínimos de 67 a 45 para PN e PRNT (poder de neutralização e poder real de neutralização total), respectivamente.

Art. 4º– Os calcários agrícolas passam a ter as seguintes classificações:

I - Quanto à concentração em MgO:

- a) Calcítico – menos de 5%
- b) Magnesiano – de 5% a 12%
- c) Dolomítico – acima de 12%

II - Quanto ao PRNT, faixas:

- A- entre 45 e 60 %
- B - entre 60,1 e 75 %
- C - entre 75,1 e 90 %
- D - superior a 90 %.

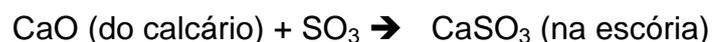
Art. 5º– O PRNT será calculado por:  $PRNT (\%) = 100 RE \times PN$ , sendo:

PN= poder de neutralização, expressando o equivalente a  $CaCO_3$  do corretivo, determinado conforme o método analítico da legislação vigente;

RE= reatividade das partículas do corretivo, calculada por: a) reatividade zero para a fração retida na peneira ABNT nº10; b) reatividade 20% para a fração passante na peneira ABNT nº10 e retida na peneira ABNT nº 20; c) reatividade de 60% para a fração passante na peneira ABNT nº 20 e retida na peneira ABNT nº 50; e d) reatividade de 100% para a fração passante na peneira ABNT nº 50.

#### **2.4.4. Fundente em metalurgia**

O óxido de cálcio reage com impurezas de matérias-primas minerais, dentre outras com aquelas que contêm enxofre, segundo a seguinte reação:



Reações deste tipo são importantes nos processos piro-metalúrgicos de altas temperaturas, nos quais o CaO produzido pela decomposição do  $CaCO_3$  reage

com as impurezas ácidas como, por exemplo, nos fornos de produção de ferro gusa. Várias são as funções do calcário na indústria do aço, dentre outras:

- (I) Escorificar as impurezas da carga, por meio do mecanismo acima;
- (II) Diminuir a temperatura de fusão da carga e a viscosidade da escória facilitando o seu escoamento.

O calcário calcítico utilizado na siderurgia tem a dupla função: fundente e fluxante, devendo conter, no mínimo, 49% de CaO; entre 2 e 4% de MgO e entre 2 e 5% de SiO<sub>2</sub>. A granulometria deve estar contida entre 20 e 49 mm. A perda ao fogo deve se situar em torno de 40%.

#### **2.4.5. Fabricação de vidro**

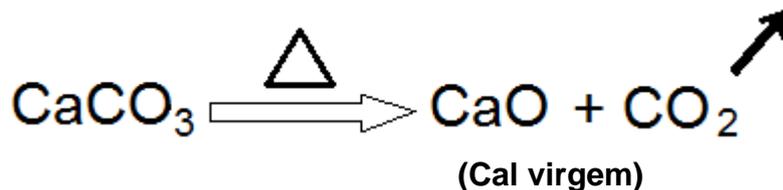
A dolomita e/ou aragonita ocupam o terceiro lugar como insumo básico na fabricação do vidro, depois da areia quartzosa e da barrilha (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Estes produtos podem ser usados como fonte de cal na composição soda-cal-sílica, dependendo do tipo de vidro a ser fabricado. Ademais, a escolha entre os dois produtos depende da disponibilidade, do preço, e do teor de magnésio projetado para o vidro. A cal atua como material fundente sobre a areia quartzosa, aumentando a insolubilidade e a resistência, além de reduzir a fragilidade do vidro. A composição da mistura ponderada das matérias primas para manufatura do vidro (conhecida simplesmente como "mistura") segue um controle especial em função da qualidade do produto final.

#### 2.4.6. Pedra ornamental

Rochas carbonáticas (calcários e dolomitos) e, sobretudo, mármore, podem ser utilizados como rochas ornamentais ou decorativas. Calcários e dolomitos são usualmente brancos a cinzentos, porém podem ser encontrados com tonalidades que variam de amareladas ao preto. Certas impurezas podem comprometer o aproveitamento do produto como rocha decorativa. As mais comuns, que provocam escurecimento da rocha, incluem carbonato de ferro (siderita), óxidos e sulfetos férricos, sílica, grafita, matéria orgânica, ou argilas. Texturas muito finas (ex. mármore do tipo Carrara), a facilidade de polimento, e a eventual presença de fósseis, fazem das rochas carbonáticas produtos decorativos muito atraentes.

#### 2.5. A CALCINAÇÃO

Por calcinação entende-se a transformação, por efeito do calor, do carbonato de cálcio em óxido (CaO), chamado de cal ordinária ou virgem, a partir de 850 °C (BOYTON, 1980), através da seguinte reação (KESLER, 1994):



A reação de calcinação inicia-se de fora para dentro do calcário e, de forma simultânea, ocorre a liberação do CO<sub>2</sub> na interface. O método de calcinação varia de acordo com a composição dos calcários e com a influência de outros fatores:

- (I) impurezas naturais presentes na rocha;
- (II) diferenças na cristalinidade e ligações entre os minerais;
- (III) variações na densidade e imperfeições na rede cristalina dos minerais;
- (IV) formas de difusão de gás para a superfície calcinada da rocha.

Esses fatores influenciam de forma significativa na velocidade de calcinação. A viabilidade técnica de um dado calcário como insumo à produção da cal consiste num estudo em escala de laboratório e/ou unidade piloto, com a finalidade de avaliar as variáveis operacionais do processo e obter os dados necessários ao escalonamento. Para se ter ideia, nas práticas industriais há uma relação média de consumo de 2 t de calcário para aproximadamente 1 t da cal produzida, considerando-se que a eficiência dos processos industriais, normalmente, não alcança 100%.

Segundo Marinho e Boschi (2000) e Freas (1994), há três diferenças básicas entre a calcita e a dolomita, de fundamental interesse para a calcinação:

- (I) na calcita há 56% de CaO e na dolomita 21,95% de MgO e 30,4% de CaO;
- (II) as temperaturas de decomposição, durante a calcinação, ocorrem em faixas diferentes de temperatura para a calcita e a dolomita;
- (III) a perda ao fogo para os dois minerais é 44% para a calcita e 48% para dolomita, que corresponde, basicamente, à liberação de CO<sub>2</sub>.

Estes fatores contribuem para o avanço técnico nas operações de calcinação, sinalizando os cuidados especiais com a formulação da carga e o aquecimento dos fornos. Desse modo, é possível produzir a cal com menos desperdício de energia, desde que sejam conduzidas operações com atenção especial à quantidade de CO<sub>2</sub> liberada durante a calcinação. Assim, o uso de calcários com granulometrias finas pode resultar na compactação da carga do forno. Isto torna lento ou interrompe o fluxo do CO<sub>2</sub> já liberado e pode provocar paradas operacionais indesejáveis. O aquecimento gradativo da carga e o uso adequado da granulometria do calcário são sugeridos, para evitar a compactação da carga (Boyton, 1980).

Desde a lavra do minério bruto até a produção de cales, ocorrem pelo menos duas formas de dispersão mecânica de finos:

- Subproduto da cominuição do minério dolomítico. Neste caso, trata-se de fração com granulometria não controlada, que pode inclusive atingir dimensões

coloidais, formadora de halos mais restritos de dispersão mecânica, a partir das unidades de britagem/moagem. Este material é essencialmente constituído de calcita e dolomita, e é comercializado como “calcário corretivo” para fins agrícolas.

- Emissão sólida de material muito fino (poeira) resultante da calcinação do minério para a produção de cales. Neste caso, a distribuição granulométrica deste produto também não é controlada, sendo presumivelmente constituída essencialmente por particulados micrométricos a coloidais. Sua dispersão se origina, sobretudo, do manuseio do produto industrial até o ensacamento. Sua composição é essencialmente formada por CaO (cal virgem), com uma quantidade de impurezas que são acessórios habituais deste produto (minerais micáceos e quartzo, que subsistem ao processo de calcinação). Os halos de dispersão mecânica, visualmente, ultrapassam algumas centenas de metros, mas o alcance real dos particulados mais finos não é conhecido. Também é desconhecido o efeito do *leaching* pluvial com relação à sua capacidade de transporte de particulados em suspensão ou de produtos dissolvidos, e suas respectivas rotas de difusão.

## 2.6. POEIRA CARBONÁTICA

A poluição do ar é um dos grandes problemas que acomete hoje a Humanidade, com repercussões significativas sobre o meio ambiente e a saúde de populações. Os poluentes nele encontrados estão, geralmente, sob a forma de materiais particulados <10 µm, que podem ser facilmente absorvidos pelo sistema respiratório do Homem. O material particulado em suspensão (MPS) é um termo utilizado para um grande número de produtos encontrados no ar, definidos como sendo qualquer substância, exceto água pura, que existe no estado sólido ou líquido na atmosfera (ALMEIDA, 1999). Suas principais fontes primárias advêm de processos industriais e da queima de combustíveis.

### **3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: SANTA MARIA DO CAMBUCÁ /PE**

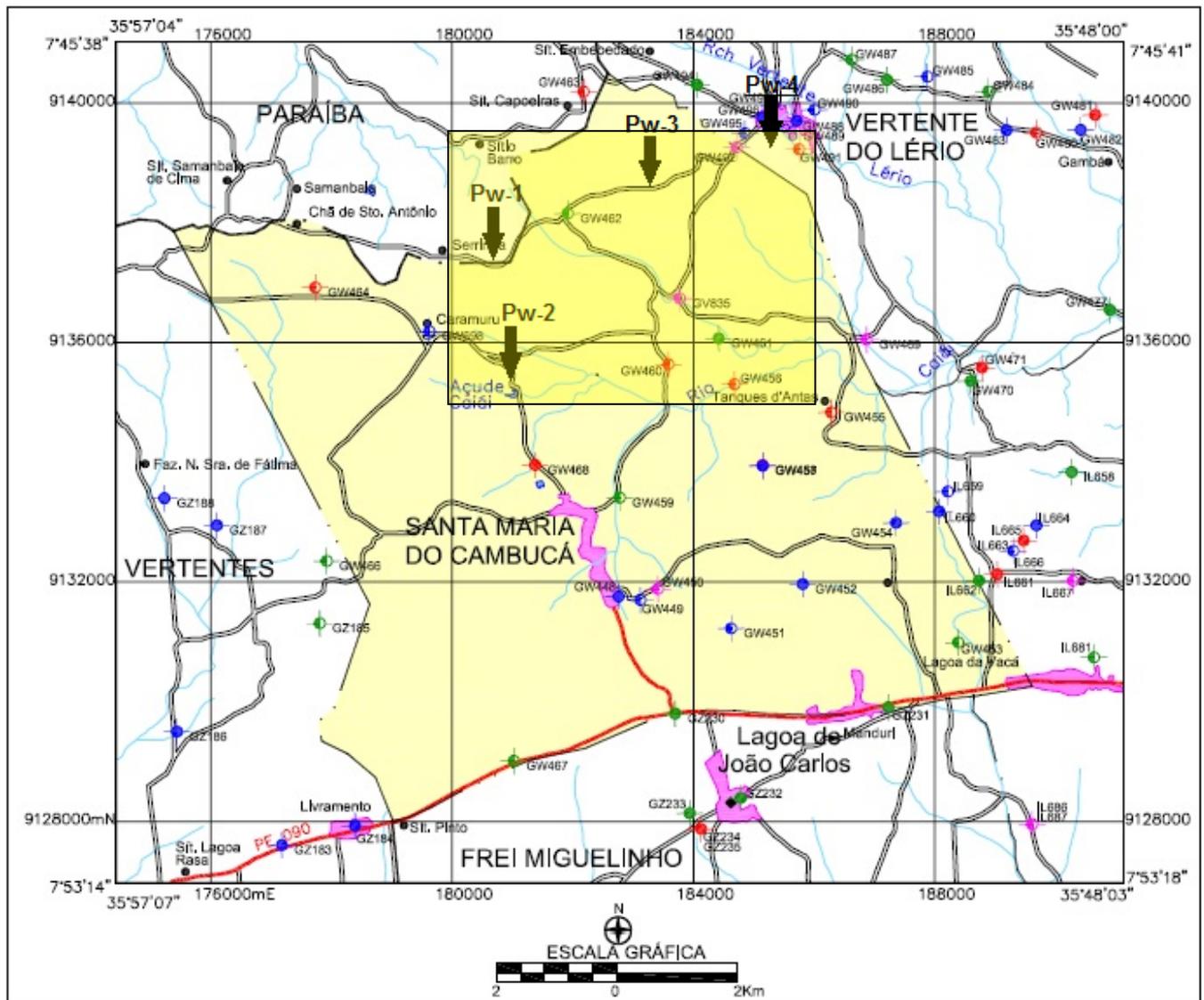
#### **3.1. LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO**

O município de Santa Maria do Cambucá está localizado no Agreste do estado de Pernambuco (Figura 1), limitando-se a norte com o estado da Paraíba, a sul com Frei Miguelinho, a leste com Vertente do Lério e Surubim e a oeste com Vertentes. A área municipal ocupa 94,06 km<sup>2</sup> e sua sede (coordenadas geográficas: 7°49'45" S e 35°52'50" W) situa-se na altitude média de 494 m. Seu acesso, a partir do Recife, é feito pelas rodovias BR-232, BR-408, e PE-90, até alcançar Surubim (124 km), tomando-se a partir deste ponto uma estrada asfaltada para norte, em percurso adicional de 19 km. Sua população era de 13.021 habitantes em 2010 (IBGE, 2010).

Este município se inscreve em uma região potencialmente rica, devido à existência de jazidas e minas de calcário no estado (ABRACAL, 2000). Todavia, o processo de calcinação e industrialização desta rocha-minério emite para a atmosfera uma quantidade significativa de material particulado (Figura 2).

Para efeito da dissertação foi selecionada uma área de aproximadamente 30 km<sup>2</sup> (Figura 1), dentro da qual ocorrem amplos afloramentos de calcários cristalinos, algumas barragens/açudes para abastecimento local, e focos industriais de produção de calcários corretivos e cal. Um determinado número de caieiras, e uma unidade de britagem/moagem de calcário corretivo operam, portanto, desde muito tempo na região, de forma ininterrupta. A calcinação é feita com queima de madeira que vem da região, já bem devastada em sua cobertura vegetal, e do vizinho estado da Paraíba.

Figura1. Mapa do município de Santa Maria do Cambucá, adaptado de mapa-base do Projeto Cadastro de fontes de abastecimento de água subterrânea deste município (CPRM,2005), com indicação da área de estudo e das estações de amostragem



LEGENDA

- | POÇO TUBULAR PÚBLICO | POÇO TUBULAR PRIVADO |
|----------------------|----------------------|
| ◆ Em Operação        | ◆ Em Operação        |
| ◆ Paralizado         | ◆ Paralizado         |
| ◆ Não Instalado      | ◆ Não Instalado      |
| ◆ Abandonado         | ◆ Abandonado         |
| ● Poço Escavado      | ♂ Fonte Natural      |

♂<sup>011</sup> N° de ordem correspondente ao Identificador do ponto no banco de dados  
Ex: C751

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- |         |                         |   |                               |
|---------|-------------------------|---|-------------------------------|
| —       | Limite estadual         | ◆ | Distrito                      |
| - · - · | Limite municipal        | ● | Localidade                    |
| —       | Estrada pavimentada     | — | Curso d' água permanente      |
| —       | Estrada não pavimentada | — | Curso d' água Intermitente    |
| —       | Sede do Município       | — | Açude, barragem, lago e lagoa |
| ■       | Área de estudo          | ↓ | Estação de amostragem         |

Figura 2. Aspectos da dispersão mecânica de pó de cal nas circunvizinhanças de unidade de produção de cal de Serrinha, município de Santa Maria do Cambucá, PE.



Foto: Wando Duarte 16-12-2010

## 3.2. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

### 3.2.1. Meio Abiótico

De acordo com Fornasari Filho *et al.* (1992; apud SILVA *et al.*, 1995), meio físico é *"o conjunto do ambiente definido pela interação de componentes predominantemente abióticos, quais sejam, materiais terrestres (solos, rochas, água e ar) e tipos naturais de energia (gravitacional, solar, energia interna da Terra e outros), incluindo suas modificações decorrentes da ação biológica e humana"*. Entre eles, temos:

(I) Clima: O clima regional é do tipo BShs' (classificação Köppen), semiárido, quente, com chuvas no outono e inverno. O período normal de chuva inicia-se em fevereiro/março e pode se estender até agosto. A precipitação média anual (período 1962-1985) é de 648,7 mm, com máximo de 912,8 mm e mínimo de 384,7 mm (CONDEPE/IPA/SUDENE, 1987), com temperatura média anual de 25 °C.

(II) Relevo: A região encontra-se inserida na Província da Borborema, em altitudes variando de 650 a 1.000 m, ou seja, superfícies onduladas com relevos residuais altos.

(III) Geologia: Geologicamente, a unidade que inclui litotipos do Complexo Salgadinho (representado por ortognaisses tonalíticos a graníticos) e do Complexo Surubim-Caroalina, representado por xistos, gnaisses, quartzitos e calcários cristalinos (BELTRÃO *et al.*, 2005). As matérias-primas de produção da cal e de calcários corretivos estão justamente incluídas em terrenos do Complexo Surubim-Caroalina, de idade proterozóica. Mapeamento de detalhe das litologias carbonáticas (escala aproximada 1:10.000; Holanda, 1987), tendo sido utilizado como base geológica de campo (Figura 3).

(IV) Hidrografia: Segundo Viessman *et al.* (1975), bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água tal que toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída. O município de Santa Maria do Cambucá encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Capibaribe. Seus principais tributários são os riachos: Caiaí, da Macaca, dos Porcos e do Tanque. Com regime de escoamento intermitente e padrão dendrítico, estão todos inseridos em domínios hidrogeológicos fissurais. Estes domínios englobam rochas metamórficas do Complexo Surubim-Caroalina e do Complexo Salgadinho. Não existem açudes com capacidade de acumulação igual ou superior a 100.000 m<sup>3</sup>.

### **3.2.2. Meio Biótico**

(I) Vegetação: O município, assim como a maior parte da região no seu entorno, apresenta vegetação de caatinga hipoxerófila (EMBRAPA, 2000).

(II) Fauna: A fauna é típica de uma região semiárida, com várias espécies de lagartos, serpentes, e anura (sapos e rãs), além de aves migratórias.

Figura 3. Mapa litológico-base (adaptado de Holanda, 1987)



### 3.2.3. Meio Socioeconômico

O meio socioeconômico constitui um dos principais fatores do meio antrópico e está associado a aspectos sociais e econômicos tais como renda, uso e ocupação do solo, educação, hábitos, entre outros.

(I) Economia: O município tem como sua maior riqueza a exploração de calcários, para fabricação de corretivo de solo e ingrediente de ração animal, e a cal para indústrias e construção civil.

(II) População: De acordo com o IBGE (2010) a população era integrada por 6.474 homens, 6.547 mulheres, sendo a população urbana de 3.275 habitantes, e a rural de 9.746 habitantes, perfazendo uma população municipal de 13.021 habitantes.

### 3.2.4. Índice de Desenvolvimento Humano – IDH

O IDH é um indicador socioeconômico bastante utilizado em todo o mundo, variando desde o valor mínimo de zero e o máximo de um. Para fins de análises comparativas, comumente são incorporados os valores em níveis (Tabela 1).

Tabela.1. Níveis de IDH e respectivos valores (CONDEPE/FIDEM, 2003).

Nível de IDH	Valor
Baixo	0 - 0,49
Médio	0,5 - 0,79
Alto	0,8 - 1

De acordo com dados da Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM, 2003), a Região de Santa Maria do Cambucá apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano de 0.566; o que lhe confere um nível médio de desenvolvimento. Este índice é considerado um dos mais baixos comparados a outros municípios no Estado de Pernambuco. Dentre os municípios que compõem o Estado, Manari apresenta o menor índice de IDH, semelhante ao de países como o Gabão (IDH = 0,467). O maior IDH da RMR é da cidade do Paulista, com 0,799; seguida pela capital Recife com 0,797.

## 4. AMOSTRAGEM E MÉTODOS

### 4.1. ÁGUAS DE SUPERFÍCIE

A amostragem dos corpos hídricos foi constituída de águas superficiais (profundidade média de 25 cm) de corpos d'água de diferentes dimensões, existentes na área de pesquisa, e também em condições extra-área de pesquisa, para permitir o estabelecimento de padrão regional comparativo. Foram escolhidos 4 corpos hídricos, alguns deles à margem dos halos de dispersão das contaminações (*background* regional).

A amostragem foi realizada em período chuvoso, seguindo-se procedimentos recomendados pelo A.P.H.A. (2001), para o envasamento. Nesta rotina, cada amostra foi acondicionada em recipientes de poliestireno, previamente lavados internamente com solução de HNO<sub>3</sub> 2%, procedendo-se a relavagem interna *in situ* com água natural da estação de amostragem. Em cada caso, foi realizada filtragem com kit específico, dotado de filtro 0,45 µm, seguindo-se um resfriamento e estocagem a 4 °C, até os procedimentos analíticos no laboratório LAMSA/UFPE.

Cada estação de amostragem foi georeferenciada com o auxílio de um GPS marca Garmin (Anexo 1), modelo III Plus, realizando-se ainda uma amostra de sedimento de fundo. Assim sendo, cada ponto de amostragem incluiu:

- Uma amostra com 50 ml de água;
- Uma amostra com 200 ml de água;
- Uma amostra com 200gr de sedimento de fundo, acondicionada em saco de poliestireno.

Em cada estação foram analisados, *in situ*, os seguintes parâmetros: pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura e condutividade, com auxílio de um equipamento OAKTON, modelo WP 600, dotado de sensores ou extensões específicas para cada um desses parâmetros.

Análises químicas de cloretos, bicarbonatos totais, e sulfatos, foram realizadas no Laboratório LAMSA/UFPE, conforme rotinas preconizadas pelo APHA (2001).

#### 4.2. ROCHAS

Análises químicas de reconhecimento foram realizadas em amostras de calcário calcítico e sobre amostra de calcário dolomítico, nos setores de lavra de Serrinha. A amostragem inicial constou de aproximadamente 1 kg de calcário, que foi cominuído por britagem fina (elementos 100% acima de 2 mm), para homogeneização em quarteador Jones, em 3 passagens, coletando-se uma porção de aproximadamente 50gr para moagem em cadinho de ágata (abaixo de 100 mesh). Em novo quarteamento, foram separadas duas porções finais de 10 g, uma para análises e outra para contra-amostra. As análises químicas foram produzidas no Actlab's, Ontario – Canadá, apenas para resultados dos óxidos fundamentais. Lâminas petrográficas foram produzidas além de análises DRX em método do pó com distribuição randômica, para permitir a identificação de composição mineral das matérias-primas. Os difratogramas foram produzidos no Departamento de Física da UFPE, com equipamento Siemens, emissão  $KCu\alpha$ , varredura de 2 a 45 $\theta$  a 1 $\theta$ /min.

### 4.3. SOLOS

Quatro pontos de amostragem de solos (Figura 15), georreferenciados, deram lugar a uma amostragem na profundidade de 0,20m (parte superior do horizonte B), acondicionada em sacos plásticos. Sobre este material foram produzidas as determinações de: fósforo (P), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), alumínio (Al<sup>3+</sup>), acidez ativa (pH em água), soma de bases (SB), conforme metodologia proposta pela Embrapa (1997). As análises foram realizadas no Laboratório de Química de Solos da UFRPE.

Figura 15. Estações de amostragem de solo nas proximidades das calcinadoras, em Serrinha, Município de Santa Maria do Cambucá, PE.



## 5. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados referentes às águas de superfície de corpos d'água represados se referem a situações diferenciadas (Tabela 2), usando critérios diferentes na escolha dos locais de amostragem, estes expressamente escolhidos para demarcação dos contrastes entre valores que seriam de *background* regional em relação a valores anômalos, antropicamente influenciados pela área de produção industrial e da dispersão de poeira carbonática. Estas mesmas locações foram objeto de reamostragem para investigação da influência sazonal em relação à qualidade hídrica destas águas superficiais (Tabela 3).

Tabela 2. Características dos corpos represados amostrados na área de pesquisa

Amostra	Corpo d'água (designação)	Substrato	Características	Obs.
Pw-1	Pequeno represamento	Biotita - Xisto	volume muito pequeno	Vicinal a Serrinha
Pw-2	Barragem Caiá	Biotita – Xisto	Volume expressivo	Corpo d'água comparativo
Pw-3	Cava mineira, inundada	Calcário cristalino	volume muito pequeno	Seco em estiagem
Pw-4	Pequeno açude	Calcário cristalino	Volume pequeno	Vicinal a Vertente do Lério

Os resultados analíticos das águas represadas mostram que corpos hídricos situados nas proximidades de focos industriais produtores de cal (Pw-1 e Pw-4) são claramente influenciados por influxos de produtos solubilizados desta matéria-prima, de tal forma que o pH costuma ser alcalino durante a maior parte do ano, enquanto aqueles distanciados destes focos se mantêm no domínio levemente ácido. A influência de substrato lítico carbonático não exerce influência sobre o pH, aparentemente só sendo efetivo quando o volume d'água represado torna-se muito reduzido, durante a estiagem.

Tabela 3. Sumário dos resultados analíticos de águas superficiais represadas na região de Santa Maria do Cambucá, Pernambuco.

Amostragem	UTM		Período do ano	Temp. °C	pH	Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	TDS (ppm)	NaCl ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	O.D. ( $\text{ml}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Sulfatos ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Alcalinidade $\text{CaCO}_3$ em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$
	Latitude	Longitude									
Pw-1 (Figuras 4 e 5)	9137686	179864	Chuvoso	28,8	8,16	172,1	108,6	93	1,36	72,9	60,2
			Estiagem	27,4	7,80	330,1	185,5	163,2	7,72	22,1	96,7
Pw-2 (Figuras 6 e 7)	9135040	181127	Chuvoso	27,0	6,47	722,0	441	383,1	1,74	38,8	65,2
			Estiagem	26,9	6,66	889,2	496,6	444,7	8,05	30,9	76,6
Pw-3 (Figuras 8 e 9)	9138662	182695	Chuvoso	27,5	6,72	259,0	159	136,6	1,72	72,9	75,2
			Estiagem	Encontrava-se seco							
Pw-4 (Figuras 10 e 11)	9139536	184976	Chuvoso	26,7	6,55	191,4	111,6	103,3	0,94	46,8	80,2
			Estiagem	29,8	9,13	1976,0	1207	1031	13,92	143,6	79,9

Obs. Análises *in situ* utilizando-se equipamento OAKTON, modelo WP 600: Temperatura, pH, condutividade, OD, TDS. Análises realizadas no LAMSA/UFPE, conforme metodologias proposta pelo APHA (2001): Sulfatos, alcalinidade em  $\text{CaCO}_3$  e cloretos. (Anexos 3 e 4).

As temperaturas mantiveram na média em todos os pontos de amostragem, com uma variação no ponto Pw-4 no período de estiagem devido ao horário em que foi medida, pois a temperatura pode variar pelo menos 3 graus Celsius durante o dia. Os teores em sulfatos se mantêm abaixo de 100 mg.L<sup>-1</sup>, que podem ser considerados normais, com exceção do pequeno açude nas proximidades de Vertente do Lério (amostragem Pw-4), em regime de estiagem, cujo valor está possivelmente influenciado pelo processo de calcinação para a produção da cal, existente na zona urbana. Em contraposição, os valores em cloretos, de uma forma geral, podem ser considerados elevados (> 100 mg.L<sup>-1</sup>), não sendo possível atribuir tais anomalias à influência da natureza do substrato lítico, uma vez que águas represadas em embasamento cristalino, cujas rochas são principalmente constituídas por minerais félsicos silicáticos, apresentam habitualmente teores em torno de 10 mg.L<sup>-1</sup> (CHESTER, 2000). Valores elevados combinados de sulfatos e cloretos, observados no pequeno açude vicinal de Vertente do Lério, parecem confirmar interpretações que relacionam esta afinidade hidrogeoquímica a efluentes urbanos, resultantes da associação de influxos contendo produtos organoclorados em solução, assim como de condensação de vapores da queima de combustíveis, carregados por águas de escoamento superficial até os sistemas de drenagem.

Os resultados em OD mostraram, para todos os corpos d'água, valores elevados (>7 mg.L<sup>-1</sup>) durante a estação seca, e sensivelmente baixos (< 2 mg.L<sup>-1</sup>) na estação de chuvas. Como pelo menos Pw-1 e Pw-4 estavam com águas em nível muito baixo, exibindo uma tonalidade esverdeada, acredita-se que estes valores estavam influenciados por forte disseminação de microalgas, produzindo um efeito de forte elevação no nível de fotossíntese.

Figura 4. Mini-represamento próximo das calcinadoras de Serrinha (amostragem Pw-1). Período de estiagem.



Figura 5. Imagem Google Earth (julho/2007), incluindo a localidade Serrinha, a estação de amostragem Pw-1, a área de mineração e produção de cal/corretivos (linha amarela contínua), e o halo de dispersão de poeira carbonática (linha amarela descontinua).

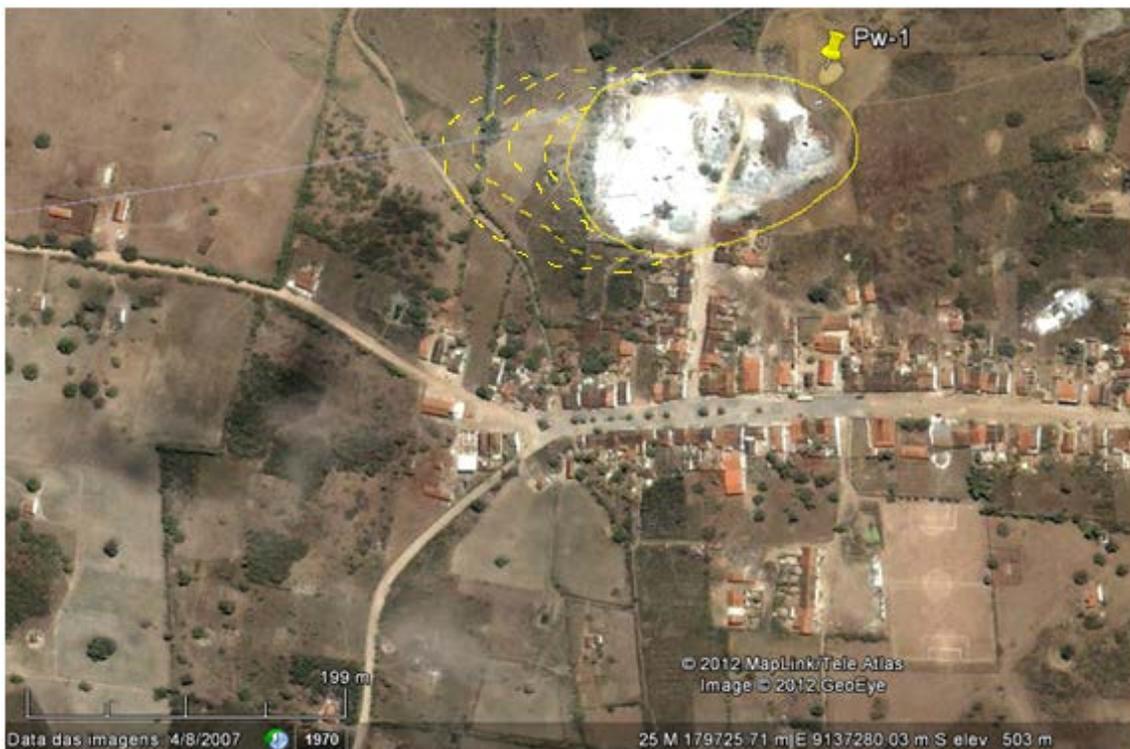


Figura 6. Barragem Caiai: área sem incidência de poeiras carbonáticas (amostragem Pw- 2). Período chuvoso.



Figura 7. Imagem Google Earth (julho de 2007) incluindo a barragem Caiai e a estação de amostragem Pw-2.

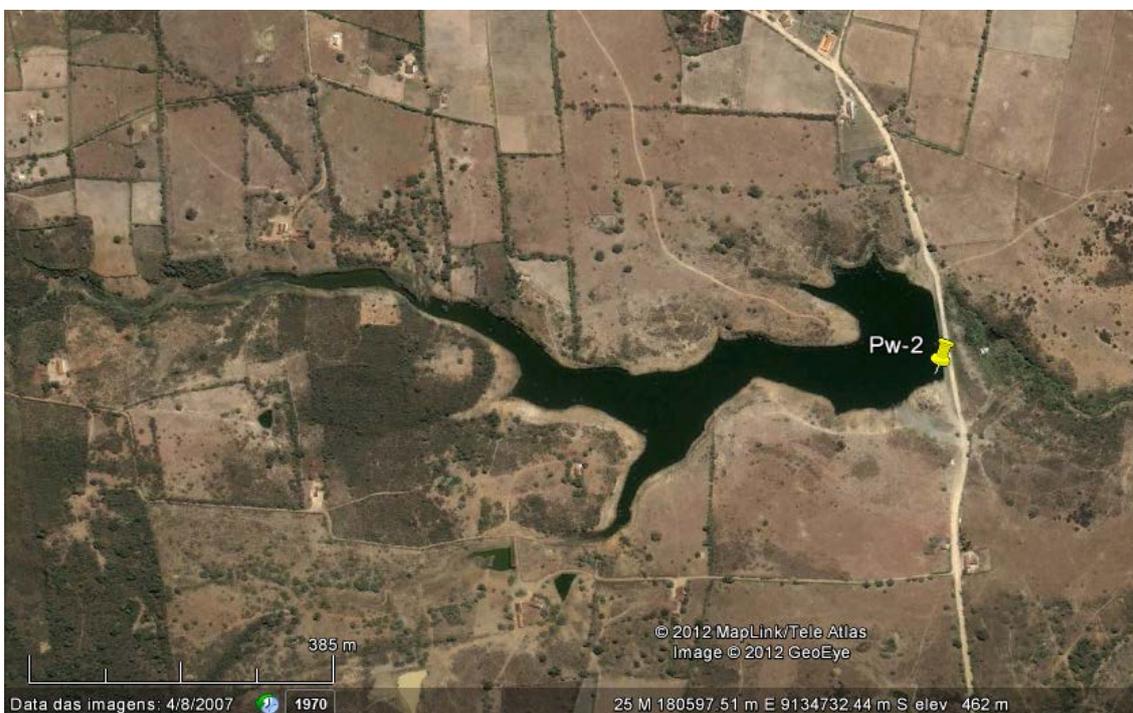


Figura 8. Água represada em cava da mineração, no inverno. Estação de amostragem Pw3.



Figura 9. Imagem Google Earth (julho/2007) mostrando várias cavas de mineração de calcários cristalinos, e a estação de amostragem Pw-3.



Figura 10. Açude próximo à cidade de Vertente do Lério, em estação de chuvas, vicinal a áreas de produção de cal. Estação de amostragem Pw-4.



Figura 11. Imagem Google Earth (julho/2007), mostrando Vertente do Lério e a localização da estação de amostragem Pw-4.



Os calcários cristalinos locais apresentam litologias diferenciadas, em termos dos tipos calcíticos e dolomíticos. Estes ditos “mármore” possuem efetivamente textura média a grosseira (HOLANDA, 1987), de modo que não são de boa indicação para produção de placas lustradas, mesmo em escala de bloquetes. Como uma presença frequente de fraturamentos, esta alternativa exigiria uma produção seletiva, de baixa produtividade e de baixa manutenção do padrão estético. Além disto, como é reconhecido experimentalmente em marmorarias, mármore de textura média-grosseira exigem polimento prolongado e ainda assim insatisfatória refletância.

A lavra local não exerce controle de qualidade dos produtos que são transformados em cal hidratada ou em corretivo agrícola. Aparentemente, o critério seletivo pelo “odor produzido por martelada” tem funcionado, permitindo separar empiricamente calcários calcíticos dos dolomíticos. Dados analíticos foram produzidos sobre algumas amostras coletadas nesta pesquisa nos locais de lavra, que ofereceram resultados (Tabela 4) que efetivamente correspondem *grosso modo* aos critérios empíricos de seleção. A amostragem média produzida por Holanda (1987) explicita a mistura de lentes entrelaçadas entre calcários cristalinos calcíticos e dolomíticos, cuja geometria e mapeamento de detalhe permanecem desconhecidos.

Tabela 4. Análises químicas de calcários cristalinos da região de Sta. Maria do Cambucá, Pernambuco. Valores analíticos em %.

<b>Fonte</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>P.F.</b>	<b>No. amostras</b>	<b>Obs.</b>
Holanda (1987)	---	---	---	7,44	42,43	41,17	36	média
WD-1	7.62	0,55	0.41	1.79	49.04	40.18	1	(*)
WD-2	6.60	0.33	0.27	1.20	51.03	40.57	1	(*)
WD-3	13.21	0.59	0.78	14.93	29.84	39.81	1	(*)

(\*) = Este trabalho (análises Actlab's, Ontario-Canadá)

Os resultados, embora sobre amostras pontuais mostram que os calcários calcíticos possuem valores relevantes em SiO<sub>2</sub>, em razão da participação não negligenciável de silicatos (essencialmente quartzo, e

acessoriamente muscovita), em torno de 7%. Efetivamente, cálculos estequiométricos baseados em composições minerais ideais, a partir dos resultados das análises químicas, confirmaram que a fração carbonática das amostras é de aproximadamente 92% (Tabela 5), mas parte dela é dolomítica (em torno de 6%). Incluída a participação de silicatos e dos minerais acessórios, a qualidade da matéria-prima é em parte prejudicada, resultando em produto primário com menos de 52% em CaO, com certa influência magnesiana e impurezas silicáticas relativamente importantes, considerando-se as aplicações mais nobres previsíveis para este tipo de matéria-prima. Não é por menos que a região vem perdendo mercado para Mossoró-RN, que mesmo estando distante de 600 km, possuem calcários (sedimentares) com menos sílica e magnésio que os calcários cristalinos locais.

Tabela 5. Composição rocha-total aproximada de calcários cristalinos da região de Santa Maria do Cambucá, localidade de Serrinha. Valores em %.

<b>Amostra</b>	<b>Quartzo</b>	<b>Calcita</b>	<b>Dolomita</b>	<b>Acessórios</b>	<b>Σ</b>
WD-1	7.5	84.9	6.5	0.9	99.8
WD-2	6.5	87.5	5.5	0.7	100.2
WD-3	14.0	16.2	68.3	1.4	99.9

Os calcários corretivos, pelo menos, estariam em concordância com os padrões exigidos pelo Ministério da Agricultura (mínimo de 12% MgO), embora apresentem participações fortes em silicatos na composição rocha total.

Análises químicas dos solos amostrados (Tabela 6) colocaram em evidência que as condições de pH de todos os solos se encontram dentro de uma faixa considerada ideal, ou seja: pH = 6 a 7, sem indicações de presença de alumínio livre. Chama a atenção que solos de rochas carbonáticas não possuem pH alcalino. A faixa de pH entre 6 e 7 corresponde ao “ótimo” produtivo para a maioria dos cultivos praticados em agricultura (MALAVOLTA, 2005). Faz exceção a amostragem D, situada em domínio coberto pela pluma de dispersão mecânica da produção da cal de Serrinha (Figura 15), cujo pH é francamente alcalino, comprometendo a disponibilidade de fósforo assimilável para as plantas. Neste caso, na área estudada, a litologia é de gnaisses a biotita.

Tabela 6. Resultados das análises de solos (parte superior do horizonte B), na área produtora de Serrinha, Mun. Sta. Maria do Cambucá, Pernambuco.

Solos	UTM	pH	P	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup> + Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>
Pontos (Figura 15)	Latitude - Longitude	(água -1:2,5)	(mg/dm <sup>3</sup> )	----- (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) -----				
A	9137536 - 0179784	6,36	27	0,17	0,43	4,57	2,75	0
B	9137580 - 0179333	6,53	26	0,14	0,90	3,00	1,65	0
C	9137344 - 0179642	6,80	31	0,04	0,10	2,00	1,10	0
D	9137674 - 0179518	8,10	13	0,12	0,41	4,25	2,65	0

(I) Laboratório de Química do Solo da UFRPE.

A alcalinidade costuma ser observada em solos de climas com baixa pluviosidade, permitindo acumular sais de cálcio, magnésio, potássio e carbonato de sódio, saturando o complexo coloidal (KIEHL, 1993). Solos alcalinos são, naturalmente, característicos da maioria das regiões áridas e semi-áridas. Nestes solos, o Ca se combina com fosfato e precipita, como apatitas. Para que isto não ocorra, o pH deve ficar na faixa de 5.5 a 6.5, evitando a precipitação de fosfatos e, desta forma, complexando o fósforo (MALAVOLTA, 2006), geralmente por adsorção a argilominerais, complexação mais facilmente quebrada pelos ácidos húmicos nos solos.

Sendo o pH alcalino, a maior parte das cargas negativas dependentes do pH estão saturadas por bases, as quais desalojam o hidrogênio, que passará para a solução do solo (KIEHL, 1993). A reação do solo é importante fator para a produção agrícola, influenciando na disponibilidade de nutrientes às raízes das plantas, propiciando condições favoráveis ou de toxidez. Seu comportamento pode favorecer o desenvolvimento de micro organismos cujos metabolismos contribuem para melhorar as condições do solo, ou podem propiciar o desenvolvimento de micro-organismos causadores de doenças para as plantas (KIEHL, *op. cit.*).

## 6. DISCUSSÃO

A produção de calcário (geral) do município de Santa Maria é de 1000 t/dia, ou seja, 50 caminhões/dia. O município possui aproximadamente 13.021 habitantes (IBGE, 2010), dos quais 2.000 trabalham com calcário; são 9 fábricas (beneficiamento) e 83 pedreiras, mas não existe nenhuma associação ou sindicato. A indústria Terra Fértil é a mais antiga da região. Em Serrinha, encontra-se a indústria do Sr. Manoel de Afonso, que opera com processos rudimentares para a produção da cal hidratada. Os fornos operam ininterruptamente durante sete dias por fornada, empregando-se em média um total de 2100 m<sup>3</sup> de madeira/fornada atingindo-se, desta forma, uma produção mensal em 1500t.

A produção de calcários corretivos e da cal já existe no município de Santa Maria do Cambucá-PE há várias décadas, Dantas (1980), Holanda (1987), dentre outros, mencionam a região como produtora da cal desde “muito tempo”, porém com processos industriais sempre artesanais. De fato, este *status quo* ainda persiste, produzindo-se com caieiras de concepção tão antiga como aquelas utilizadas nos tempos de Brasil colônia (Figuras 12 e 13). Efetivamente, um determinado número destas caieiras, e uma unidade de britagem/moagem de calcário corretivo operam, desde muito tempo na área de pesquisa, de forma ininterrupta. A calcinação é feita com queima de madeira que vem da região, já bem devastada em sua cobertura vegetal, e do vizinho estado da Paraíba.

Figura 12. Caieira em operação, na região de Santa Maria do Cambucá, PE.



Figura 13. Caieira da região de Santa Maria do Cambucá - PE, vendo-se a boca de alimentação de material para calcinação (lenha).



Em precedente estudo de monitoramento do ar na região de Vertente do Lério e região (CUNHA, 2005) utilizou líquens (*Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr.) como biomonitoradores, em relação ao material particulado originado das atividades de extração e beneficiamento de calcários. Foram transplantadas amostras de Saloá - PE, onde o índice de poluição é quase nulo, para a área de estudo, onde ficaram expostas de maio a dezembro de 2006, com avaliações mensais. Análises por Cromatografia de Camada Delgada (CCD) e Líquida de Alta Eficiência (CLAE) evidenciaram variações metabólicas nos líquens, alterando a produção de sua substância principal, o ácido fumarprotocetrárico, além do acúmulo de produtos intermediários da sua biossíntese. Os efeitos foram mais evidentes nas amostras colocadas na vicinidade dos centros de emissão, e/ou naquelas situadas no eixo da direção predominante dos ventos. Neste mesmo estudo, foi realizado um levantamento junto à Secretaria Municipal de Saúde, referente à saúde respiratória da população de Vertente do Lério, mas não foram evidenciados registros significativos de seus rejeitos e incidência de doenças do aparelho respiratório, apesar das evidentes indicações de poluição demonstradas pelo biomonitoramento.

De uma forma geral, em todo Nordeste do Brasil, e muito provavelmente em quase todo território nacional, preocupações em relação às contaminações provocadas por atividades mineiras e seus rejeitos, incluindo-se a transformação de produtos primários minerais, interessando a saúde pública, têm passado muito ao largo dos conhecimentos e das advertências que são emitidas pelas organizações de saúde, em particular a Organização Mundial de Saúde (WHO). Neste contexto se incluem tipos diversificados de poeiras.

Estudos reportados pela ACGIH (2010) colocaram em evidência que 77% de particulados <10 µm em suspensão na atmosfera são inaláveis se inspirados pelo sistema respiratório humano, em um ambiente controlado. Destes, 1% provavelmente alcançarão o sistema alveolar dos pulmões. Cálculos a partir de dados de Fabriès (1993) permitem indicar que uma aspiração nasal por 8 horas/dia, em sistemas fechados, resultaria em cerca de 15 mg de material sólido acumulado no trato respiratório superior, ao termo de um ano. Desta forma, apenas 0,15 mg teriam sido alojados em alvéolos pulmonares, o que parece pouco porém, em sendo cumulativo, e

na persistência com o *status quo*, não seria negligenciável ao cabo de 30 a 40 anos. Nestas proporções, problemas patogênicos já estariam se manifestando, ainda que geralmente isto possa se confundir com quadros clínicos de outras origens, gerando pneucomonioses de difícil diagnósticos. De toda forma, o comprometimento de alvéolos pulmonares é de difícil reversibilidade, exige tratamento clínico prolongado, e supressão da presença do paciente do ambiente contaminante.

Fabriès (1993) e Vincent (1995) chamam atenção quando estes particulados são reativos, gerando adicionalmente dermatites alérgicas e irritações no globo ocular dos contaminados. Nisto se incluem alguns produtos derivados de matérias-primas minerais industrialmente transformadas como, por exemplo: clínquer de cimento e cal virgem, a partir de rochas carbonáticas. Estes produtos são reativos com a água, bastando apenas a umidade do ar para desencadear uma reação exotérmica transformando, no caso específico, cal virgem em cal hidratada.

As evidências de forte dispersão mecânica de poeira da produção de cal (e da produção de calcários corretivos) é francamente demonstrada por imagens-satélite, na área de pesquisa, próximo à localidade de Serrinha (na fábrica Manoel de Afonso primeiro ponto de amostragem, Figura 5). A área de produção industrial está francamente recoberta, superficialmente, pela poeira da produção da cal. Como o sentido predominante dos ventos, na região, é E-O, o halo visível de dispersão mecânica desta poeira se estende por pelo menos 200 metros. A verificação desta evidência é francamente perceptível pela impregnação da vegetação local ao longo do halo de dispersão mecânica (Figura 14).

Figura 14. Vegetação impregnada com o pó da cal, nas proximidades da área de produção de Serrinha, Mun. Santa Maria do Cambucá.



A produção de subprodutos a partir de calcários cristalinos, no Município de Santa Maria do Cambucá, é de 1000 t/dia envolvendo 83 pedreiras, 9 indústrias de beneficiamento, e cerca de 2.000 pessoas diretamente, porém em grande parte não formalmente empregadas. O município possui aproximadamente 13.021 habitantes (IBGE, 2010), o que significava, em termos aproximados, que cerca de 30% de sua força de trabalho estava diretamente envolvida na lavra e beneficiamento destes produtos. Apesar destes números, não existe nenhuma associação, ou sindicato, que congregue estes trabalhadores, nem mesmo uma organização em cooperativa, que reúna investidores e/ou interessados.

A técnica de calcinação utilizada na região é muito antiga, colonial. Principia pela montagem de uma abóboda em blocos de mármore, contornando o interior do forno e, à medida que a altura vai aumentando, são colocados estes elementos mais próximos ao centro (Figura 13), configurando-se algo semelhante a um iglu. As medidas habituais desta unidade são: diâmetro inferior 6 m, diâmetro superior 4m, altura 7-8 m. São necessários 3 dias para montar uma abóboda. Depois desse período enche-se e se tampa o forno a lenha, deixando-se “cozinhar” a matéria-prima.

Utilizam-se 380 m<sup>3</sup> de lenha para produzir aproximadamente 80 t de cal, ou seja, para calcinar cerca de 120 t de calcário. A lenha deve ser colocada ao poucos, pois o forno não suporta a mudanças bruscas de temperatura. O nível ideal para calcinação é de 800°C. São necessários 7 dias (e noites) para completar o processo de transformação. Terminada a operação, verifica-se o material que não tenha queimado no centro da pilha, que é colocado nas laterais, na fornada seguinte (não são colocadas na base porque sofreriam fácil crepitação). Se ocorrer vitrificação da calcita, tornar-se-ão mais difíceis os trabalhos de limpeza do forno e a retirada do material calcinado.

A seleção da matéria-prima para calcinação, seja aquela para fins agrícolas ou aquela para produzir cal, é feita segundo o odor produzido por impacto de martelada na rocha. Este procedimento produz odores distintos para cada uma das duas principais destinações previstas para os mármore o que, apesar do critério muito empírico, tem se mostrado eficiente como critério seletivo.

Tecnicamente, para produção de cal calcítico o teor em MgO da matéria-prima não deve ultrapassar 5% (MAPA, 2007). Para fins de refino de açúcar, deve ser calcinada exclusivamente com lenha, sendo comercializada a R\$ 200,00/ton no pátio do produtor. Para utilização em siderurgia, pode admitir borracha (pneus usados) na calcinação. Alguns produtores comercializam calcários calcíticos cominuídos (rejeito de finos) para ração avícola. Para utilização como corretivo agrícola, a rocha deve conter no mínimo 12% em MgO (MAPA, 2007), ou seja, aproximadamente 55% de dolomita na sua composição total. Este produto é comercializado na região de Santa Maria do Cambucá, por R\$ 200,00/ton. no pátio de produção.

Na maior parte dos casos, o beneficiamento do minério bruto utiliza matéria-prima transportada a partir de pedreiras distantes de 4 a 5 km. Pelo sistema operacional vigente, para se conseguir uma tonelada da cal são utilizadas duas toneladas de mármore. Para uma produção mensal de 1500 ton. da cal, o custo mensal de lenha é de aproximadamente R\$ 80 000,00 (oitenta mil reais). Em alguns casos, o rejeito do forno (cinzas) é levado para servir como fertilizante em plantações de banana.

O trabalho propicia uma diária de R\$ 50,00, e não é fácil de conseguir mão de obra, em razão de concorrência com o polo têxtil de Toritama e de bolsas do governo.

A produção mineira é semi-artesanal. Não há planos de lavra. A presença de “*blaster*” verifica-se apenas em empresas mais organizadas, compressores, retroescavadeiras, explosivos comerciais, etc. Marroeiros independentes ganham R\$ 15,00/carrada, ganhando valores irrisórios individualmente, se considerarmos que cada grupo destes produz de 4 a 5 carradas/dia. Durante a estação das chuvas, as atividades mineiras são paralisadas. As matérias-primas podem provir de diferentes fornecedores e suas qualificações não são controladas. Os produtores não costumam fazer análises químicas das matérias-primas. Os dados analíticos produzidos e conhecidos provêm de várias fontes (rever Tabela 4):

No contexto da produção da cal e de calcários corretivos da região, ficaram bem definidos os seguintes problemas, de acordo com as pesquisas de campo, análise de solo, rocha, água de superfície e estudos geológicos da região:

1. Os jazimentos de calcário cristalino (mármore) são extensos, porém não estão mapeados em detalhe, sobretudo no que concernem lentes dos tipos calcítico e dolomítico. As reservas globais e, sobretudo as específicas, não possuem a categoria de “reservas medidas”. As relações geométricas entre lentes de diferentes naturezas não são conhecidas, e tampouco suas qualificações químicas e mineralógicas. Assim sendo, o estado de conhecimento das contaminações contidas nestas matérias-primas é precário, se considerarmos as múltiplas aplicações industriais que estas rochas podem propiciar.

2. Em consequência do item anterior, não há planos de lavra, e sim “nichos” de matéria-prima, empiricamente controlados e explorados segundo demandas do mercado consumidor. Pode-se aduzir que tais reservas estejam sendo, pelo menos circunstancialmente, operacionalizadas em condições de lavra predatória.

3. Na maior parte dos casos, o sistema de calcinação a lenha, primitivo por sua natureza, de baixa relação custos e benefícios, é um vetor fortemente agressor para a preservação do bioma “caatinga”. Necessário que se projete um programa de

modificação dos processos, possivelmente através da organização em cooperativas e com incentivos fiscais, além de facilidades de empréstimos de longo prazo, para substituição das unidades atuais por fornos industriais a BPF.

4. Nos sistemas operacionais de lavra e beneficiamento, pouca a nenhuma proteção individual é praticada pelo operário. Similar vulnerabilidade ocorre com os processos de contaminação ambiental atmosférica, que é comprovadamente nefasta para a fertilidade dos solos cobertos pela dispersão mecânica da poeira da cal. Esta, adicionalmente, é particularmente agressiva para as gramíneas, “queimando” as suas folhas, devido à alta reatividade da cal até com a umidade. A mitigação deste processo contaminante poderia ser proporcionada com cortinas de retenção de poeira, dispostas aproximadamente N-S, perpendiculares ao sentido para oeste dos ventos dominantes. Trata-se de um sistema simples da Engenharia Civil, utilizado em zonas urbanas, em reformas e construção de prédios, para proteger da dispersão de poeira gerada pelos trabalhos as áreas vicinais da obra.

Não seria por falta de percepção dos problemas acima discriminados que não se tenha pensado em uma normal regulamentadora para produção da cal. A proposta do Projeto de Lei 7374/06 estabelece que as unidades de produção da cal -- independentemente do tipo da cal produzida, do processo de produção empregado e do combustível utilizado – deverão dispor de planos de monitoramento. Estes planos contemplarão o controle do produto, que deverá incluir a coleta diária de amostras da cal produzida, o preparo periódico de amostras compostas da produção e o seu envio para análise em laboratório credenciado. Também está previsto o monitoramento da produção da cal, no sentido de controle da dispersão de poluentes na atmosfera. Este controle será feito por meio da coleta periódica de amostras das emissões oriundas dos fornos de calcinação e da análise dos índices de dioxinas e furanos (classes de substâncias orgânicas de alta toxicidade) e de compostos gasosos à base de enxofre e nitrogênio.

O projeto de Lei 7374/06 também restringe o uso da cal hidratada recuperada aquela obtida por meio da recuperação da cal anteriormente utilizada em processos químicos industriais. O uso dessa cal em processos industriais para obtenção de produtos empregados no tratamento de água para abastecimento público; nas

indústrias alimentícia, farmacêutica e veterinária; e nos setores agrícola e sucroalcooleiro, inclusive fertilizantes, ficará condicionado à comprovação de qualidade equivalente à exigida para a cal hidratada. Os infratores estarão sujeitos às punições previstas na Lei 9605/98, que trata de crimes contra o meio ambiente. De acordo com esta proposta normativa, terão prioridade no acesso a linhas oficiais de crédito os produtores da cal que investirem na atualização tecnológica de seus processos de produção ou em equipamentos que favoreçam a redução do consumo de energia elétrica, além da melhoria da qualidade do meio ambiente e da saúde do trabalhador.

Contudo, o projeto foi arquivado nos termos do § 4º do artigo 58 do Regimento Interno da Câmara dos Deputados (inconstitucionalidade e injuridicidade). Diário da Câmara dos Deputados de 03/09/11 PÁG 47649 COL 02.

A reação do solo é importante fator para a produção agrícola, influenciando na disponibilidade de nutrientes às raízes das plantas, propiciando condições favoráveis ou de toxidez. Seu comportamento pode favorecer o desenvolvimento de micro organismos cujos metabolismos contribuem para melhorar as condições do solo, ou podem propiciar o desenvolvimento de micro-organismos causadores de doenças para as plantas (KIEHL, op. cit).

A determinação do pH dos solos é de extrema importância, sendo um teste de rotina para procedimentos de cultivo, uma vez que permite estimar a disponibilização de nutrientes vegetais (Figura 16) e programar os procedimentos de correção com insumos agrícolas (BRADY, 1989), particularmente os corretivos carbonáticos.

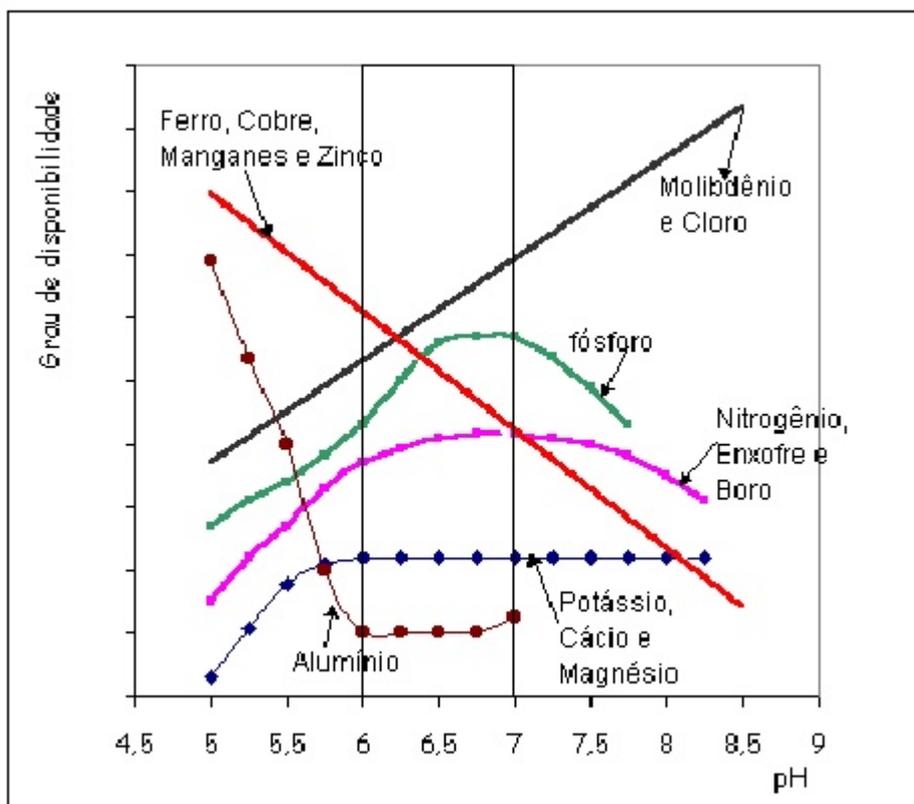


Figura 16. Efeito do pH na disponibilidade dos nutrientes e na solubilidade do alumínio no solo (MALAVOLTA, 1976).

No caso estudado, a alcalinização dos solos representados pela amostragem “D” não resulta de processos naturais. Trata-se de uma contaminação antrópica, por deposição de poeira carbonática reativa, dispersada através da atmosfera a partir de focos de produção da cal. O substrato lítico deste solo alcalinizado não é de calcário cristalino, e sim de biotita-xisto.

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

### 7.1. CONCLUSÕES

A gestão do princípio da isonomia pelo órgão regulamentador do MME --- o DNPM --- é, em muitos casos, confrontado pela causa social. Nestes casos, o problema envolve a sobrevivência de milhares de trabalhadores e suas famílias, tipificados como de parques recursos, e que são dependentes do garimpo mineiro ou do processamento rudimentar de matérias-primas minerais, para o sustento. Não raramente, operam lavras tecnicamente clandestinas, ou utilizam métodos primários para o beneficiamento da matéria-prima mineral sem planificação na mineração, sem controle de qualidade para os produtos comercializados, sem preocupações com os riscos para sua própria integridade física ou com a degradação ambiental que propiciam. Antes de bloquear estas atividades e, com isto, o sustento dessas pessoas, ou de permitir a manutenção deste *status quo*, seria importante promover um estado de conhecimento (pela educação técnico-profissional) e, gradualmente, criar condições para as mudanças corretivas, sem prejuízo para a produção local e, conseqüentemente, evitando-se uma degradação familiar.

Nas condições atuais, tal como vem sendo desenvolvida a mineração nesta região, e a industrialização dos seus bens minerais primários, apresenta evidências de ter conotação predatória. A biomassa caatinga está sofrendo uma evidente degradação que se prolonga desde décadas, sem nem mesmo uma pretensa reposição compensadora da cobertura vegetal nativa. As atividades de beneficiamento da matéria-prima mineral não são exercidas com controle de qualidade. Além disto, estas atividades são desenvolvidas com rendimento deficiente, e inequivocamente poluidor, alcalinizando corpos d'água e solos sob a influência do halo de dispersão atmosférica da poeira da cal. Adicionalmente, ainda permanecem desconhecidas as conseqüências desta poeira para a saúde pública.

## 7.2. RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Para melhor continuidade do estudo, recomenda-se:

- Em circunstâncias emergenciais, cortinas de contenção de poeira, como aquelas empregadas pela construção civil em áreas urbanas, poderiam ser implantadas perpendicularmente aos eixos dos halos de dispersão mecânica da poeira da cal.
- Em instância imediatamente ulterior, poderiam ser plantadas árvores como barreiras vegetais, desde que possuindo porte elevado, e pouca serventia para aproveitamento como madeira.
- *A posteriori*, estudar a viabilidade de mudança da matriz energética, passando-se da lenha para o coque residual PETROBRÁS, com ou sem concurso do BPF, produtos disponíveis em imediato no mercado.
- Finalmente, em terceiro passo, o melhoramento ou a unificação das pequenas unidades de calcinação por unidades industriais automatizadas, providas de mangas de filtro, para redução das emissões de poeira da cal, eventualmente através do estabelecimento de cooperativas.

Obviamente, para que o nível de fiscalização possa ser exercido de forma isonômica, seriam necessários empréstimos incentivados, sob adequado apoio tecnológico, para implementação de um novo paradigma operacional. Os problemas da produção mineira e de beneficiamento de matérias-primas minerais e, em extensão, seus consequentes impactos ambientais, não são exclusivos da região de Santa Maria do Cambucá – Vertente do Lério. Representam um modelo-exemplo do que ocorre em muitas outras áreas do Brasil, onde atividades similares estão sendo desenvolvidas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACAL, 2009. Porto Alegre, *Assoc. Brasil. Produt. Calcário Agrícola*, Disponível <http://www.abracal.com.br/estatisticas>, acessado em 12/04/2012
- ABNT, 1980. NBR 5734. Rio de Janeiro, *Assoc. Brasil. Normas Técnicas*, 58 p.
- ACGIH, 2010. TLVs and BELs (threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, *Amer. Conf. Of Gov. Environm. Industr.Hygienists*, 272
- ALMEIDA I.T., 1999. .A poluição atmosférica por material particulado a mineração a céu aberto. São Paulo, Escola Politécn. USP, Diss. Mestrado, 194 p.
- A.P.H.A., 2001. Standard methods for examination of water and wastewater. Washington, *Amer. Public Health Assoc.*, Chap. 1, p. 34-38 (20<sup>th</sup> ed.).
- ALTVATER E., 1995. O preço da riqueza. São Paulo, *UNESP*, 305
- BATHURST R.G.C., 1976. Carbonate sediments and their diagenesis. Amsterdam, *Elsevier*, *Devel. Sedim.* 12, 568 p.
- BELTRÃO B.A., MASCARENHAS J.C., MIRANDA J.C.F., SOUZA JUNIOR L.C., GALVÃO M.J.T., PEREIRA S.N., 2005. Diagnóstico do Município de Vertente do Lério. Recife, *CPRM*, Projeto Cadastro Fontes Abast. Água Subterrânea Estado de Pernambuco, 10 p.
- BOYTON R.S., 1980. Chemistry and technology of lime and limestone. New York, *Wiley & Sons*, 578 p.
- BRADY N.C., 1989. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro, *Ed. FreitasBastos*, 898 p. (7<sup>a</sup> Ed.).
- CANDEPE/FIDEM, 2003. Dados de Pernambuco, Recife, v. , p. 1 – 67.
- CAMARINI G., 1995. Desempenho de misturas de cimento Portland e escória de alto-forno submetidas à cura térmica. São Paulo,. *EPUSP - Escola Politécnica USP*, Tese Dout.,156 p.
- CETEM, 2005. Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações. Rio de Janeiro, A.B. Luz & F.F. Lins (Edts.), *CETEM/MCT*, 726 p.
- CENDRERO, A. (1982). Técnicas y instrumentos de análisis para de la evaluación, planificación y gestión del medio ambiente. Fascículos Sobre Medio Ambiente, Serie Opiniones, no 6, CIFCA, Madrid, 67 p.

- COELHO F. S., 1973. Fertilidade do solo. Campinas, *Inst. Campineiro Ensino Agríc.*, 384 p. (2ª Ed.)
- CONAMA, 2005. Resolução No 357 de 17/03/2005. Brasília, *Cons. Nac. Meio Ambiente – CONAMA*, 23 p. Disponível [www.mma.gov.br/port/conama](http://www.mma.gov.br/port/conama). Acessado em 08/12/2010.
- CONDEPE/IPA/SUDENE, 1987. Zoneamento pedoclimático do Estado de Pernambuco. Recife: *Condepe/Sudene*, (8v. e 8 anexos).
- CUNHA M.H.A, 2005. Biomonitoramento da qualidade do ar em Vertente do Lério-PE, e sua correlação com ocorrências de doenças pulmonares. *UFPE/PGPA*, Diss. Mestrado. Recife, *Revista Caminhos de Geografia* - 120 p.
- CHESTER R., 2000. Marine Geochemistry. London, *Blackwell Sci.*, 491 p.
- DANTAS R.A., 1980. Mapa Geológico do Estado de Pernambuco. Recife, *DNPM/Minérios de Pernambuco*, Sér. Mapas e Cartas Síntese, N° 1, 66 p.
- DNPM, 2001. Anuário Mineral Brasileiro. Brasília, *MME-DNPM*, 333 p. Também disponível no site: [www.dnpm.org.br](http://www.dnpm.org.br).
- DOMENICO J.E.J. 2000. The role of physical processing enhancing the quality of industrial mineral. Denver, *14th Industrial Minerals Internat. Congress*, p. 1- 8.
- EMBRAPA, 1997. Manual e métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, Centro Nacional de Pesquisa dos Solos, *Ed. Embrapa*, p. 212 (2ª. Ed.).
- EMBRAPA, 2000. ZANE DIGITAL – Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil. Petrolina, *EMBRAPA*, V. 1.0.20 (CD).
- FABRIÈS I.F., 1993. Calculation of the physical characteristics of deposited particles in the respiratory airways. *Jour. Aerosol Medicine*, **6**: 22.
- FORNASARI FILHO, N. & BITAR, O.Y. O meio físico em estudos de impacto ambiental-EIAs. In: BITAR, O.Y. (Coord.). *Curso de geologia aplicada ao meio ambiente*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995. cap. 4.1, p.151-163.
- FREAS, R. C. Lime, 1994. In: Industrial Minerals and Rocks. Donald D. Carr (Senior Editor), *Society of Mining, Engineers*, Littleton, Colorado. *Rochas e Minerais Industriais – CETEM/2008*, 2ª Edição 391p.
- HOLANDA C., 1987. Calcários de Pernambuco: rochas para fins industriais. Recife, *SICOM - Minérios de Pernambuco*, 229 p.

IBGE, 2010. Estimativas da população para 1º de julho de 2011. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acessado em 25/04/2012.

INGERSOLL C.G., MACDONALD D.D., WANG N., CRANE J.L., FIELD L.J., HAVERLAND P.S., KEMBLE N.E., LINDSKOOG R.A., SEVEM C., SMORONG D.E., 2001. Predictions of sediment toxicity using consensus based freshwater sediment quality guidelines. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **41**: 8-21.

JENNING N., 1999. Al crecer la pequeña minería en los países en desarrollo, aumentan los riesgos para la salud y la seguridad de mineros, mujeres y niños. Genève, *ONU/OIT*, Comunicados de prensa OIT-99-10.

KESLER S.E., 1994. Mineral Resources: Economics and the environment. New Jersey, *Prentice Hall*, 345 p.

KIEHL, E.J. 1985. Fertilizantes orgânicos. São Paulo, *Ed. Agronômica Ceres*, 492p.

MALAVOLTA E., 1976. Manual de Química Agrícola: nutrição mineral de plantas e fertilidade de solo. São Paulo, *Ed. Agronômica Ceres*, 528 p.

MALAVOLTA E., 1987. Manual de calagem e adubação das principais culturas. São Paulo, *Ed. Agronômica Ceres*, 496 p.

MALAVOLTA E., 2006. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. São Paulo, *Editores Agronômica Ceres*, 638 p.

MAPA, 2007. I.N.nº 5 – Brasília, *Min. da Agric. Pecuária e Abastecimento*

MARINHO, L. F. e BOSCHI, A. O. (2000). A expansão térmica dos revestimentos cerâmicos, parte VI. Efeitos da adição de dolomita. *Cerâmica Industrial*, **5**: 21-23.

MILLIMAN J.D., 1974. Marine carbonates: Part I. Berlin, *Springer-Verlag*, 318 p.

RIPLEY, E. A., 1996. Environmental Effects of Mining. Florida, St. Lucie Press, 356 p.

SAMPAIO J.A. e ALMEIDA S.L.M., 2005. Calcário e dolomito. *In: Rochas & Minerais*.

SILVA, L. R. S.; CARVALHO, P. L. F. R. A.; ROCHA, I. P, 1995. Cultivo Intensivo de *L. vannamei* em Berçários Sec. ("raceway"). Recife, *Revista da ABCC.*, p. 76 - 80.

USEPA, 1997. National Recommended Water Quality Criteria. Washington, *United States Environmental Protection Agency*, 14 p. Disponível em [www.epa.gov/ost/criteria](http://www.epa.gov/ost/criteria); acessado em 09/12/2010.

VINCENT J.H., 1995. Aerosol Science for Industrial Hygienists. *Elsevier Science Ltd*, 411 p. (5<sup>th</sup> Ed.)

## 9. ANEXOS

### ANEXO 01- GPS Garmin modelo III Plus

## ANEXO

### Especificações

#### Físicas

**Tamanho:** 10,7 cm (A) x 5,6 cm (L) x 3,04 cm (P)

**Peso:** 159 g com as pilhas instaladas.

**Ecrã:** TFT transreflector e 1,3" (3,3 cm) de largura x 1,7" (4,3 cm) de altura, 256 cores, alta resolução (176 x 220 pixels) e retro-iluminação.

**Estrutura:** Reforçada, totalmente estanque, resistente à água, IEC-529, IPX7

**Temperatura:** -15 a 70° C\*

\* A classificação de temperatura para o eTrex poderá exceder a gama utilizável de algumas pilhas. Algumas pilhas poderão danificar-se a altas temperaturas.

#### Desempenho

**Receptor:** com activação WAAS/EGNOS

**Tempos de aquisição:** (aprox.)  
Arranque a quente - 3 segundos  
Arranque intermédio - 33 segundos  
Arranque a frio - 39 segundos

**Taxa de actualização:** 1/segundo, contínua

**Antena:** Incorporada

**Bússola:** (Apenas Vista HCx/Summit HC) Precisão: +/- 5 graus; resolução: 1 grau, calibrada pelo utilizador

**Altimetro:** (Apenas Vista HCx/Summit HC) Previsão: +/- 10 pés; resolução: 1 ft. (0,3048 m), calibrado pelo utilizador

#### Alimentação

**Fonte:** Duas pilhas AA de 1,5V, Adaptador CC de 12 V Cabo ou Adaptador PC/USB

**Vida útil das pilhas:** Até 25 horas em unidades HCx  
Até 14 horas em unidades HC

#### Precisão

**GPS:** <10 metros 95% típico\*

\* Sujeita à degradação da precisão para 100 m 2DRMS, sob o Programa de Disponibilidade Selectiva imposto pelo Departamento de Defesa norte-americano (quando activado).

**DGPS:** 3 metros 95% típico\*

\* Precisão do Wide Area Augmentation System (WAAS) na América do Norte.

**Velocidade:** 0,1 metros/seg. (ritmo estável)

**Interfaces:** Garmin Proprietary (USB)

**Vida útil de armazenamento dos dados:** Indefinida; não é necessário pilhas para a memória

**Armazenamento do mapa:** Unidades HCx -Dependente da capacidade formatada do cartão microSD. Unidades HC - 24 MB

ANEXO 02- Análises de sulfatos e alcalinidade total no laboratório LEAQ/UFPE, período chuvoso.

	Universidade Federal de Pernambuco- UFPE	DOC - 01 / F5	
	Centro de Tecnologia e Geociências - CTG	Rev. 00	
	Departamento de Engenharia Química - DEQ	19/1/2010	
Laboratório de Engenharia Ambiental e da Qualidade - LEAQ			

RELATÓRIO DE ENSAIO

Código do Relatório:	886/11	Data de Entrada da Amostra:	08/06/11	Data do Relatório:	10/06/11
----------------------	--------	-----------------------------	----------	--------------------	----------

**Análises / Referências Normativas:**

Sulfetos / Standard Methods for Examination of Water and Wastewater , 19th , 1995

**Dados da Empresa:**

Cliente:	UFPE - (Eldemar Menor - Geol6gia)				
Endereço:	Av. Prof. Moraes Rego, 1235			Bairro:	Cidade Universit6ria
Cidade:	Recife	Estado:	PE	CNPJ:	
Fone/Fax:	9975 - 4871	E-mail:			

**Dados da Amostra:**

Tipo de Material:	Efluentes	Volume da Amostra:	
-------------------	-----------	--------------------	--

RESULTADOS:		
Análises:	Sulfatos (mg/L)	Alcalinidade Total (mg de CaCO <sub>3</sub> /L)
P1-W	72,9	60,2
P2-W	38,8	65,2
P3-W	72,9	75,2
P4-W	46,8	80,2

**Cl6usulas de Responsabilidade:**

- Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido a an6lise;
- N6o se admite qualquer responsabilidade referente 6 exatid6o da amostragem;
- A reproduç6o deste relat6rio s6 est6 autorizada na forma de uma reproduç6o integral
- Os resultados que s6o obtidos com c6lculos matem6ticos s6o apresentados com valores arredondados;

Equipe T6cnica  
 Valdinete Lins  
 Ana Maria Ribeiro  
 Iago Jos6  
 Joanna Cysneiros  
 Karen Alves

Assinatura:   
 Iago Jos6 Santos da Silva  
 T6cnico Qu6mico  
 LEAQ  
 CRQ: 01.400.221

Nome: Execuç6o

Assinatura:   
 Profa. Dra. Valdinete Lins da Silva  
 Ch6fe do Laborat6rio de Eng. Ambiental  
 da Qualidade / DEQ - UFPE

Nome: Verificaç6o

ANEXO 03- Análise de sulfatos e alcalinidade total laboratório LEAQ/UFPE, período seco.

	Universidade Federal de Pernambuco- UFPE	DOC - 01 / F5	
	Centro de Tecnologia e Geociências - CTG	Rev. 00	
	Departamento de Engenharia Química - DEQ Laboratório de Engenharia Ambiental e da Qualidade - LEAQ	19/1/2010	

RELATÓRIO DE ENSAIO

Código do Relatório:	008/12	Data de Entrada da Amostra:	11/01/12	Data do Relatório:	26/01/12
----------------------	--------	-----------------------------	----------	--------------------	----------

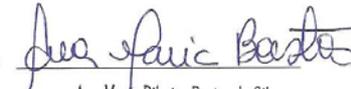
<b>Análises / Referências Normativas:</b>
Sulfatos / Standard Methods for Examination of Water and Wastewater , 19th , 1995
Alcalinidade Total / Standard Methods for Examination of Water and Wastewater , 19th , 1995

<b>Dados da Empresa:</b>					
<b>Cliente:</b>	UFPE - (Eldemar Menor - Geologia)				
<b>Endereço:</b>	Av. Prof. Moraes Rego, 1235			<b>Bairro:</b>	Cidade Universitária
<b>Cidade:</b>	Recife	<b>Estado:</b>	PE	<b>CNPJ:</b>	
<b>Fone/Fax:</b>	9975 - 4871	<b>E-mail:</b>			
<b>Dados da Amostra:</b>					
<b>Tipo de Material:</b>	Efuentes		<b>Volume da Amostra:</b>		

RESULTADOS:		
Análises:	Sulfatos (mg/L)	Alcalinidade Total (mg de CaCO <sub>3</sub> /L)
PW1	22,1	96,7
PW2	30,9	76,6
PW4	143,6	79,9

<b>Cláusulas de Responsabilidade:</b>
1) Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido a análise;
2) Não se admite qualquer responsabilidade referente à exatidão da amostragem;
3) A reprodução deste relatório só está autorizada na forma de uma reprodução integral
4) Os resultados que são obtidos com cálculos matemáticos são apresentados com valores arredondados;

Equipe Técnica  
Valdinete Lins  
Ana Maria Ribeiro  
Joanna Cysneiros

Assinatura:   
 Ana Maria Ribeiro Bastos da Silva  
 Técnico em Química  
 LEAQ  
 CRQ: 01.402.906

Nome: \_\_\_\_\_  
Execução

Assinatura: 

Prof. Valdinete Lins da Silva  
 Subchefe do Departamento  
 de Engenharia Química  
 DEQ / UFPE

Nome: \_\_\_\_\_  
Verificação