

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

**O potencial dos agrominerais alternativos na região
Nordeste do Brasil**

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

José Alencar Gomes da Silva

Vice-Presidente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Sérgio Machado Rezende

Ministro da Ciência, Tecnologia e Inovação

Luiz Antonio Rodrigues Elias

Secretário-Executivo

José Edil Benedito

Subsecretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

José Farias de Oliveira

Diretor

Carlos César Peiter

Coordenador de Apoio Tecnológico à Micro e Pequena Empresa

Arnaldo Alcover Neto

Coordenador de Análises Minerais

Silvia Cristina Alves França

Coordenador de Processos Minerais

Cosme Antônio de Moraes Regly

Coordenador de Administração

Ronaldo Luiz Correa dos Santos

Coordenador de Processos Metalúrgicos e Ambientais

Andréa Camardella de Lima Rizzo

Coordenadora de Planejamento, Acompanhamento e Avaliação

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

ISSN 1518-9155

ISBN 978-85-61121-68-6

SRMI-15

O potencial dos agrominerais alternativos na região Nordeste do Brasil

Marcelo Soares Bezerra

Engenheiro de Minas

Pós-Graduado em Engenharia Econômica

CETEM/MCT

2010

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

Sílvia Cristina Alves França

Editora

Luiz Carlos Bertolino

Subeditor

CONSELHO EDITORIAL

Antonio Rodrigues Campos (CETEM), Francisco Wilson Holanda Vidal (CETEM), Jurgen Scnellrath (CETEM), Salvador Luiz M. de Almeida (CETEM), Artur Pinto Chaves (USP), Benjamin Calvo Pérez (Universidade Politécnica de Madri), Carlos Adolpho Magalhães Baltar (UFPE), Marsis Cabral Junior (IPT), José Mário Coelho (UFRJ) e Renato Ciminelli (Consultor).

A Série Rochas e Minerais Industriais publica trabalhos na área mínero-metalúrgica. Tem como objetivo principal difundir os resultados das investigações técnico-científicas decorrentes dos projetos desenvolvidos no CETEM.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Thatyana Pimentel Rodrigo de Freitas

Coordenação Editorial

Vera Lúcia Espírito Santo Souza

Programação Visual

Andrezza Milheiro

Revisão

Bezerra, Marcelo Soares

O potencial dos agrominerais alternativos na região Nordeste do Brasil / Marcelo Soares Bezerra. ___Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

48p.: Il. (Série Rochas e Minerais Industriais, 15)

1. Minerais industriais. 2. Agrominerais. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Título. III. Série

CDD – 553

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 O SOLO E OS NUTRIENTES	11
3 O PANORAMA DOS FERTILIZANTES NO BRASIL E OS BIOCOMBUSTÍVEIS	16
4 OS AGROMINERAIS ALTERNATIVOS NO NORDESTE BRASILEIRO	20
4.1 Rochas fertilizantes mononutrientes (P, K)	20
4.2 Rochas fertilizantes silicatadas multinutrientes	23
4.3 Minerais condicionadores de solo	34
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

RESUMO

Este trabalho desta o significado dos fertilizantes minerais para o desenvolvimento da produção agrícola, sendo mostrado o cenário atual do setor no Brasil e particularmente na região nordeste do país. Ressalta-se a forte presença da agricultura na economia nacional e a situação privilegiada do país no que se refere à disponibilidade de terras que ainda poderão ser inseridas na produção, verificando-se, no entanto, uma preocupante dependência dos fertilizantes convencionais ao subsolo alheio, como um gargalo a ser resolvido. A resolução deste entrave implica a oferta de fertilizantes menos onerosos, sendo enfocada a situação dos agrominerais tradicionais no que se refere à distribuição das jazidas e das fábricas no Brasil e o contexto regional. A disponibilidade de insumos minerais alternativos para complementar a resolução deste problema, é também abordada, com foco no potencial da região nordestina, evidenciando a carência de desenvolvimento de tecnologias apropriadas para o processamento dos recursos minerais, com vistas às características dos nossos solos, aos fatores naturais e práticas agrícolas adotadas. São citados experimentos e sucessos na aplicação destes minerais e os condicionamentos geológicos favoráveis para depósitos no Nordeste do Brasil, que incentivam um vasto campo de pesquisa na interface da geologia e da tecnologia mineral com a fertilização de solos.

Palavras-chave

agrominerais, fertilizantes

ABSTRACT

This paper emphasizes the significance of mineral fertilizers for the development of agricultural production showing up the current scenario of the sector in Brazil and particularly in the Northeast region. It stands out the strong presence of agriculture in national economy and the country's privileged position regarding the availability of land which can be inserted into production, verifying, however, a worrying dependence on conventional fertilizer to the subsoil of others, as a bottleneck to be solved. The resolution of this obstacle involves the supply of cheaper fertilizers, focusing on the situation of traditional agro-mineral in relation to the distribution of mines and factories in Brazil and the regional context. The availability of alternative mineral inputs to complement the resolution of this problem is also addressed, focusing on the potential of the northeastern region, highlighting the lack of development of appropriate technologies for the processing of mineral resources with a view to the characteristics of our soils and the natural factors and agricultural practices adopted. Experiments and successes are cited in the application of these minerals and geological constraints favorable for deposits in northeastern Brazil, which encourage a wide field of research at the interface of geology and mineral technology with the fertilization of soils.

Keywords

agro-mineral, fertilizer

1 | INTRODUÇÃO

O Plano Nacional de Agroenergia implementado pelo Governo Federal objetiva, à luz da realidade e das perspectivas futuras da matriz energética mundial, organizar uma proposta de desenvolvimento tecnológico para dar sustentação e competitividade aos agentes das cadeias da agroenergia, envolvidos na estratégia de consolidar um programa de energia alternativa, limpa, socialmente justa e ambientalmente sustentável.

A projeção da demanda energética mundial indica a exaustão das reservas de petróleo num horizonte de 40 anos, se mantido o atual nível de consumo, sem considerar o incremento inevitável com o crescimento da população e a necessidade de reduzir a massa de excluídos.

Postas estas condições econômicas, torna-se clara a exigência por novos substitutos energéticos, preferencialmente que estejam dentro de uma matriz produtiva de caráter renovável. Despontam assim os biocombustíveis à base de óleo vegetal entre as alternativas viáveis e politicamente corretas.

O Brasil é reconhecidamente o país que reúne as melhores condições para liderar um programa desta magnitude, pelas suas condições naturais de solo, água, radiação solar e área para expansão agrícola, sem prejuízo da produção de alimentos.

Além do mais, o Brasil assumiu a liderança na geração e implantação de tecnologia de agricultura tropical, em que um dos paradigmas é justamente a agroindústria de etanol, reconhecida como a mais eficiente do mundo, em termos de tecnologia de processo e de gestão. Esta atividade, entretanto, está numa

situação de delicada dependência de fertilizantes importados e caros.

Nesse cenário, soma-se às necessidades do programa de biocombustíveis ora implementado um desafio ainda maior, no que tange ao desenvolvimento de novas opções de fertilizantes, para garantir o suprimento de nutrientes às plantas oleaginosas que respaldarão a produção industrial.

Neste trabalho são apresentadas as potencialidades que existem na região nordeste do Brasil, no que concerne à existência de depósitos de agrominerais que poderão ter um significado econômico fundamental no apoio ao programa de agroenergia.

Considerando a atual dependência do país na pauta de fertilizantes convencionais, os agrominerais alternativos adiante abordados constituem uma solução soberana, pois independem do subsolo alheio; limpa, porque dispensa processamento industrial poluidor; e socialmente justa porque é acessível ao pequeno produtor, atualmente alijado do mercado de fertilizantes.

2 | O SOLO E OS NUTRIENTES

A produção agrícola depende de uma série de fatores limitantes, como o clima, o solo, a variedade da planta, as práticas culturais que envolvem o preparo do solo, a calagem, a adubação, a qualidade da semente, o espaçamento do plantio, a irrigação e o trato da lavoura, além do controle de pragas e doenças.

Entretanto, entre estes fatores, apenas o clima e o solo são efetivamente determinantes da potencialidade agrícola, já que os demais são manipuláveis pela arte do homem.

No Brasil, o clima se mostra dos mais favoráveis às culturas agrícolas, pela relativa disponibilidade hídrica, pelas taxas de radiação solar incidente e pelos registros de temperaturas adequadas nas diversas regiões do país.

O solo é de fundamental importância na agricultura, pois tem a função de abrigar a planta, armazenar água e fornecer os nutrientes essenciais. O processo de formação do solo tem origem na ação da matéria orgânica e do intemperismo atuante sobre as rochas, constituindo um material inconsolidado onde coexiste uma mistura de minerais, compostos orgânicos, organismos vivos, água e ar, que interagem em resposta a processos químicos, físicos e biológicos.

A ação intempérica ocorre por processos físicos que provocam a desintegração das rochas originais e também pelas reações químicas entre os minerais e as moléculas de água, por fenômenos de solução, hidrólise, hidratação e oxidação. Contam-se às centenas os minerais constituintes das rochas, porém os mais comuns são o quartzo, o feldspato nas variedades plagioclásio e ortoclásio, as micas e os minerais ferro magnesianos

(olivina, piroxênio, anfibólio). Esta ação se faz sentir com maior ou menor intensidade, em função das ligações covalentes presentes na estrutura cristalina dos minerais constituintes, ou seja, quanto maior o número de ligações covalentes, maior será a estabilidade e a resistência do mineral ao intemperismo.

Desta forma, os minerais ferro-magnesianos, a mica biotita e o plagioclásio reagem mais rapidamente que o quartzo e o ortoclásio, liberando mais rapidamente os nutrientes contidos, que contribuem para a fertilidade dos solos. Esta fertilidade, que é expressa como a capacidade química do solo para suportar o desenvolvimento das plantas, é diretamente vinculada à presença de nutrientes, bem como ao tipo de argilomineral e à quantidade de matéria orgânica.

Ora, se a área agricultável é imensa, em nosso país, o que traduz uma situação privilegiada no mundo, há, porém, a necessidade de melhorar alguns tipos de solos e de repor os seus nutrientes, de forma a conservar a produtividade que tende a decrescer com o decorrer do uso.

Os elementos necessários ao desenvolvimento das plantas são: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cloro, ferro, manganês, zinco, cobre e molibdênio. A estes se adicionam ainda o carbono, o hidrogênio e o oxigênio.

Com exceção destes últimos, presentes na água e no ar, tais elementos são obtidos de rochas e minerais, agrupados na classificação de agrominerais, e são usados para influenciar no metabolismo das plantas, que os absorvem a partir de solução no solo e cada um desempenha um determinado papel no crescimento delas.

Parte dos minerais deste grupo é processada industrialmente para fabricação de fertilizantes minerais chamados de convencionais, constituídos por compostos inorgânicos e orgânicos sintéticos, como a ureia, a calcionamida e os quelatos. Eles se subdividem em fertilizantes simples, quando constituídos por um único composto químico contendo um ou mais nutrientes; e fertilizantes complexos, quando envolvem a participação de matérias-primas como a amônia, o ácido sulfúrico e o ácido fosfórico, dando origem a compostos químicos como o sulfato de amônia, fosfato monoamônico e fosfato diamônico.

Esta indústria se caracteriza por um alto grau de concentração industrial, com grandes grupos econômicos detendo o controle das jazidas minerais e atuando em escala transnacional, dominando o comércio de produtos sintéticos, de alto custo unitário, de uso intensivo de energia e de transporte a longas distâncias.

Muito embora estes produtos tenham a sua eficiência agrônômica e uma rápida liberação dos nutrientes, o seu alto custo unitário, ao qual se agrega um custo de frete significativo, torna inviável a sua aplicação em culturas de pequenos produtores ou em plantações localizadas longe das fontes produtoras ou de portos marítimos. O custo CIF Brasil desses fertilizantes mais que duplicou a partir de 2007.

Em decorrência disso tem ocorrido em diversas partes do mundo o aproveitamento de outros minerais e rochas, inclusive rejeitos industriais ou de mineração, conhecidos como agrominerais alternativos para uso agrícola regional (fertilizante ou condicionador de solos), os quais são usados em estado natural ou modificados física, química ou biologicamente.

O uso destes minerais alternativos tem as funções abaixo apresentadas.

1- Fertilizante – este uso depende da composição química e mineralógica do material, que deve incluir os elementos nutrientes essenciais; a aplicação é feita pela técnica conhecida como rochagem, que consiste na aplicação de rochas naturais moídas para rejuvenescimento e fertilização de solos. Estes materiais apresentam uma solubilidade nos solos mais lenta que a dos fertilizantes convencionais, porém a custos unitários bem mais baixos.

Quando disponíveis, os rejeitos de mineração, descarte de plantas de beneficiamento de minérios ou escórias industriais podem também ser utilizados, desonerando ainda mais os custos financeiro e ambiental. Exemplos de materiais que podem ser usados como fonte de macronutrientes são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Rochas e minerais fontes de macronutrientes (fertilizantes).

Rocha / Mineral	Nutrientes
Rochas ultrabásicas	Mg, Ca
Basalto e gabro	Mg, Ca
Carbonatito	Ca, Mg, P, K
Serpentinito	Si, Ca, Mg, Fe, Na, K
Rochas alcalinas	K
Rochas graníticas ricas em K feldspato	K
Gipsita e fosfogesso	S, Ca
Calcário e dolomito	Ca, Mg
Biotita xisto	K, Na, Fe, Ca, Mg

2 - Condicionador de solos – outros minerais e rochas são usados na agricultura para melhorar as condições físicas do solo e assim promover o crescimento das plantas. Na Tabela 2 são

relatados exemplos de minerais cujas propriedades físicas naturais ou ativadas trazem benefícios às plantas.

Tabela 2. Rochas e minerais condicionadores de solos.

Rocha / Mineral	Propriedades	Benefícios
Vermiculita	Retenção de água, aeração, CTC, isolante térmico	Acelera a germinação, desenvolve a raiz
Pérlita	Peso leve, boa absorção e drenagem, aeração, resiliência	Promove crescimento da planta, veículo inoculante
Pedra Pome	Peso leve, aeração, retenção de água, boa drenagem, estável	Promove crescimento da planta, veículo inoculante
Zeólitas	Hidratação, alto volume vazios, área superficial, CTC	Alimenta aditivos e lenta liberação de amônia

3 | O PANORAMA DOS FERTILIZANTES NO BRASIL E OS BIOCOMBUSTÍVEIS

O potencial da agricultura brasileira é um fato reconhecido internacionalmente, quando se compara a área agriculturável disponível com aquela que vem sendo utilizada até o momento. Da mesma forma, a disponibilidade hídrica no Brasil é bastante confortável em relação aos grandes produtores agrícolas mundiais como China, EUA, Índia e União Europeia. Este panorama dá ao Brasil uma expectativa auspiciosa no que diz respeito ao incremento da produção de grãos e de oleaginosas para a agroenergia, mas não se dispensam os cuidados com a melhoria e a conservação dos solos, para garantir esses projetos.

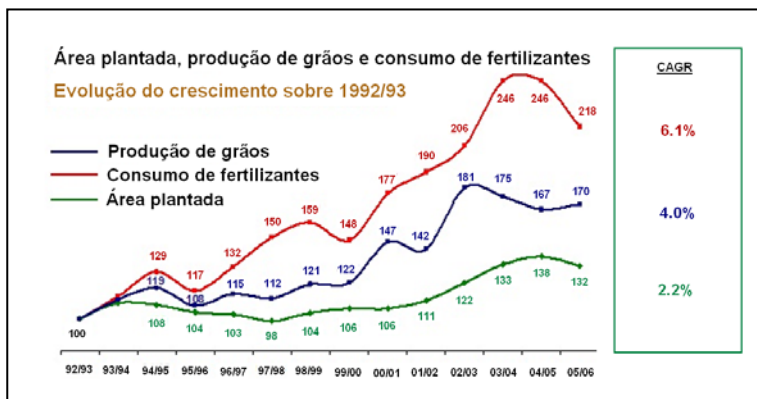
No caso dos grãos esta expectativa já se concretiza com a produção diversificada de soja, milho, trigo, arroz e feijão, promovendo a dinamização da economia do centro-oeste e da porção vizinha do nordeste brasileiro.

Com efeito, a Figura 1 mostra a evolução da área plantada nas novas fronteiras agrícolas, no período 1992-2007 e o seu resultado no aumento da produção de grãos, tendo o consumo de fertilizante desempenhado um papel fundamental neste processo.

Observem-se as diferenças verificadas na taxa anual de crescimento médio (CAGR) da área plantada (2,2%), em relação às outras variáveis (produção de grãos 4,0% e consumo de fertilizantes 6,1%), podendo-se deduzir que, embora louváveis os benefícios propiciados pelos fertilizantes, o seu consumo está cada vez maior.

A agroenergia, que pegou carona no sucesso da produção de álcool a partir da cana-de-açúcar, é um exemplo de desenvolvimento tecnológico para substituição de combustíveis fósseis,

ampliando para implementação de um plano nacional que inclui diversas cadeias do setor, entre elas, a do biodiesel.



Fonte: ANDA - CONAB, 2007.

Figura 1. Evolução da área plantada, produção de grãos e consumo de fertilizantes.

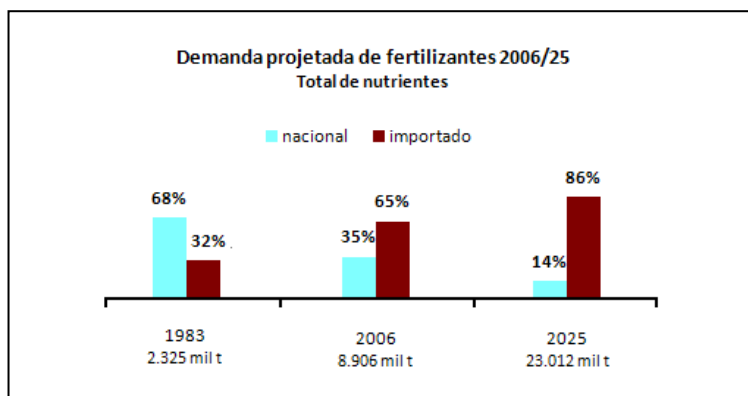
Dispondo de várias alternativas de culturas, o desafio a enfrentar foca no aproveitamento das potencialidades regionais, elegendo-se como prioridades as culturas já tradicionais como a soja, o amendoim, o girassol, a mamona e o dendê, quanto para alternativas novas, como o pinhão manso, o nabo forrageiro, o pequi, o buriti, a macaúba e outras variedades de oleaginosas que serão exploradas.

A estimativa do programa é a incorporação de cerca de 20 milhões de hectares de novas áreas para plantio, até o ano de 2035, com a implantação de usinas produtoras de pequeno, médio e grande portes, conforme a demanda local. Com o início da instalação de plantios e usinas em 2005, o Brasil tornou-se o terceiro maior produtor mundial de biodiesel, com

produção anual de 1,2 bilhão de litros (2008) e uma capacidade instalada em 2009 para 3,7 bilhões (Plano Nacional de Agroenergia, 2005).

Se o Brasil dispõe de área, de clima e de solos que precisam ser adubados para suprir as suas fragilidades, onde estão os fertilizantes necessários para o país?

O Brasil atende a quase toda a sua demanda de nutrientes com a aplicação de fertilizantes convencionais à base de NPK. Pelos dados apresentados na Figura 2, pode ser visualizado que, historicamente, o país depende da importação destes insumos há quase duas décadas.



Fonte: MBAgro, 2006.

Figura 2. Demanda nacional projetada para fertilizantes 2006/2025.

Esta situação, porém, tem se agravado ao longo dos anos, uma vez que entre os anos de 1983 e 2006 o consumo nacional aumentou quase dez vezes e a participação do produto importado cresceu neste período, de 32 para 65%.

Pelas projeções de crescimento da demanda feitas para o ano de 2025, a necessidade de insumos importados deverá chegar aos 86% e tal cenário é preocupante, pois a produção brasileira de alimentos e biocombustíveis poderá perder competitividade com os altos custos dos fertilizantes importados.

Considere-se que ao nível do conhecimento geológico atual e das reservas minerais avaliadas, poderá ocorrer um equilíbrio entre a oferta e a demanda apenas para a pauta do fosfato, não existindo perspectivas quanto ao nitrogênio e ao potássio, a menos que fortes investimentos em pesquisa mineral venham a trazer novidades no futuro. Notícias recentes informam sobre a potencialidade de potássio na camada salina que recobre os depósitos de petróleo no ambiente geológico do pré-sal (DNPM, 2008). Entretanto, os longos prazos de maturação dos projetos de mineração demandam um período de tempo nunca inferior a dez anos para colocar uma mina em operação, a partir de um prospecto.

Os desafios passam então pela inovação, pois da mesma forma que o Brasil ousou e consolidou o aproveitamento do álcool como alternativa aos combustíveis líquidos fósseis, é preciso ousadia para desenvolver tecnologia que venha a viabilizar, sob o ponto de vista agrônomo e econômico, a aplicação de outros bens minerais abundantes em nosso território como nutrientes para as plantas.

Há, ainda, a necessidade de adaptar as fontes convencionais de fertilizantes às condições tropicais, relativas ao manejo racional que enseje a dosagem adequada de nutrientes ao tipo de solo e cultura, e ao controle da taxa de liberação dos nutrientes (MARTINS *et al.*, 2008).

4 | OS AGROMINERAIS ALTERNATIVOS NO NORDESTE BRASILEIRO

A grande diversidade de rochas e minerais que podem ser utilizados na agricultura abre um leque de oportunidades a serem estudadas e testadas, visando a detectar materiais adequados nas proximidades das zonas agrícolas potenciais consumidoras, levando em consideração a intenção de fornecer uma alternativa de baixo custo e grande disponibilidade local.

O potencial destes minerais e rochas alternativos na região nordeste do Brasil é a seguir comentado e distribuído em três classes de rochas, com indicações das áreas prospectivas, tendo por base a cartografia geológica disponibilizada pela CPRM Serviço Geológico do Brasil, informações pessoais e de outras instituições.

4.1 | Rochas fertilizantes mononutrientes (P, K)

4.1.1 | Fósforo

As rochas fosfáticas são tradicionalmente lavradas, beneficiadas por métodos físicos e processadas por acidulação para transformar o concentrado fosfático em uma forma solúvel, produzindo em seguida os fertilizantes fosfatados convencionais SSP (superfosfato simples), TSP (superfosfato triplo), MAP (monoamônio fosfato) e DAP (diamônio fosfato).

Em diversos países têm sido desenvolvidas rotas tecnológicas alternativas, sendo mais comum a aplicação direta da rocha fosfática finamente moída ao solo, com resultados agrônômicos bastante discrepantes, por conta de fatores relacionados às

próprias características da rocha, ao tipo de solo e de planta. No caso do Brasil, por exemplo, as rochas fosfáticas de origem ígnea têm uma solubilidade bem menor que a das rochas sedimentares.

Por conta destes fatores existem inúmeras pesquisas para melhorar a solubilidade mediante processos de modificação das rochas fosfáticas, sendo citados na literatura (LUZ *et al.*, 2010) alguns apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Rotas para modificação das rochas fosfatadas.

Natureza do Processo	Rota
Físico	Moagem fina, ativação mecânica
Físico-químico	Fusão e calcinação
Químico	Acidulação, acidulação parcial, mistura com enxofre, lixiviação em pilha, mistura e granulação, troca iônica.
Biológico	Fosfocompostagem, maturação verde, biossolubilização, uso de turfa de coco, inoculação de micorrizas, fito-extração.

4.1.2 | Potássio

A liberação do potássio de outras fontes que não os sais de potássio, vem sendo estudada junto aos silicatos que têm esse elemento na sua composição (SILVA, 2009). Os resultados mostram melhores expectativas de sucesso no caso de minerais mais suscetíveis às ações químicas e biológicas, como a leucita e outros feldspatoides, as zeólitas, originadas em rochas vulcânicas e as micas flogopita e biotita. Também nestes casos há necessidade de melhorar a liberação do potássio induzindo atividades biológicas ou pelo processo de acidulação.

No que concerne à região nordeste, são relatados os seguintes experimentos com o fósforo e o potássio:

i) Universidade Federal Rural de Pernambuco desenvolve experimento em casa de vegetação com sienito e biotita acidulados com enxofre e gipsita para liberação do potássio e do magnésio, com bons resultados na liberação de K e Mg em experimentos nas culturas de grãos e da cana-de-açúcar (STAMFORD *et al.*, 2006).

ii) na Bahia, o Governo estadual, com a participação da EMBRAPA e financiamento do MCTI/CT Mineral, encontrou bons resultados com os testes em casa de vegetação, no uso do flogopitito da região de Carnaíba e Socotó, como fonte de potássio para as culturas de soja, milho, cítricos e fruticultura (SEPLAN, 2009);

iii) o grupo Votorantim lavrou, até os anos de 1990, uma mina de fosfato na bacia sedimentar Pernambuco – Paraíba, para produção de fosfato bicálcico e para aplicação direta da fosforita moída em plantações próprias, de cana-de-açúcar, na Zona da Mata pernambucana (REZENDE, 1994). Não se obteve referências bibliográficas sobre os resultados dessa experiência.

A seguir, apresenta-se a Tabela 4, contendo informações sobre as rochas mononutrientes, sua composição mineralógica e localização.

Tabela 4. Áreas prospectivas para rochas mononutrientes.

NR	Estado	Rocha ou Mineral (nutriente)	Localização
1	PI	Rocha fosfática (P) sedimentar da Formação Pimenteiras com teores de P_2O_5 em amostras pontuais variando entre 4 e 19%	Pimenteiras e São Miguel do Tapuio
2	PI	Flogopita (K) associada à vermiculita	Paulistana e Queimada Nova
3	PI	Kimberlitos ricos em potássio (K)	Gilbués
4	RN	Flogopitito (K) em garimpo de esmeralda	Paraná, Marcelino Vieira, Fco. Dantas
5	PE	Sienito álcali feldspato (K) da Serra do Man	Região de Triunfo
6	PE/PB	Rocha fosfática na Bacia Sedimentar PE/PB com teor médio de 10% P_2O_5	Litoral norte de PE e litoral sul PB
7	BA	Amazonita (K) fazenda Serra Azul	Potiraguá
8	BA	Flogopitito (K) encaixante de esmeraldas	Carnaíba e Socotó
9	BA	Sienito alcalino potássico (K)	Itiuba, Morro do Afonso, Santanópolis e São Félix
10	BA	Biotita (K) com alteração para vermiculita	Brumado

Fonte: CPRM (2001-2007).

4.2 | Rochas fertilizantes silicatadas multinutrientes

Estas rochas há muito tempo estão sendo estudadas por se constituírem uma alternativa de baixo custo, com a vantagem de serem portadoras de diversos macro e micronutrientes. Sua desvantagem é a lenta liberação destes nutrientes e diversos projetos de pesquisa são desenvolvidos com o intuito de entender os processos químicos e biológicos envolvidos no ciclo dos nutrientes até as raízes das plantas.

Trabalhos da literatura, entre os quais destacamos os Van Straaten (2007), relatam diversas experiências bem sucedidas de aplicação de minerais alternativos na agricultura, em diversas partes do mundo, bem como empreendimentos consolidados no suprimento destes materiais. O uso direto de matérias-primas minerais como fonte de nutrientes é feito pela técnica de rochagem, que submete as rochas a um processo de fina moagem, obtendo um produto conhecido no mercado como farinha de rocha, que é adicionado ao solo para promover a fertilização.

As pesquisas constataam que esta aplicação em climas tropicais atinge maiores taxas de dissolução e melhor efetividade, isto devido às altas temperaturas e umidade aí presentes, facilitando os mecanismos de reação entre os minerais e a solução do solo (THEODORO & LEONARDOS, 2006). Indicam ainda que as rochas vulcânicas fonolíticas e os basaltos apresentam as taxas de liberação mais elevadas, ao contrário dos granitos, e que foram obtidos resultados positivos na liberação de nutrientes contidos em rochas silicatadas ferromagnesianas e em lavas e tufos potássicos (SILVA *et al.*, 2008).

Van Straaten (2007) também relata os bons resultados alcançados com essa técnica a partir de experiências realizadas no Zimbábue, na Austrália, na Colômbia, Uganda, Sri Lanka e Israel.

No Brasil, são relatados os experimentos no uso de rochas nativas para sustento da agricultura familiar em Minas Gerais (THEODORO & LEONARDOS, 2006; FYFE *et al.*, 2006) e a produção de pó de rocha para agricultura, a partir da lavra e moagem de fonolito, em Poços de Caldas - MG, pela Mineração Curimbaba. Um marco no desenvolvimento de fon-

tes alternativas de nutrientes no país foi o Projeto “Estudo Prospectivo Relativo aos Agrominerais e Seus Usos na Produção de Biocombustíveis Líquidos com Visão de Longo Prazo (2035)”, tendo como instituição coordenadora o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e como instituições coexecutoras, a Embrapa Cerrados, a Universidade Federal de São Carlos, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil e o Departamento Nacional da Produção Mineral, com apoio do CT-Mineral/Fundo Setorial Mineral e da FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos. Os resultados iniciais desse projeto estão contidos na publicação *Agrominerais para o Brasil* (FERNANDES *et al.*, 2010).

Entre outros experimentos, são citados nessa publicação os resultados promissores obtidos pela Embrapa Cerrados e Universidade de Brasília nos estudos de aplicação da biotita xisto e do flogopitito de Nova Era – MG, Itabira – MG e Campo Formoso – BA; os ensaios de extração de potássio a partir da amazonita de Potiraguá – BA, realizados pelo CETEM; uso do basalto moído, obtido da Formação Serra Geral, para adubar mudas e viveiros; os estudos do CETEM com vistas à liberação do potássio contido no fonolito de Poços de Caldas – MG; emprego de riolitos e riodacitos de Guarapuava – PR, como fertilizante agrícola, dentre outros.

Merecem destaque na região nordeste do Brasil os trabalhos pioneiros da empresa MIBASA - Mineração Barreto S.A. (Arapiraca, AL) na produção e comercialização do MB-4, uma mistura de serpentinito e biotita xisto com calcário, que, além de corrigir a acidez do solo, promove a liberação lenta de silicatos e micronutrientes, sempre se recomendando a adição de matéria orgânica na sua aplicação por rochagem. Segundo informações da empresa, este produto tem sido aplicado há

mais de vinte anos nas mais diversas culturas: algodão, fumo, cana-de-açúcar, soja, feijão, milho, sorgo, fruticultura e hortaliças.

As rotas tecnológicas sugeridas para enfrentar o desafio do uso destes fertilizantes são a seguir condensadas:

- i) moagem fina e acidulação, a exemplo dos experimentos com a rocha fosfática;
- ii) modificação biológica – compostagem, mistura com enxofre ou gipsita acidulada, acidulação parcial, lixiviação em pilha;
- iii) combinação de multinutrientes com resíduos orgânicos para obter um composto orgânico;
- iv) estudos de laboratório e casa de vegetação para testar rochas de alta concentração catiônica e alto potencial de intemperização (feldspatoide, rocha máfica ou ultra potássica, rocha vulcânica rica em olivina);
- v) pesquisa na liberação de nutrientes induzida por ação microbiana para produzir fertilizante biologicamente melhorado.

As rochas potenciais na região nordestina para teste como fertilizantes são descritas nas Tabelas 5 a 9, incluindo a litoestratigrafia e a sua localização regional.

Tabela 5. Áreas prospectivas para rochas fertilizantes silicatadas multinutrientes (Estados: Maranhão, Piauí e Ceará).

Nº	Estado	Litoestratigrafia	Localização
10	MA	Anfibolito, filito, xisto verde	Região do Gurupi
11	MA	Biotita monzogranito	Região de Cantão
12	PI	Basalto e diabásio, intrudindo sedimentos cretáceos da Formação Sardinha	Extremo norte do estado, a oeste da rodovia Piracura, a Buriti dos Lopes
13	PI	Biotita, sienito, anfibólio da suite intrusiva Caboclo	Entre Queimada Nova e Cel. José Dias e ao norte de Curral Novo
14	PI	Serpentinito e gabro em corpos ultramáficos	Campo Alegre do Fidalgo
15	PI	Corpos ultramáficos que bordejam a Bacia do Parnaíba.	Limites do PI com estados de PE, CE e BA
16	CE	Metagabro e metaultramáficas serpentizados, metacalcários, rochas calcissilicáticas e ferromagnesianas	Canindé, Parambu, Independência, Sobral e Amontada
17	CE	Micaxisto grafitoso, anfibolito, rochas calcissilicáticas e ferromagnesianas	Acopiara, Banabuiu
18	CE	Metagabro, metabasalto, meta-ultramáficas, metatufos	Região central do estado, Mombaça e Pedra Branca
19	CE	Micaxistos, metacarbonatos, rochas calcissilicáticas, meta ultramáficas, serpentinitos e talco xistos	Granjeiro e Aurora
20	CE	Suíte ultrapotássica peralcalina com granodiorito a biotita e piroxênio	Região de Jardim e Brejo Santo
21	CE	Suíte granítica shoshonítica ultrapotássica com sienito e piroxenito	Região de Jati

Fonte: CPRM (2003-2007).

Tabela 6. Áreas prospectivas para rochas fertilizantes silicatadas multinutrientes (Estado: Rio Grande do Norte).

Nº	Estado	Litoestratigrafia	Localização
22	RN	Enxame de diques, soleiras máficas com anfíbolitos portadores de Fe, Ca, Mg, Na e K	Entre São Pedro e Eloi de Souza
23	RN	Gabro, monzonito com biotita, anfíbólio e piroxênio	Totoró, região de Currais Novos
24	RN	Monzo e sienogranito com biotita, anfíbólio e mega cristais de K feldspato	Umarizal, extremo oeste do estado
25	RN	Basalto e diabásio	Ceará Mirim
26	RN	Diabásio	Serra do Cuó, a leste de Açú
27	RN	Basalto e rochas alcalinas	Próximo a Macau
28	RN	Corpo metaltrabásico ao qual se associam Clorita talco xisto, serpentina tremolita, com flogopita e vermiculita – MgO (26 a 32%) e Fe ₂ O ₃ (2 a 10%)	Mina Bonfim em Lajes e entre Ouro Branco e Caicó
29	RN	Flogopita Tremolita mármore com calcita (66%), tremolita (10%), flogopita (8%), plagioclásio (8%) e quartzo (5%)	Barra do Rio, a sudoeste de São José do Seridó
30	RN	Rochas carbonatadas em contato com escarnitos hospedeiros de mineralização de scheelita, contendo molibdenita, calcita, dolomita vesuvianita, biotita, epidoto, quartzo, feldspato, turmalina, granada e fluorita. Produção de scheelita	Região de Currais Novos

Fonte: CPRM (2006).

Tabela 7. Áreas prospectivas para rochas fertilizantes silicatadas multinutrientes (Estados: Paraíba e Pernambuco).

Nº	Estado	Litoestratigrafia	Localização
31	PB	Rochas máficas com "skarns" mineralizados em apatita	Região de Sumé
32	PB	Basalto e diques sieníticos ultrapotássicos	Entre Princesa Izabel e Manaira
33	PB	Serpentinito em rocha ultramáfica	Mãe d'água, na região do Piancó
34	PB	Rocha máfica e ultramáfica com vermiculita como produto de alteração	Na região de Santa Luzia e Casserengue
35	PB	Tufo pórfiro que recobre os sedimentos da Formação Gramame	Zona da mata sul do estado
36	PB	Basalto sob a forma de diques e derrames com tipos vítreos na porção superior	Região de Boa Vista
37	PE	Rochas máficas intercaladas com gnaiss mineralizadas em Fe, Cr, Ti	Entre Parnamirim e Bodocó
38	PE	Rochas ultramáficas do complexo Monte Orebe	Município de Afrânio
39	PE	Rocha máfica de composição basáltica	Região de Pedras Pretas em Floresta
40	PE	Basalto, riolito e tufo na Bacia do Cabo, com teor de até 14% de K ₂ O	Cabo e Ipojuca
41	PE	Sienito com biotita e enclaves de rochas máficas	Alto Pajeú e Bom Jardim

Fonte: CPRM (2001-2002).

Tabela 8. Áreas prospectivas para rochas fertilizantes silicatadas multinutrientes (Estados: Alagoas e Sergipe).

Nº	Estado	Litoestratigrafia	Localização
42	AL	Rocha ultramáfica	Entre Pão de Açúcar e Piranhas
43	AL	Serpentinito e biotita xisto associados à rochas máficas. Produção de farinha de rocha	Serrote das Lajes, Jaramataia, noroeste de Arapiraca
44	AL	Sienito com feldspato potássico e biotita	Limoeiro de Anadia e Jaramataia
45	SE	Basalto, riolito e diabásio com plagioclásio e material carbonático	Entre Arauá e Tanque Novo
46	SE	Gabro norito em rochas ultramáficas com Cu, Ni, Fe e Ti	Canindé do São Francisco
47	SE	Sienito com fragmentos máficos e xenólitos de calcário	Curituba

Fonte: CPRM (2001-2006).

Tabela 9. Áreas prospectivas para rochas fertilizantes silicatadas multinutrientes (Estado: Bahia).

Nº	Estado	Litoestratigrafia	Localização
48	BA	Sienito e monzonito	Serra do Catu, próximo a Curitiba
49	BA	Diabásio	Município de Cel. João Sá
50	BA	Diabásio e gabro	Região de Curaçá e Caraíba
51	BA	Diabásio e gabro alcalino	Chapada Diamantina
52	BA	Corpos ultramáficos com serpentinito relacionados a pegmatitos e flogopitito encaixante das esmeraldas em exploração	Serra da Jacobina (Carnaíba e Socoto)
53	BA	Diabásio e gabro	Uauá e Caratacá
54	BA	Corpos máficos e ultramáficos	Vale do Curaçá
55	BA	Corpos máficos e ultramáficos	Mirabela e Palestina
56	BA	Meta vulcanito máfico com meta dolomito e filito	Baixo rio Salitre
57	BA	Meta vulcanito máfico com meta dolomito e filito	Região de Sobradinho
58	BA	Diabásio, gabro	Brotas de Macaúbas e Vale do Paramirim
59	BA	Sienito peralcalino com biotita, anfibólio e piroxênio	Campo Alegre de Lourdes
60	BA	Carbonatito com albita, apatita, biotita e magnetita	Angico dos Dias
61	BA	Rocha máfica e ultramáfica com piroxênio e magnetita	Rio do Peixe

Fonte: CPRM/CBPM (2009).

Tabela 9. Áreas prospectivas para rochas fertilizantes silicatadas multinutrientes (Estado: Bahia) – continuação.

Nº	Estado	Litoestratigrafia	Localização
62	BA	Rochas máfica e ultramáficas mineralizadas em cromita, em lavra	Vale do Jacurici e Serra do Cantagalo
63	BA	Metavulcânicas máficas e calcissilicáticas, em "greenstone"	Rio Capim
64	BA	Basalto, formação ferrífera, filito ("greenstone")	Rio Itapicuru
65	BA	Serpentinito, talco xisto em corpos ultramáficos	Açude das Pedras
66	BA	Serpentinito, anfíbolito, talco xisto em corpos ultrabásicos, com mineralização de cromo, em exploração	Campo Formoso
67	BA	Basalto anfíbolitizado e cloritizado em diques máficos	Entre Juazeiro e Sobradinho.
68	BA	Gabro, piroxenito, ilmenita, Apatita em complexo ultramáfico mineralizado com Fe, Ti, V	Campo Alegre de Lourdes.
69	BA	Complexo metamórfico máfico e ultramáfico serpentizado com vermiculita alterada da biotita. Lavra de vermiculita	Brumado

Fonte: CPRM/CBPM (2009).

Tais litologias geralmente se estendem por áreas imensas e, em pontos anômalos onde ocorreu mineralização interessante sob o ponto de vista da geologia econômica, desenvolveram-se ou desenvolvem-se trabalhos de mineração ou de garimpagem. Estes sítios são, portanto, locais prioritários cujas rochas e minerais devem ser testados como fonte de nutrientes, tanto sob o ponto de vista econômico, pois as rochas já estão extraídas e às vezes moídas, quanto do ponto de vista ambiental.

Neste último caso, a contribuição se dá com a viabilidade de aproveitamento das rochas encaixantes, dos minérios marginais de baixo teor e, ainda, dos rejeitos da lavra e do beneficiamento.

Entre outros, podem se enumerar na região nordeste os seguintes sítios geológicos onde se verifica a possibilidade do aproveitamento dos recursos minerais e que podem ser interessantes também como rochas mononutrientes fontes de potássio:

- i) minério marginal de vermiculita rico em flogopita e rejeitos de mineração de vermiculita, da região de Paulistana e Queimada Nova - PI (ocorrência n° 2);
- ii) rejeitos de kimberlitos da garimpagem de diamante em Gilbués - PI (ocorrência n° 3);
- iii) flogopita contida nos rejeitos da garimpagem de esmeralda, na região do extremo sudoeste do Rio Grande do Norte, nos municípios de Paraná, Marcelino Vieira, Francisco Dantas (ocorrência n° 4);
- iv) feldspato amazonita contido em pegmatito (ocorrência n° 6);
- v) flogopititos dos garimpos de esmeralda (ocorrência n° 7);
- vi) biotita e vermiculita rejeitados na mineração em Brumado - BA (ocorrência n° 9);

E como rochas fontes de multinutrientes, tem-se:

- vii) rejeitos dos corpos meta-ultrabásicos lavrados para extração de talco no Rio Grande do Norte (ocorrência n° 28);

- viii) rejeitos da lavra e de plantas de beneficiamento de scheelita, da região de Currais Novos (ocorrência n° 30);
- ix) rejeitos de vermiculita e rochas básicas na região de Santa Luzia e Casserengue - PB (ocorrência n° 34);
- x) rejeitos de rochas ultramáficas lavradas para obtenção da cromita em Cantagalo e Campo Formoso - BA (ocorrência n° 63).

4.3 | Minerais condicionadores de solo

Nas classes precedentes foram abordados as rochas e os minerais que podem atuar quimicamente na fertilização de solos. A seguir serão abordados alguns minerais que ocorrem no Nordeste dos quais podem ser aproveitadas propriedades químicas e físicas que melhoram as condições do solo.

4.3.1 | Gipsita

O nordeste é o maior produtor nacional de gipsita natural, oferecendo ao mercado 1,9 milhão de toneladas, das quais mais de 100 mil toneladas são para uso como gesso agrícola. O principal mercado consumidor é a região produtora de grãos no oeste baiano e o sul dos estados do Piauí e do Maranhão. Seis estados da região detêm reservas de gipsita (MA, PI, CE, RN, PE e BA), entretanto, a produção está concentrada no estado de Pernambuco.

Além da liberação do Ca e do S, a gipsita condiciona a excessiva quantidade de sódio adsorvido nos argilominerais de alguns tipos de solos e atua também na correção da acidez sub-superficial dos solos com alta saturação de alumínio, o que

impede o crescimento do sistema radicular das plantas. O sulfato de cálcio movimenta-se para as camadas mais profundas, reagindo com o alumínio na solução do solo, reduzindo, assim, a toxicidade.

O incremento do uso do gesso agrícola esbarra no custo do frete, onerado pelas precárias condições de acesso às zonas consumidoras.

A região nordeste não produz o fosfogesso, resíduo industrial da fabricação do ácido fosfórico, porém o ITEP – Instituto Tecnológico de Pernambuco, em parceria com outras instituições, desenvolve pesquisa para definir uma rota tecnológica básica para ser testada em escala piloto e industrial a fim de transformar os resíduos de gesso, oriundos da construção civil, em gesso agrícola reciclado, com aplicação eficiente na cultura da cana-de-açúcar. Ainda no âmbito do aproveitamento de rejeitos, existe necessidade de se aprofundar as pesquisas sobre as argilas do capeamento e os folhelhos escuros subjacentes à camada de gipsita.

Experimentos foram realizados visando à aplicação destes materiais como condicionadores de solos arenosos cultivados para a fruticultura irrigada. As análises mineralógicas da argila revelam a presença de montmorilonita, moscovita, wedelita, microclina e calcita e a composição química com carbonato de cálcio equivalente a 12%, capacidade de troca de cátions 25 a 40 cmole/dm³, fósforo assimilável 15 a 40 mg/dm³ na argila e 200 a 300 mg/dm³ no folhelho, matéria orgânica 4 a 7% na argila e 32% no folhelho (CAVALCANTI, 2009). Os resultados indicam melhoria da produtividade da fruticultura com perspectivas de uso do produto a serem confirmadas com estudo de viabilidade econômica.

4.3.2 | Vermiculita

Este mineral derivado de alteração supergênica de micas, como biotita e flogopita, tem aplicações em diversos setores industriais e também na agricultura e horticultura.

As reservas brasileiras estão contidas em depósitos de carbonatos (Catalão - GO) e de alteração de biotita/flogopita em complexos máficos/ultramáficos, como é o caso da região Nordeste (PI, RN, PB, PE e BA). Nesta região os principais produtores são a Paraíba, o Piauí e a Bahia, em ordem decrescente, não havendo ainda produção em Pernambuco e Rio Grande do Norte.

A ampla gama de usos da vermiculita se deve à sua propriedade de esfoliação, ou seja, expansão perpendicular à sua estrutura foliar, depois de submetida a aquecimento, quando, então, adquire propriedades físicas de flutuação, isolamento térmico e acústico e notável capacidade de troca iônica.

Na agricultura e horticultura, além de atuar como fonte dos nutrientes Ca, K, Mg, atua ainda como:

- inibidor de lixiviação de nutrientes de adubos;
- retentor de água em jardinagem e agricultura;
- meio germinador de sementes;
- condicionador de solos ácidos e argilosos;
- veículo para inseticidas, herbicidas, fungicidas e fumigantes.

Alguns estudos foram desenvolvidos para a aplicação dos rejeitos de vermiculita na agricultura como fonte de potássio, a exemplo de França *et al.* (2010). Foram obtidos percentuais de

extração de cerca de 3% do potássio contido na vermiculita (1077 mg.kg^{-1}), utilizando a solução Mehlich 1, para 24 horas de exposição ao meio extrator.

O mercado interno da vermiculita para uso agrícola tem crescido nos últimos anos, acompanhando o desenvolvimento setorial; o mercado externo se mostra acessível, desde que atingida economia de escala na produção das minas em operação, pois consultas feitas para o fornecimento de concentrado de vermiculita a granel, na ordem de grandeza de 30.000 toneladas anuais, têm sido recebidas, no entanto, sem condições de atendimento (SZNELWAR & SCALABRIN, 2010).

No Brasil existe também deficiência no conhecimento geológico e na avaliação das jazidas de vermiculita, necessitando de uma melhor definição da zona de minério marginal. Há deficiência também no aproveitamento de finos que são perdidos durante o seu processamento.

O desenvolvimento de tecnologia mineral se faz imprescindível nas áreas de parametrização de reservas, de flotação do minério fino que se perde no processamento industrial, o qual poderia ser usado como fertilizante natural, e ainda, em experimentos agrícolas para uso da vermiculita como veículo de aplicação de inseticidas de longa duração.

4.3.3 | Zeólitas

Consideram-se Zeólitas todas as substâncias cristalinas com estrutura caracterizada por um arcabouço de tetraedros interligados, cada um consistindo de quatro átomos de oxigênio envolvendo um cátion. Esse arcabouço contém cavidades abertas, na forma de canais e “gaiolas”, normalmente ocupadas por

moléculas de água e cátions extra-arcauço, os quais são, em geral, trocáveis.

Este mineral tem um vasto campo de aplicação tecnológica e seu uso na agricultura se deve às suas propriedades de alta porosidade, alta capacidade de troca de cátions e a sua seletividade para cátions de potássio e amônia. Esta última propriedade enseja a mais importante aplicação, pois ela pode absorver fertilizantes de amônia, armazená-los nos seus espaços vazios e liberá-los lentamente para as plantas, além de facilitar uma maior aeração do solo.

A rocha hospedeira da mineralização é a Formação Corda, da Bacia do Parnaíba. As zeólitas formam o cimento de arenitos depositados em um ambiente desértico desenvolvido sobre derrames basálticos mesozoicos (Formação Mosquito). O conteúdo de zeólitas nesse minério é variável, registrando-se teores da ordem de até 50%, o que demanda um processo de enriquecimento para sua aplicação (REZENDE, 2006).

As espécies que contêm naturalmente quantidades mais significativas de potássio podem também ser usadas como fertilizantes. A principal área de ocorrência no Brasil situa-se na porção sudoeste da Bacia do Parnaíba, abrangendo parte dos estados do Maranhão e do Tocantins, na bacia do rio Tocantins, com acesso pela rodovia BR-010 e pela ferrovia norte-sul.

Os estudos preliminares de beneficiamento e aplicação dos concentrados destas zeólitas, realizados pelo CETEM e EMBRAPA (FERNANDES *et al.*, 2010) têm apontado para a viabilidade de seu uso como insumo agrícola e outras aplicações, sendo ainda requeridos estudos complementares para

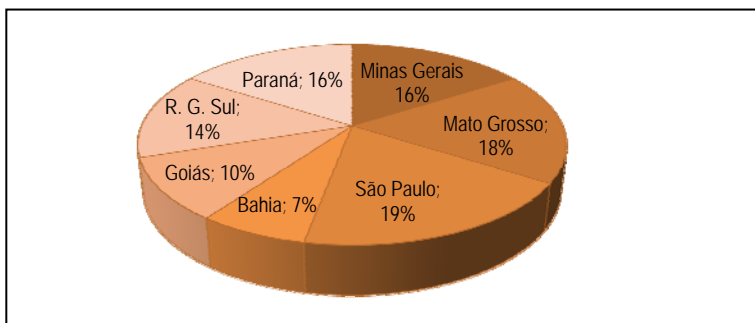
sua melhor caracterização (reservas, distribuição espacial, zoneamentos mineralógicos e enriquecimento do concentrado).

Outro exemplo de aplicação de zeólitas na horticultura foi desenvolvido por Bernardi *et al.* (2005), para uso de substrato zeolítico em cultivo de alface. Os resultados mostraram que a alface cultivada em meio com zeólita, enriquecida com fósforo, apresentou melhor qualidade visual e maior produtividade.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os produtos agrícolas desempenham um importante papel no suprimento do mercado interno e na pauta de exportação brasileira. Essa produção vem mantendo um crescimento histórico incentivando o aumento da demanda de fertilizantes à base de NPK, cuja importação significou cerca de 65% do consumo nacional em 2006, projetando-se para o ano 2025 uma preocupante dependência de 86%.

É importante atentar para o fato de que o consumo de fertilizantes é concentrado em poucos estados, como mostra o gráfico apresentado na Figura 3, onde oito estados respondem por quase 90% do consumo nacional de fertilizantes (BEZERRA, 2010).



Fonte: FAEP, 2006.

Figura 3. Consumo de fertilizantes por estado.

No que tange à oferta nacional, os fertilizantes fosfatados e nitrogenados são produzidos em maior escala nas regiões consumidoras citadas; já os fertilizantes convencionais potássicos são produzidos apenas na região nordestina, no complexo da mina-usina de Taquari-Vassouras–SE. Juntando-se as minas de fosfato do oeste baiano e as fábricas de fertilizantes nitro-

genados de Camaçari–BA e Laranjeiras–SE, a região seria, no momento, teoricamente autossuficiente em fertilizantes convencionais.

Ressalta-se, entretanto, que os altos preços das fontes de nutrientes convencionais concorrem para alijar desse mercado o pequeno produtor rural, que constitui a grande massa que habita o interior do nosso território.

Conclui-se, assim, que o país está diante de um panorama de preocupação e de esperança, o qual pode ser resumido pelas seguintes assertivas:

- i) a ampliação da área agrícola nacional, tanto para atender a produção de grãos, como pelas necessidades dos biocombustíveis;
- ii) dependência do subsolo alheio, no que se refere ao suprimento do fertilizante convencional;
- iii) os altos preços dessas *commodities* no mercado internacional;
- iv) dificuldades de acesso do pequeno produtor rural ao uso do fertilizante convencional, haja vista que o preço do seu produto não cobre os custos envolvidos;
- v) abundância de depósitos agrominerais alternativos, com boa distribuição pelo território brasileiro;
- vi) experiências agrícolas exitosas com fontes alternativas de nutrientes, comprovadas dentro e fora do país, por instituições científicas e por iniciativas empresariais;
- vii) possibilidade de dinamizar a economia local, regionalizando parte da produção de nutrientes no país, ge-

rando emprego e renda em sítios de limitadas oportunidades de negócios;

- viii) finalmente, sugere-se como estratégico o investimento no desenvolvimento de rotas tecnológicas para aproveitamento do potencial de fontes nutrientes alternativas, conjugando os conhecimentos na interface da área mineral e agrícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDA. Associação Nacional para a Difusão de Adubos. A Indústria de Fertilizantes no Mundo e no Brasil. São Paulo, 2007. Disponível em <<http://www.anda.org.br>>
- BARBOSA, A. J. e LEMOS, L. B. S. G. Fosfato de Miriri Estados de Pernambuco e Paraíba. CPRM. Rio de Janeiro, 2001.
- BERNARDI, A. C., VERRUMA-BERNARDI, M. R.; WERNECK, C. G., HAIM, P. G., MONTE, M. B. M. Produção, aparência e teores de nitrogênio, fósforo e potássio em alface cultivada em substrato com Zeólita. Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.4, p.920-924, out-dez, 2005.
- BEZERRA, M. S. Perfil do setor mineral do Nordeste e análise das possibilidades de incremento da atividade mineral na região. In: Projeto Estal. J.Mendo/MME/Banco Mundial. Desenvolvimento de estudos para elaboração do PNM (2010/2030). Produto 55: potencial do incremento do setor mineral do Nordeste. Brasília, 2009. Disponível em <www.mme/sgm>.
- CAVALCANTI, A. C. Uso de argilas derivadas do polo gesseiro para melhoria de solos arenosos na fruticultura irrigada. Disponível em: <<http://www.mineagro.com>>. Acesso em: 25 set. 2009.
- CBPM – Companhia Baiana de Pesquisa Mineral. Bahia Land of Opportunities. Salvador, 2009. Disponível em CD.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba. Recife, 2002.
- _____. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Pernambuco. Recife, 2001.
- _____. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Recife, 2006.
- _____. Geologia do Estado de Sergipe. Salvador, 1998.
- _____. Mapa Geológico do Estado do Piauí. Teresina, 2007.

_____. Ceará Atlas Geográfico. Fortaleza, 2003.

_____. Mapeamento Geológico do Brasil ao Milionésimo – Folhas SA-23, SB-23, SB-24. Brasília, 2001.

DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. Potássio. Brasília: Informe Mineral: Desenvolvimento & economia Mineral (1º Semestre 2008). V.6. Disponível em <www.dnpm.gov.br>.

FERNANDES, F. R. C., LUZ, A. B., CASTILHOS, Z. C. (eds.) (2010). Agrominerais para o Brasil. Rio de Janeiro, RJ: Centro de Tecnologia Mineral, CETEM, 300p.

FRANÇA, S. C. A., LUZ, A. B., SANTOS, J. S. e BORGES, R. S. Estudo da aplicação de resíduos de Vermiculita como fertilizante alternativo de potássio. Anais do II Simpósio de Minerais Industriais do Nordeste, p.125-131, 2010.

FYFE, W. S., LEONARDOS e O. H., THEODORO, S. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. Anais Academia Brasileira de Ciências. 2006 Dec;78(4):715-20.

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA – Relatório de Atividades 2006. Disponível em: <www.seplan.ba.gov.br>. Acesso: março 2009.

LUZ, A. B., LAPIDO-LOUREIRO, F. E., SAMPAIO, J. A., CASTILHOS, Z. C. e BEZERRA, M. S. Rochas, minerais e rotas tecnológicas para a produção de fertilizantes alternativos. In: Agrominerais para o Brasil (Eds. Fernandes, F.R.C., Luz, A.B. e Castilhos, Z.C.), CETEM/MCT, p.61-89, 2010.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano Nacional de Agroenergia. Brasília, 2005.

MB Agro - Oferta e demanda de fertilizantes no Brasil: uma avaliação da dependência externa da agricultura brasileira. Disponível em: <http://mbagro.com.br>. Acesso em: novembro 2008.

REIS, E. Vermiculita no Brasil Situação atual. MCT-CGEE. Brasília, 2002.

- REZENDE, N. G. A. da M. e MONTE, M. B. M. Zeólitas Naturais. In Rochas e Minerais Industriais. Rio de Janeiro: CETEM, 2005.
- REZENDE, N. G. A. da MATA. O fosfato de Olinda e os Conflitos da Mineração. Recife: CPRM, 1994. 19 p.
- SILVA, A. S. S. Caracterização de flogopitito da Bahia para uso como fertilizante alternativo de potássio. Dissertação de mestrado, IQ/UFRJ, 72p., 2009.
- SILVA, E. A., CASSIOLATO, A. M. R., MALTONI, K. L. e SCABORA, M. H. Efeitos da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e sobre o crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott. Revista da Árvore, Viçosa-MG, v.32, n.2, p.323-333, 2008.
- STAMFORD, N. P., SANTOS, C. E. R. S., FREITAS, A.D.S. e LIMA, R. Rockbiofertilizers with acidithiobacillus on sugarcane yield and nutrient uptake in a brazilian soil. Geomicrobiology Journal. V. 23, n. 5, p. 261-265, 2006.
- SZNELWAR, J. J., SCALABRIN, R. Relatório Técnico 48 – Perfil da Vermiculita. In:PROJETO ESTAL. MME/SGM. Brasília, 2010.
- THEODORO, S.H. e LEONARDOS, O.H. The use of rock to improve family agriculture in Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2006 Dec;78(4):721-30.
- Van STRAATEN, P. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. Department of Land Resource Science, University of Guelph, Guelph, ON, Canada N1G 2W1. 2007.

SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2010, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 200 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <http://www.cetem.gov.br/series>.

Últimos números da Série Rochas e Minerais Industriais

SRMI-14 – Estudos de Caracterização Tecnológica e Beneficiamento do Caulim da Região Borborema-Seridó (RN). Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva, Flávio Teixeira da Silva, Adão Benvindo da Luz, João Alves Sampaio, João Alves Sampaio, 2008.

SRMI-13 – Aproveitamento de feldspato pegmatítico da região Borborema-Seridó para produção de vitrocerâmica feldspática reforçada com leucita. Carla Napoli Barbato, Tsuneharu Ogasawara e João Alves Sampaio, 2008.

SRMI-12 – Pigmentos Inorgânicos: Propriedades, Métodos de Síntese e Aplicações. Rui de Goes Casqueira e Shirleny Fontes Santos, 2008.

SRMI-11 – Reologia Aplicada ao Transporte de Polpas Mineraias em Dutos. Christine Rabello Nascimento, 2008.

INFORMAÇÕES GERAIS

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ

Geral: (21) 3867-7222

Biblioteca: (21) 3865-7218 ou 3865-7233

Telefax: (21) 2260-2837

E-mail: biblioteca@cetem.gov.br

Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

NOVAS PUBLICAÇÕES

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.