

## **EXPERIÊNCIAS DE USO DE ROCHAS SILICÁTICAS COMO FONTE DE NUTRIENTES**

**Suzi Huff Theodoro<sup>1</sup>, Othon Leonardos<sup>2</sup>, Eduardo Lyra Rocha<sup>3</sup> & Kleysson Garrido Rego<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Universidade de Brasília/CEAM/NEAGRI. Ed. Multiuso I, Bl. B 1º. And. S.B1-50  
CEP 70910-900 Brasília/DF  
suzitheodoro@unb.br

<sup>2</sup>Universidade de Brasília/CDS, SAS Quadra 05, Bloco H sala 200  
CEP 70070-914, Brasília, DF,  
l othon@cds.unb.br

<sup>3</sup>Instituto de Permacultura: Organização, Ecovilas e Meio Ambiente -  
eduardo@ipoema.org.br

<sup>4</sup>Instituto Preservar  
kleysson@fusi.org.br

Recebido 10 de agosto de 2006, revisado 22 de setembro, aceito 25 de outubro

**RESUMO** – O presente artigo aborda os benefícios produtivos, sociais e ambientais da incorporação da técnica de Rochagem para o setor agrícola, especialmente para o grupo dos agricultores familiares. A Rochagem é uma tecnologia social de baixo impacto, que pode ser entendida como um rejuvenescimento ou recondicionamento de solos empobrecidos quimicamente pelo uso intensivo ou pelo desgaste natural. Baseia-se no uso do pó de determinados tipos de rochas que contenham, preferencialmente, quantidades apreciáveis de macronutrientes (cálcio, potássio, fósforo e magnésio) e de micronutrientes (cobalto, molibdênio, vanádio, boro, cobre etc). Os resultados descritos neste trabalho refletem cerca de 12 anos de pesquisa desenvolvida pela equipe da UnB (NEAGRI/CEAM/CDS) junto a agricultores familiares assentados, quilombolas e ribeirinhos.

**Palavras-Chave:** rochagem, fertilização, agricultura familiar e produtividade.

**ABSTRACT** – The present work approaches the productive, social and environmental benefits of the incorporation of the Stonemeal technique for the agricultural sector, especially for the family farmers group. Stonemeal is a low impact technology (or social)

that can be understood as a renewal or reconditioning of soils chemically impoverished by the intensive use or by the weathering. It is based on the use of dust from established rock types that have, preferably, considerable amounts of macronutrients (calcium, potassium, phosphorus and magnesium) and micronutrients (cobalt, molybdenum, vanadium, boron, copper etc). The results described in this work are the reflection of 12 years of research developed by an UnB (NEAGRI/CEAM/CDS) team together with the family farmers settled, “quilombolas” and waterside.

**Keywords:** Stonemeal, fertilization, family farmers e productive.

## INTRODUÇÃO

A atividade econômica produtiva causa alterações nos componentes ambientais, independentemente da forma como venha a ser praticada, pois, de modo geral, o processo produtivo está associado ao uso dos recursos ou bens naturais. O modelo de desenvolvimento em vigor valoriza o que é transformado, modificado e antropofizado. A corrente de pensamento dominante é a de que os países serão crescentemente mais desenvolvidos, quanto mais desbravarem o meio natural, domesticado-o. Segundo este entendimento, o ambiente natural tem valor apenas como reserva de recursos ou para a deposição do que sobrou no processo de produção.

Dentre os setores produtivos que mais impactam o meio ambiente estão a mineração e a agricultura. O primeiro, apesar de ter uma atuação pontual (no entorno das jazidas), causa uma série de transformações e gera uma grande quantidade de rejeitos. Do mesmo modo, a agricultura moderna, dependendo do tipo de cultura e de manejo, também causa enormes transformações, pois necessita de extensas áreas para tornar-se uma atividade lucrativa. Além disso,

necessita transformar e adaptar as condições de fertilidade dos solos, de forma a sustentar os padrões de produção de larga escala. Este fato é especialmente problemático em regiões de climas tropicais, onde os solos já são desgastados pelos processos intempéricos e antrópicos (Leonardos *et al.* 2000). O fato relevante é que, para alterar as condições de fertilidade, o modelo agrícola moderno vem utilizando-se de insumos altamente solúveis que provocam o esgotamento dos solos de forma acelerada. Para reverter esta tendência, o setor agrícola, especialmente aquele representado pelos agricultores familiares, precisa de novas alternativas que sejam disponíveis a partir do uso de recursos disponíveis localmente.

Nesse sentido, o oferecimento de alternativas tecnológicas para esse grande contingente de excluídos, seja do ponto de vista econômico, social ou cultural, é fundamental para minimizar seu estado de pobreza. A incorporação de tecnologias de fácil assimilação, como é o caso da Rochagem, pode desencadear desdobramentos múltiplos, capazes de auxiliar na viabilização de uma produção agrícola menos demandadora dos recursos naturais, mais baratas e, ainda, possibilitar a manutenção e autonomia de pequenos agricultores<sup>1</sup> em suas terras, além de viabilizar uma produção de alimentos livres de agroquímicos, assegurando melhores níveis de segurança alimentar. Parte-se do pressuposto de que projetos que se revertam em formas alternativas de produção geram condições para o desenvolvimento local, atraindo novas formas de créditos, que poderão ser revertidas para programas sociais e ambientais.

<sup>1</sup> Segundo dados da DIESE/MDA, 2006, a agricultura familiar no Brasil é responsável por 40% da produção agrícola e por 70% dos alimentos produzidos em no país. São mais de 4 milhões de estabelecimentos rurais, com área de até quatro módulos, representando mais de 20 milhões de pessoas.

A Rochagem é uma tecnologia que pretende reverter o uso desmedido de insumos químicos, bem como se tornar uma prática facilmente assimilada pelos agricultores, em função dos seus princípios e, especialmente, de seus custos. Configura-se, portanto, como um instrumento de mudança, uma vez que pode ser entendida como um processo de rejuvenescimento ou remineralização do solo, mediante a adição de pó de rocha/sedimentos ou seus derivados. Esta prática tem a capacidade de alterar positivamente os parâmetros de fertilidade dos solos sem afetar o equilíbrio do meio ambiente. De modo geral, as rochas utilizadas devem ser fontes naturais de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, além de uma série de micronutrientes indispensáveis à nutrição vegetal. Além disso, e mais importante, o uso de pós de rochas (ou farinhas de rocha) facilita o equilíbrio entre os diferentes elementos que compõem os agroecossistemas. Portanto, além de produtividades compatíveis, a técnica da Rochagem prevê uma mudança na forma de produzir alimentos. Por fim, esta tecnologia tem a pretensão de aliar os dois setores que, tradicionalmente, não possuem interação e que são considerados dois grandes vilões ambientais: mineração e agricultura. O problema de um (excesso de rejeitos) pode-se transformar em solução para o outro (fertilizantes/insumos).

Tais características permitem afirmar que a tecnologia da Rochagem incorpora vários princípios da Agroecologia, uma vez que não tem um foco exclusivo na produção, mas, também, na sustentabilidade ecológica e socioeconômica do sistema de produção. Conforme Ehlers (1999), e Gliessman (2001), a prática agroecológica necessita que se observem alguns aspectos, tais como: promover uma agricultura de baixo impacto ambiental; minimizar drasticamente o uso de poluentes químicos na forma de insumos; utilizar práticas

conservacionistas de solo, de água e da biodiversidade; intensificar o uso de insumos internos; favorecer a ciclagem dos nutrientes; resguardar a soberania alimentar; obter excedentes para a geração de renda e utilizar tecnologias apropriadas às realidades locais específicas, promovendo o controle local dos recursos agrícolas. Pode-se afirmar que o uso de pós de rochas está em completo acordo com tais pressupostos.

Portanto, o principal objetivo deste trabalho é apresentar os resultados e os benefícios advindos da implementação da tecnologia da Rochagem em meio aos agricultores familiares com diferentes perfis. É importante alertar que os principais parâmetros considerados não se enquadram nas metodologias agronômicas tradicionais. Além da produtividade, das mudanças nos padrões de fertilidade dos solos e das características visuais das plantas (perfilhamento, enraizamento e massa verde) considerou-se como parâmetro fundamental a opinião dos agricultores envolvidos nos experimentos. As observações sobre o desenvolvimento das plantas, a presença de pragas, a manutenção da umidade e a produção propriamente dita, também são parâmetros importantes que vêm sendo sistematizados. De modo geral, sempre que possível, buscou-se delinear os experimentos, bem como quantificar e qualificar a produtividade das áreas testemunhas e das parcelas de teste.

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Ao longo da pesquisa, vários procedimentos foram sendo modificados e novas ferramentas foram sendo incorporadas de forma a tornar os dados obtidos nas diferentes Unidades Experimentais (ou demonstrativas) mais consistentes, facilitando também a sistematização de resultados. Outro ponto importante que

merece ser destacado é a proposta intrínseca desta pesquisa que tem a intenção de desencadear, em meio aos agricultores, processos de percepção e aprendizado de alguns princípios e práticas agroecológicas.

Como já mencionado, o público-alvo tem sido as comunidades de agricultores familiares (Assentamento Fruta D'Anta/MG, agricultores quilombolas/Bahia e agricultor familiar da Serra Gaúcha/RS e agricultor orgânico/DF). A seguir são informados os procedimentos metodológicos adotados nas diferentes áreas experimentais:

- Ensaios de caracterização física das rochas (Granulometria, Gs, LL e LP, etc);
- Ensaios de caracterização química do pó de rocha a ser utilizado (química total e fertilidade - combinação de métodos de plasma indutivamente acoplado, análise de ativação neutrônica e espectrometria de massa);
- Estudo das características físicas e químicas do solo que receberá o pó de rocha;
- Estudo das características e possíveis contaminantes do pó de rocha a ser utilizado;
- Escolha das culturas a serem testadas (abacaxi, milho, feijão, cana-de-açúcar, mandioca, frutas e etc.);
- Elaboração de um *desing* da área, bem como as repetições, tratamentos e proporções de mistura e das culturas testadas. Com este mecanismo tem se buscado a formatação de um padrão regional;

- Acompanhamento do desenvolvimento das plantas, fazendo aferições de altura, diâmetro e produtividade;
- Os resultados de produtividade, nas diferentes parcelas, têm sido sistematizados por meio de diagramas, histogramas e tabelas;
- Elaboração de indicadores que podem mostrar os ganhos econômicos e ambientais dos diferentes tratamentos;
- Levantamento das condições socioeconômicas e culturais locais, com vistas à se conhecer e se entender as potencialidades, demandas e especificidades dos agricultores parceiros dos projetos, com o objetivo de gerar diagnósticos capazes de subsidiar a aplicação das propostas adequadas às demandas locais;
- Viabilização, em conjunto com as lideranças locais, de um levantamento das potencialidades dos possíveis mercados, onde os produtos gerados possam ser escoados de forma diferenciada, agregando valor e colocando em evidência a sua forma sustentável e o lastro social neles contidos;
- Realização do Diagnóstico Rápido e Participativo (DRP) em meio aos agricultores beneficiados pela pesquisa. Neste diagnóstico, é feita uma avaliação do grau de aceitação e dos benefícios decorrentes da fertilização com a técnica de Rochagem. Pode-se dizer que a percepção, o entendimento e a assimilação da técnica pelos agricultores são os principais parâmetros considerados nas pesquisas, pois ninguém avalia melhor uma nova tecnologia agrícola do que aquele produtor que considera a terra o seu maior recurso;

- Identificação de capacidades e lideranças locais de cada comunidade de forma a desenvolver e fortalecer a organização social;
- Oferecimento de cursos de capacitação, onde se busca fornecer noções gerais sobre tecnologias agroecológicas, comercialização, inserção no mercado, marketing e desenvolvimento sustentável.

### **REJEITO MINERAL NÃO É LIXO. É LUXO**

O uso de pó de rocha para alterar positivamente as características dos solos vem sendo proposto no Brasil desde a década de 1950 (Ilchenko e Guimarães (1953), Guimarães (1955). Posteriormente, Leonardos *et al.* (1972, 1987, 1999), Theodoro (2000 e 2005), Theodoro e Leonardos (2006), e Fyfe, Leonardos e Theodoro (2006) vêm mostrando o potencial da técnica da Rochagem para incrementar os padrões de fertilidade dos solos tropicais. Em nível mundial, mais recentemente, vários pesquisadores (van Straaten 2006 e 2007; Jama e van Straaten 2006) vêm mostrando os resultados positivos obtidos com o acréscimo de alguns tipos de rochas aos solos. O pressuposto básico desta tecnologia é a busca do equilíbrio dos nutrientes nos solos agricultáveis por meio da remineralização ou do rejuvenescimento dos mesmos, favorecendo o alcance da fertilidade plena, que é o parâmetro fundamental para tornar os solos sustentavelmente produtivos.

Considerando que o Brasil é um país extremamente diverso do ponto de vista geológico, que existe uma enorme quantidade de pedreiras e de minerações no País e que as mesmas produzem quantidades enormes de rejeitos ao longo do processo de produção, um novo destino, mais nobre que o lixo, deve ser dado



a estes materiais. A prática da Rochagem proporciona o aproveitamento destes materiais, geralmente considerados resíduos descartáveis pelo processo de concentração de determinados tipos de minérios. Portanto, a adição de pó de rocha como forma de melhorar as condições de fertilidade dos solos sem afetar o equilíbrio do meio ambiente pode se converter em um interessante arranjo de produção que potencializa solução para os dois setores. No entanto, é necessário lembrar que o uso de pó de rochas (rejeitos) está condicionado a alguns pressupostos básicos, quais sejam: (i) o material deve ser rico e conter quantidades mínimas de macro-elementos (a presença de micro-elementos também é importante) e não possuir contaminantes; (ii) deve estar disponível na própria região (caso contrário, o custo do transporte inviabiliza sua aplicação); (iii) é conveniente que se façam análises de fertilidade do solo que receberá o material, bem como das rochas que serão utilizadas para fertilizar (com esta medida, é possível conhecer as condições naturais do solo antes da aplicação do material, de forma a facilitar o acompanhamento das mudanças ao longo do tempo); e (iv) é aconselhável que se faça o uso combinado dos pós de rochas com materiais de origem orgânica, advindos, por exemplo, da compostagem ou da adubação verde. O material tanto de origem mineral quanto orgânica pode ser incorporado ao solo em toda área de plantio ou ser distribuído nos sulcos e covas que receberão as plantas.

A pesquisa conduzida na Universidade de Brasília (NEAGRI/CEAM/CDS) vem utilizando rejeitos de minerações de basaltos, granitos, tufos vulcânicos e piroxenitos. Os resultados dos experimentos de campo (Unidades Experimentais), desenvolvidos em várias partes do Brasil, confirmam os benefícios econômicos, ambientais e de produtividade, especialmente em culturas de ciclo mais longo.

Porém, resultados positivos também vêm ocorrendo em culturas de ciclo curto, especialmente o milho.

A **Tabela 01** apresenta os dados referentes à disponibilidade de nutrientes presentes na composição de algumas rochas (ou dos rejeitos gerados pela atividade de mineração) em diferentes pontos do país. Todos os litotipos apresentados na Tabela já foram objeto de experimentos de campo, em unidades experimentais com diferentes tipos de cultura, com o intuito de verificar o potencial de tais materiais como fornecedores de nutrientes para as plantas. Em todos os casos, os solos que receberam o pó de rocha (ou os rejeitos das minerações) apresentavam baixos índices de fertilidade, com carências significativas dos principais macronutrientes e com níveis de pH bastante ácidos. Cada um dos materiais testados apresentou vantagens do ponto de vista produtivo, mas os melhores resultados foram obtidos com materiais derivados de rochas vulcânicas básicas e ultrapotássicas, que contêm quantidades significativas de cálcio, magnésio, fósforo, potássio e vermiculita, além de baixos conteúdos de sílica. A partir dos dados disponíveis na **Tabela 1**, é possível verificar que, apesar das diferenças de composição das diferentes fontes de pós de rochas, todas têm quantidades apreciáveis nos principais macronutrientes.

As diferenças geoquímicas dizem respeito à gênese de cada rocha. O importante é que todas as rochas apresentam maiores ou menores quantidades de elementos importantes para a nutrição vegetal. Nos casos onde a carência de um determinado elemento pode comprometer a nutrição integral das plantas, sugere-se a formação de um *mix* de rochas, de forma a facilitar a disponibilização de todos os macronutrientes necessários ao pleno desenvolvimento das plantas.

Tal procedimento já vem sendo adotado por algumas mineradoras de São Paulo que comercializam o pó de rocha, especialmente na cidade de Limeira. No caso dos experimentos conduzidos no âmbito desta pesquisa, sempre que possível, combinou-se o pó de rocha com materiais derivados de processos de compostagem e/ou adubação verde. Esta medida visa a disponibilização de nitrogênio e de matéria orgânica não disponível nas rochas.

Importante lembrar que a vantagem do uso dos rejeitos gerados pela atividade mineral reside no fato de que este material já se encontra moído (com granulometria variada). Em muitos casos, o material está disponível com tamanhos que variam de muito fino (argila) até cascalho grosseiro (pedrisco), pronto, portanto, para o uso. A diversidade granulométrica tem a função de melhorar as características de permo-porosidade do solo. Além disso, potencializa a oferta de macro e micro-elementos por mais tempo.

**Tabela 1** - Comparação de rochas com diferentes composições .

Química	Lavas vulcânicas <sup>1</sup>	Tufos Vulcânica <sup>2</sup>	Basalto SC <sup>3</sup>	Piroxenito Ipirá <sup>4</sup>	Fosfato Natural <sup>4</sup>	Granito BA <sup>4</sup>
SiO <sub>2</sub>	39,1	30,18		61,8	-	56,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,6	6,98		13,2	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,6	14,09		4,8	-	0,14
MgO	17,1	10,22	0,32	3,7	0,40	0,35
CaO	10,1	7,16	1,12	6,2	0,36	1,35
K <sub>2</sub> O	2,3	2,13	0,01	4,5	0,25	0,18
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,47	2,37	0,37	0,92	5,5	0,25

1 Leonardo *et. al* 1991

2 Theodoro, 2000

3 Almeida *et.al*, 2006

4 Projeto Cio da Terra(Convenio SECOMP/UnB)

Por um lado, os materiais mais finos (tamanho argila e silte) disponibilizam mais facilmente seus principais elementos, podendo, em função do intemperismo ou da abrasão, se transformar mais rapidamente em argilo-minerais. Este caso é especialmente importante nos rejeitos que contêm feldspatos, piroxênios, olivinas, flogopitas e apatitas. Por outro lado, os materiais com granulometria mais grosseira podem estender, por um período mais longo, o tempo e a oferta de nutrientes. Neste caso, as práticas de manejo e a irrigação, comuns na agricultura, favorecem a quebra da estrutura dos minerais, tornando possível, ao longo do tempo, a oferta de diferentes macro e microelementos (nutrientes). Como exemplo, cita-se o caso das rochas vulcânicas da região de Patos de Minas, que já vêm sendo objeto de experimentos por Leonardos (1987) e de Theodoro (2000). Resultados positivos vêm sendo também obtidos nas pesquisas com a aplicação do rejeito de piroxenitos, granitos e granodioritos. Em todos os casos analisados, houve uma alteração positiva nas características dos solos. As plantas reagiram positivamente à aplicação do pó de rocha.

Quando se consideram os benefícios estritamente econômicos, os resultados são bastante animadores. Recentemente, a equipe da UnB elaborou um estudo comparativo dos preços ao consumidor de pó de rocha e de NPK, no estado da Bahia (município de Santo Antônio de Jesus). Os custos para obtenção do primeiro têm sido sistematicamente inferiores, apesar das diferenças regionais e do transporte. Este estudo revelou que uma saca de 50 kg de NPK com dosagem 4:14:8 custava para o agricultor R\$ 50,00, ao passo que 50 kg de pó de rocha, incluindo o transporte, custava R\$ 7,20. No caso deste material ser adquirido a granel, o custo torna-se ainda menor (Fonte: Projeto Cio da Terra).

As pesquisas conduzidas por Leonardos (1987), e Theodoro (2000), mostram que, dependendo do tipo de rocha (ou do rejeito) e do número de safras anuais, a recarga pode ser feita após quatro, cinco ou mais anos, uma vez que a solubilidade natural dos minerais é mais baixa do que a dos fertilizantes convencionais (NPK). Vale dizer que os nutrientes (elementos químicos) são disponibilizados mais lentamente, o que é interessante do ponto de vista da nutrição vegetal, pois as plantas só se utilizam dos nutrientes na medida do necessário, mostrando que a produção com características agroecológicas é uma solução para o segmento representado pelos agricultores familiares.

Tal característica confere também à técnica da Rochagem um apelo econômico significativo, haja vista a considerável redução de custos com a aquisição de insumos. Estas duas razões têm atraído a atenção dos agricultores, uma vez que existe um consenso de que os custos com adubação representam um grande peso para o setor agrícola. No caso da agricultura familiar, a compra dos insumos químicos, quando possível, torna-os totalmente dependentes de financiamentos oficiais.

Por outro lado, quando se considera que existe uma grande quantidade de pedreiras e de minerações com potencial de uso no Brasil, ou em qualquer outra parte do mundo, a incorporação dessa prática de fertilização torna-se uma excelente alternativa para o setor agrícola. Portanto, a formalização de parcerias dos setores agrícolas locais com empresas de mineração e pedreiras, no sentido de facilitar a doação ou venda a baixo custo dos rejeitos da exploração mineral, configura-se como um excelente mecanismo para viabilizar a implementação da técnica de Rochagem.

Nesse cenário, as empresas que adotarem tal procedimento resolverão um problema de estoque e armazenamento do material de descarte e, ainda, contribuirão com um segmento social tradicionalmente carente. Vale dizer que a comercialização ou doação do rejeito pode contribuir com uma significativa melhora na imagem das empresas, tanto do ponto de vista ambiental como do de responsabilidade social, pois, neste caso, estariam contribuindo com a melhoria da produção de alimentos no setor da agricultura familiar.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos nas diferentes áreas e regiões têm sido similares. De modo geral, a produtividade das culturas tem sido no mínimo, semelhante às aquelas obtidas com o uso de insumos químicos.

No caso do Assentamento Fruta D'Anta (município de João Pinheiro/MG), foram implantados 20 experimentos de campo. A rocha utilizada neste primeiro experimento foi de origem vulcânica (tufos, lavas, e brechas) de natureza ultramáfica e ultrapotássica, presentes na Formação Mata da Corda (Leonardos, *et al.*, 1976, 1987; Leonardos & Theodoro, 1999 e Leonardos *et al.* 2000). É necessário esclarecer que, para efeito comparativo, as áreas de plantio foram divididas em duas parcelas. Em uma, os agricultores acrescentaram o pó de rocha (de 2,5 a 3 toneladas em uma área de 0,5 ha) e, em outra, procederam conforme as recomendações do padrão tecnológico convencional para a região (NPK 4–30–16, super fosfato simples e uréia). Após a primeira safra, os primeiros resultados já confirmaram as potencialidades econômica, produtiva e ambiental da técnica de *Rochagem*. A partir da segunda safra, foi sugerido aos agricultores o uso de composto orgânico obtido por meio da compostagem do lixo domiciliar

(restos de alimentos, palhas de safras anteriores e esterco dos animais), como forma de disponibilizar o nitrogênio.

Durante cinco anos, foi feito um acompanhamento sistemático em quatro lotes (19, 21, 79 e 129), tanto no que se refere à produção, quanto às mudanças nas características de fertilidade dos solos foi feito nos lotes. Os resultados são apresentados na **Tabela 2**. Em todas as situações houve um substancial incremento no pH, Ca + Mg, P e K, especialmente após a segunda safra. Após cinco anos, alguns valores ainda permanecem acima daqueles encontrados antes da aplicação do pó de rocha. Outro fato importante foi a drástica redução de alumínio logo após o primeiro ano. A título de comparação, foi feita uma análise da fertilidade do solo na parcela comparativa, onde os agricultores usaram a receita convencional (lote 79). O resultado desta análise mostrou que o solo encontrava-se praticamente com as mesmas características do ano anterior, antes do início do experimento (antes da aplicação dos fertilizantes químicos). A análise ainda revelou que o pH era de 4,8 e que os teores de Al (2,4 meq/100 cc), o P (7,0 ppm) e K (33 ppm) eram significativamente inferiores aos encontrados nas parcelas onde havia sido acrescentado o pó de rocha. A seguir, são elencados os principais resultados obtidos no Assentamento:

a) a produtividade mostrou-se equivalente ou superior àquelas parcelas nas quais utilizou-se a fertilização com adubo químico (cerca de 40% maior);

b) as culturas de longa duração (cana-de-açúcar e da mandioca) apresentaram melhor desempenho;

c) as culturas de milho e o arroz também mostraram resultados positivos, com produção semelhante ou levemente superior à das parcelas de adubação

com agroquímicos;

d) o uso complementar de composto orgânico – Compostagem - mostrou-se vantajoso para o desenvolvimento das culturas, evidenciando, assim, que a associação das fertilizações organominerais pode suprir de forma adequada as necessidades de macro e micronutrientes requeridas pelas plantas;

e) o teor de umidade foi maior nas parcelas com Rochagem, mostrando, assim, que as argilas presentes no material possuem uma grande capacidade de retenção de água;

f) as plantas apresentaram-se com uma quantidade de massa verde mais exuberante e maior perfilhamento (caso da mandioca e da cana) na parcela com Rochagem;

g) as raízes das plantas fertilizadas com pó de rocha apresentaram-se em maior quantidade e mais desenvolvidas do que as plantas onde foi feita a adubação convencional.

Resultados semelhantes foram obtidos nos experimentos conduzidos na Fazenda Malunga (de produção exclusivamente orgânica), no Distrito Federal, onde as culturas testadas foram, berinjela, repolho e rabanete. Também positivos, foram os resultados obtidos em uma unidade experimental implantada na Serra Gaúcha. A rocha utilizada, neste caso, foi o rejeito de uma pedreira de basalto. A cultura testada foi o milho. A proporção de rocha foi de 3 toneladas por 1/2ha.



**Tabela 02** – Análises de fertilidade de amostras do experimento realizado no Assentamento Fruta D’Anta/MG

LOTE	PARÂMETROS	ANTES DA ROCHAGEM	APÓS 1ª SAFRA	APÓS 2ª SAFRA	APÓS 5 ANOS
19	pH (1:2,5)	5,20	5,90	5,6	6,5
	Al (meq/100 cc)	0,00	0,00	0,0	0,0
	Ca+Mg(meq/100cc)	2,7	5,6	5,6	3,6
	P (mg/l) ppm	3	40	52	10
	K (mg/l) ppm	9	79	108	17,7
	Sat. Al (%)	0,0	0,0	0,0	0,0
21	pH (1:2,5)	3,76	6,40	5,50	4,8
	Al (meq/100 cc)	1,75	0,00	0,00	0,0
	Ca+Mg(meq/100cc)	0,5	7,2	5,8	0,5
	P (mg/l) ppm	3	33,9	271	25
	K (mg/l) ppm	31	85	57	15
	Sat. Al (%)	75	0,0	0,0	1,2
79	pH (1:2,5)	3,60	7,30	7,40	6,5
	Al (meq/100 cc )	3,25	0,00	0,00	0,0
	Ca+Mg(meq/100cc)	0,4	10,3	10,6	4,2
	P (mg/l) ppm	0	11	21	8,2
	K (mg/l) ppm	15	132	81	15
	Sat. Al (%)	88	0,0	0,0	0,0
129	pH (1:2,5)	4,36	5,50	5,50	4,7
	Al (meq/100 cc)	1,00	0,00	0,00	0,0
	Ca+Mg(meq/100cc)	0,7	3,9	3,7	2,2
	P (mg/l) ppm	9	77	47	35,5
	K (mg/l) ppm	93	167	93	19
	Sat. Al (%)	52	0,0	0,0	0,0

Mais recentemente, ainda no Assentamento Fruta D’ Anta, foi implantado um outro experimento que se utilizou da mesma rocha, mas com um outro objetivo e design (Rocha, 2006, Rocha e Theodoro, 2006). Trata-se da implantação de Sistemas Agroflorestais<sup>2</sup>. Foram selecionados três lotes de agricultores que já

havam participado dos experimentos de Theodoro (2000) onde se implantou módulos agroflorestais de 324 m<sup>2</sup>. Cada SAF foi dividido em quatro parcelas, com o objetivo de testar diferentes tipos de fertilização natural do solo. Em cada um dos módulos, foi deixada uma parcela sem fertilização (parcela testemunha). Nas outras três parcelas executou-se a seguinte aplicação: compostagem com esterco de gado curtido (Parcela 1); Rochagem - pó de rocha (Parcela 2); e mistura de composto animal com pó de rocha (Parcela 3). A forma de incorporação de todos os insumos foi superficial, sem qualquer revolvimento mecânico do solo. Foi observado o declive do terreno para que um possível carreamento dos materiais não prejudicasse o experimento.

Além disso, foram feitas valas de ½ metro para dividir as parcelas e garantir que os diferentes insumos não ultrapassassem ou contaminassem as distintas parcelas, via percolação ou expansão de raízes, alterando as respostas individuais de cada uma delas. A escolha das espécies introduzidas nos SAFs foi baseada em culturas de ciclo curto (milho, abóbora e feijão-de-porco), tradicionalmente já cultivadas pelos agricultores e em culturas de ciclo médio (abacaxi, feijão-

<sup>2</sup> Os SAFs ou Agroflorestas são uma forma de praticar um dos princípios elementares da Agroecologia: o uso de policultivos complexos e biodiversos que intercalam diferentes espécies e são capazes de promover seus próprios estoques de nutrientes, diminuir suas perdas pela ação de fitopatógenos por meio de mecanismos biológicos e obter rendimentos totais por hectare mais altos quando comparados com os monocultivos (Rocha e Theodoro, 2006) Altieri (2004) descreve que, nos trópicos, é comum a rotação de culturas, hortas complexas e lotes agroflorestais e geralmente os campos de cultivos possuem mais de 100 espécies que oferecem a maior parte dos produtos que garantem a sustentabilidade do produtor. Smith *et al.* (1998) afirmam que na Amazônia brasileira o que os autores chamam de agrossilvicultura é uma prática antiga de comunidades indígenas, que plantam uma diversidade de árvores e cultivos anuais em suas roças e que os pequenos agricultores tradicionais geralmente possuem uma rica diversidade de árvores, arbustos e plantas herbáceas em suas hortas caseiras.

guadú, mamão e mandioca), além de outras de ciclo longo que já demonstraram sucesso quando consorciadas em agroflorestas na região do Cerrado (banana, ingá, cagaita, mogno, cedro e etc.) e de algumas espécies perenes desejadas pelos agricultores (cupuaçu, aroeira, castanha-do-pará, eucalipto e etc.). Foram consorciadas, em média, um total de 40 espécies agrícolas e florestais, sendo que além de mudas, foi plantado um coquetel de sementes, com cerca de 20 espécies de árvores perenes exóticas e nativas do Cerrado. Além do desenvolvimento dos SAFs (dados quantitativos com relação ao crescimento inicial das mudas), buscou-se avaliar o envolvimento e o interesse dos agricultores com o experimento e o aprendizado dos mesmos com relação às atividades de manejo e aos processos agroecológicos desencadeados.

Também as análises de fertilidade vêm sendo feitas após cada ano, como forma de comparar os resultados dos diferentes tratamentos. Deve ser mencionado que, de modo geral, todas as culturas testadas tiveram o melhor desempenho nas parcelas no. 3 nos três SAFs implantados. O melhor desempenho ocorreu no SAF do lote no. 19, o qual foi implantado próximo a casa do agricultor. Este fato pode ter influenciado no manejo mais eficaz, uma vez que toda a família pode ter tido oportunidades mais frequentes de executar as práticas de manejo na área. Este fato também aponta para a necessidade de se observar a disponibilidade de áreas mais próximas a casa dos agricultores.

Mais recentemente, um Projeto resultante de um Convênio entre a UnB e o governo do Estado da Bahia, denominado Cio da Terra, vem implementando Unidades Demonstrativas (ou Experimentais) entre agricultores quilombola. O principal objetivo do Projeto é difundir a tecnologia da Rochagem em meio a

agricultores afrodescendentes. O Projeto tem como foco o atendimento a 10 comunidades quilombolas do estado da Bahia. Sua metodologia baseia-se nos procedimentos adotados nos experimentos anteriores (Theodoro, 2000). A seleção das comunidades contempladas pelo Projeto deu-se a partir de parâmetros apresentados pela SECOMP, atual (SEDES).

Após um mapeamento e análise de vários tipos de rejeitos de minerações, optou-se pela piroxênio/anfibolito milonitizado, de uma mineração de Ipirá e o fosfato da mineração Fosbahia. O pó desta rocha já vem sendo comercializado para fins de condicionamento dos solos.

Do ponto de vista estritamente de produção, os resultados até aqui obtidos nas atividades desenvolvidas no Projeto Cio da Terra mostram-se bastante animadores em todas as Unidades Demonstrativas implantadas. Apesar dos problemas de seca, enfrentados em algumas áreas do Projeto, os agricultores têm se mostrado entusiasmados com as perspectivas de utilizar uma nova tecnologia, que, segundo revelaram, é adequada as suas condições de produção. Porém, mais do que resultados de produção, os agricultores ficaram animados com os custos potencialmente mais baixos para a aquisição do pó de rocha. Além disso, alguns agricultores envolvidos no Projeto mencionaram que os resultados de produtividade foram acima do esperado. Mas o que mais lhes chamou a atenção foi o fato de que a mistura de pó de rocha e composto orgânico (esterco animal) consegue manter a umidade do solo por um período mais longo, mesmo em períodos de maior estiagem. Portanto, considerando que o pó de rocha pode ser facilmente encontrado em várias regiões do Estado, bem como vários insumos de origem orgânica estão amplamente disponíveis nas áreas rurais,

pode-se assegurar que os resultados do ponto de vista econômico e de produção poderão viabilizar ganhos concretos nas comunidades de agricultores quilombolas.

Importante mencionar que foram diversas as culturas utilizadas nas diferentes Unidades Demonstrativas, entre as quais, se destacam: mandioca, amendoim milho, feijão, girassol, melancia, frutífera – banana, laranja e limão -, alface, cenoura, cheiro verde e pimentão. De modo geral, a configuração das Unidades Demonstrativas obedecia a um determinado padrão (*design*). Este padrão visava a comparação de produção entre as diferentes misturas, nas diversas parcelas, de forma que os agricultores escolhessem aquela (as) com melhores rendimentos. A **Figura 01** mostra a configuração das Unidades implantadas nas três comunidades do Município de São Gabriel.

Novamente, um dos resultados mais relevantes do Projeto foi a alteração das características de fertilidade dos solos. Após um ano, foi possível verificar transformações significativas em todos os elementos analisados.

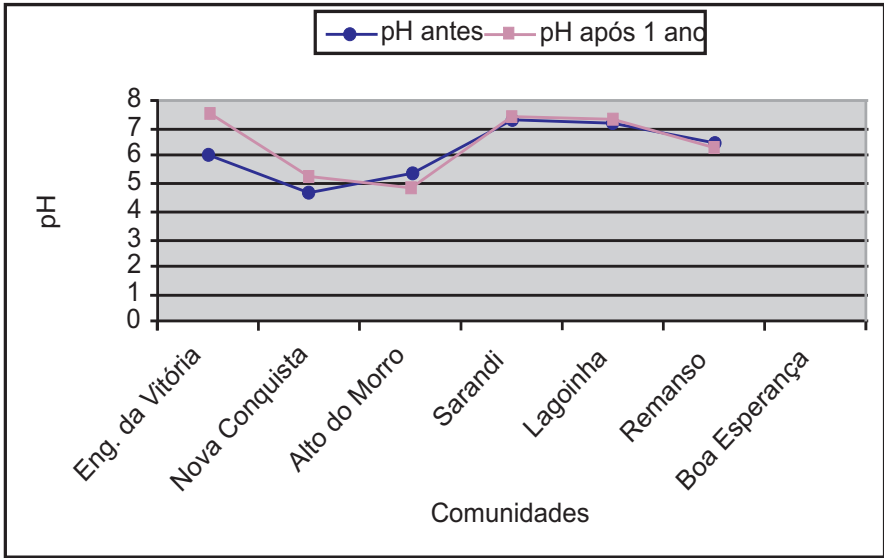
De modo geral, o pH foi alterado positivamente, exceto nas comunidades do Alto do Morro, em Santo Antônio de Jesus e no Remanso, em Lençóis, onde os valores obtidos após a segunda safra foram levemente menores (**Figura 2**). A alteração dos valores de Potássio e Fósforo disponíveis também foi observada. No caso do Fósforo (**Figura 3**), houve um incremento positivo em quase todas as áreas analisadas, exceto, novamente, na Comunidade de Alto do Morro. O potássio, por ser um elemento extremamente solúvel, apresentou um comportamento anômalo, ora sendo superior após a segunda safra, ora menor (**Figura 4**). Mas de modo geral, o acréscimo do pó de rocha, parece ter inibido a disponibilização deste mineral. O Cálcio e Magnésio (**Figura 05**) também

apresentaram variações, de modo geral, positivas, especialmente nas áreas onde a presença destes macroelementos era muito baixa, como é o caso das áreas do Recôncavo.

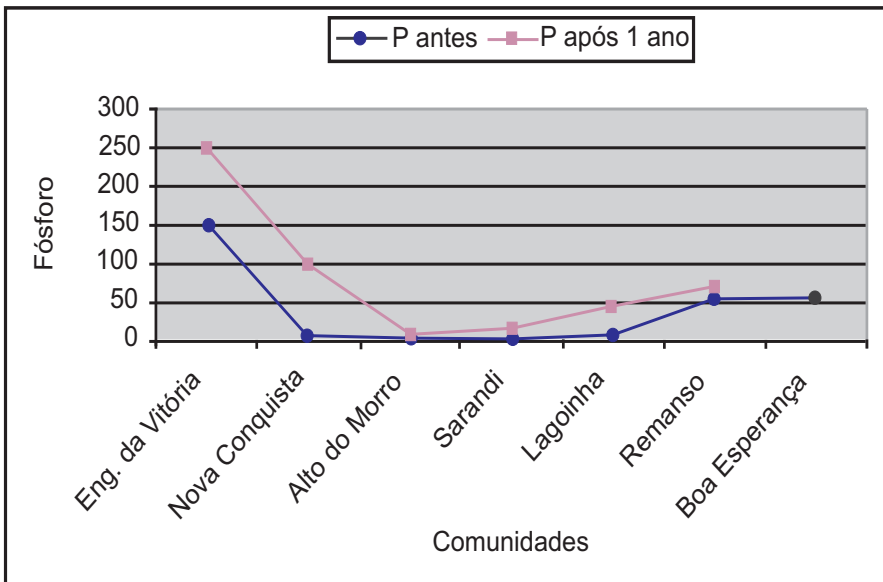
Nas áreas das comunidades de Lagoinha, Lagoa Grande, Batateiras e Sarandi, os valores destes nutrientes já eram bastante acentuados, uma vez que os solos destas regiões são extremamente ricos em calcário dolomítico e calcítico. Portanto, o incremento destes nutrientes a partir da rocha moída foi pouco significativo. A mudança mais significativa ocorrida nos solos da região de Irecê foi o aumento do fósforo. Também os micronutrientes tiveram uma alteração positiva em todos os casos considerados.

	Pó de rocha + Fosfato Natural + Esterco bovino (Milho)	Fosfato Natural + Esterco bovino (Feijão e Milho)	Pó de rocha + Esterco bovino (Mandioca e Milho)	Testemunha (Milho)
GIRASSOL*				
Testemunha (Feijão)	Pó de rocha + Esterco bovino (Feijão e Milho)	Fosfato Natural + Esterco bovino + (Mandioca e Milho)	Pó de rocha + Fosfato Natural + Esterco bovino (Mandioca e feijão)	

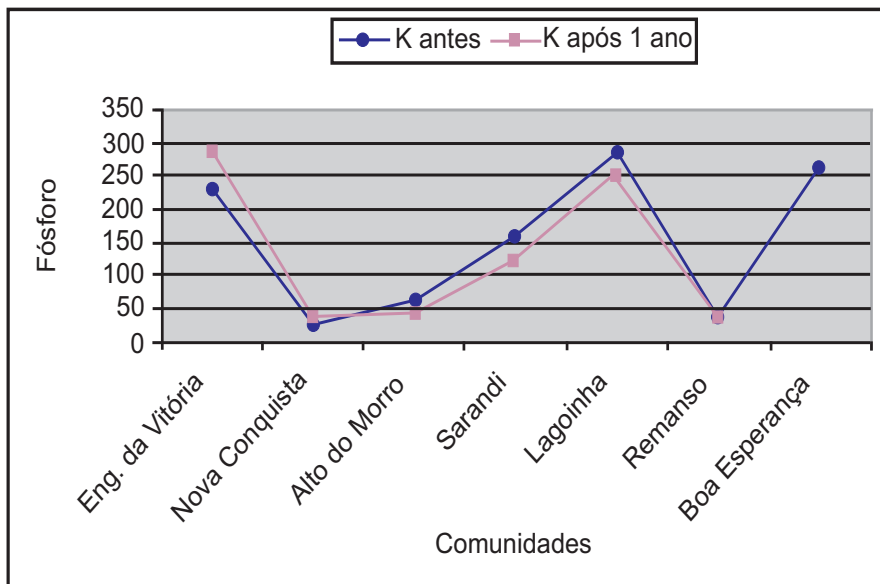
**Figura 01** - Esquema de distribuição das parcelas na comunidade de Lagoinha e Lagoa Grande (São Gabriel).



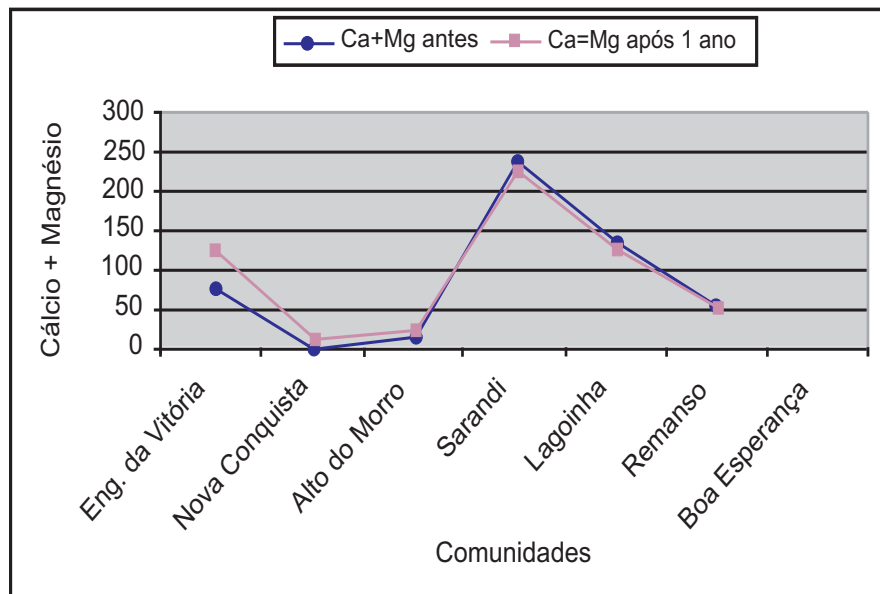
**Figura 02** - Variação do pH antes e depois de uma safra



**Figura 03** - Variação do Fósforo antes e depois de uma safra



**Figura 04** - Variação do Potássio antes e depois de uma safra.



**Figura 05** - Variação de Cálcio e Magnésio antes e depois de uma safra



Do ponto de vista de rendimento das safras e sua comparação com os resultados obtidos anteriormente nas áreas de cada Comunidade, não foi possível realizar uma aferição concreta sobre a produção, uma vez que, apesar das insistentes solicitações da equipe, os agricultores não tinham a preocupação, ou o instrumental, para realizar a quantificação das culturas testadas. Portanto, os resultados disponíveis são qualitativos e visuais (documentados por meio de fotografias). Apesar dessa ausência de dados concretos sobre produção, a equipe pode constatar, com base nas informações dos próprios agricultores, que, em média, nas parcelas onde foi adicionado pó de rocha, o rendimento foi superior (entre 10 e 30%) daquele obtido nas safras anteriores (ou nas parcelas testemunhas). Considerando a escassez hídrica verificada em algumas regiões da Bahia, tais resultados são animadores. A cultura que obteve os melhores resultados em todas as áreas foi a do milho. De modo geral, as plantas mostraram-se mais vigorosas, com melhor enraizamento, mais massa verde e espigas mais desenvolvidas. O amendoim também teve um excelente desenvolvimento (comunidade de Riacho Dantas e Engenho da Vitória). Por outro lado, a cultura que apresentou os maiores problemas foi a da mandioca.

Apesar destes indicadores não serem conclusivos do ponto de vista estritamente agrônomo, os resultados até aqui obtidos sinalizam para um incremento de produtividade. Este fato tem um desdobramento muito interessante, pois indica que os agricultores despertaram para outras oportunidades e formas de produção. Em muitas ocasiões, a equipe do Projeto constatou que os agricultores começaram a questionar o modelo de produção e a necessidade de uso de insumos químicos. Não raro, pode-se ouvir relatos dos agricultores mencionando que as plantas pareciam mais saudáveis. Este fato tem uma

significância especial, pois indica que a qualidade dos produtos tende a ser melhor. Além disso, o fato dos agricultores passarem a produzir plantas sem o uso de agroquímicos assegura produtos que atendem os princípios da segurança alimentar. Ao longo do tempo e das atividades executadas no âmbito do Projeto Cio da Terra percebeu-se que o grupo social formado pelos agricultores quilombolas é extremamente carente de programas ou projetos que considerem suas particularidades históricas e culturais. A grande maioria das comunidades é formada por agricultores familiares que não estão incluídos nas estatísticas oficiais e que não têm acesso a financiamentos, assistência técnica adequada às suas necessidades e mecanismos de inserção nos mercados locais. Além disso, poucos conseguem ter produtos excedentes, pois o que produzem mal dá para assegurar suas necessidades primárias. Após dois anos de atividades relativas ao Projeto, pode-se mencionar que os resultados obtidos, tanto do ponto de vista produtivo como de mobilização, são altamente positivos, atendendo à quase totalidade dos objetivos propostos. Porém, mais do que transmitir uma tecnologia de baixo impacto e de baixo custo, este Projeto teve a pretensão de oferecer oportunidades (mecanismos e práticas) para que as comunidades quilombolas possam trilhar caminhos mais sustentáveis, onde a geração de renda e a segurança alimentar sejam as suas principais premissas. Um fato da maior relevância no que se refere aos índices de renda, e que chamou a atenção em todas as Comunidades, diz respeito ao acesso à satisfação da alimentação básica.

Por fim, importante mencionar a existência de um outro Projeto, denominado Terra Nova, que vem sendo conduzido na mesma filosofia dos outros projetos aqui mencionados. Porém, em lugar de rocha moída, o Projeto Terra Nova pretende utilizar sedimentos retidos em reservatórios construídos para geração

de energia elétrica. Até o presente momento, ainda não se têm dados de produção, mas os primeiros indicadores mostram que também este recurso pode se converter em um interessante insumo para recuperar as condições de fertilidade de áreas degradadas no entorno dos reservatórios. O Projeto vem sendo apoiado pela ELN e pela UNESCO, nos reservatórios de Tucuruí e Três Marias, respectivamente.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A transição para um novo estilo de desenvolvimento pressupõe estratégias bem definidas de transformação de setores produtivos, essenciais para a economia e o bem-estar da sociedade. Há que se harmonizar os diversos interesses econômicos com a preservação do meio ambiente, o que não significa inviolabilidade, mas, sim, desenvolvimento com geração de renda e valorização dos recursos naturais. Com a questão ambiental tendo o mesmo nível de importância das questões econômicas, o desafio será o de encontrar as melhores condições e as melhores tecnologias de produção. O uso de rejeitos (segundo os pressupostos da tecnologia da Rochagem) como insumo agrícola é extremamente factível, pois esta é a estratégia que a natureza vem utilizando para nutrir, renovar e evoluir os sistemas de manutenção da vida.

Na medida em que as civilizações atuais e futuras se utilizem, de maneira racional, dos recursos naturais e minerais, elas estarão praticando uma interessante política conservacionista, evitando o desperdício e minimizando o impacto ambiental, em favor de uma melhor qualidade de vida na Terra. Este é o grande desafio que a humanidade vem enfrentando neste milênio, no mundo globalizado.

No que se refere aos resultados aqui apresentados, pode-se mencionar que, nas diferentes regiões, a equipe que conduz esta pesquisa deparou-se com algumas dificuldades de ordem institucional ou decorrentes de adversidades climáticas. Porém, apesar destes entraves, pode-se considerar que a pesquisa tem alcançado plenamente seus principais objetivos, pois muitas foram as conquistas e os resultados positivos, tanto do ponto de vista estritamente de produção, como também no que se refere à organização das Comunidades e agricultores. A realização de Diagnóstico Rápido e Participativo (DRP) tem sido uma ferramenta importante para o levantamento das limitações e potencialidades de cada região. Nestes diagnósticos são abordados aspectos sociais, econômicos, culturais, de produção e de educação. Tais resultados estão norteando e redirecionando algumas atividades da pesquisa.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALTIERI, M. A. (2004) *Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável*. Porto Alegre: Ed. da UFRGS. 200 p.
- ALMEIDA, E. de; SILVA, F. JR P. & RALISCH (2006) *Powdered rock to revitalise soils*. LEISA Magazine. Ecological processes at work. V. 22, Issue 4.
- EHLERS, E. (1999) *Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma*. Ed. Guaíba: Agropecuária Porto Alegre, p. 287.
- FYFE, W, LEONARDOS, O & THEODORO, S. H. (2006) *Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution*. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro/RJ. v.78 n.4 p. 715 - 720.
- GLIESSMAN, S. (2000) *Agroecologia: processo ecológicos em agricultura sustentável*. Porto Alegre: UFRGS. 342p.

- GUIMARÃES, D. (1955) *Contribuição aos estudos dos Tufos da mata da Corda*. Instituto de Tecnologia Industrial. Minas Gerais, p. 31.
- HECHT, S. B. (2002) *A evolução do pensamento agroecológico*. In: Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária. 320p
- ILCHENKO, W & GUIMARÃES, D. (1953) *Sobre a utilização agrícola dos sienitos nefelínicos do Planalto de Poços de Caldas. MG*. Inst. Tecn. Avulso. 15. 16p.
- JAMA, B. E VAN STRAATEN, P. (2006) Potential of East African phosphate rock deposits in integrated nutrient management strategies. Academia Brasileira de Ciências. *Anais*. Rio de Janeiro/RJ. v.78 n.4 p. 735 – 748.
- LEONARDOS, O.H., FYFE, W.S. & KRONBERG, B. I. (1987) The Use of Ground Rocks in Laterite Systems: an Improvement to the Use of Conventional Soluble Fertilizers. *Chemical Geology*, n. 60, p. 361 - 370.
- LEONARDOS, O. H, MEYER, H. O. (1991) Geology of Western Minas Gerais. In: Leonardos, O. H (ed)- Field Guindebook. 5<sup>th</sup> International Kimberlite Conference, Araxá. *CPRM Special Publ.* v.3 n.91 p. 17-24.
- LEONARDOS, O.H.. H., THEODORO, S. H. (1999) Fertilizer tropical soils for sustainable development. Proceedings. International workshop on Science for Sustainable development in Latin America and Caribe. Rio de Janeiro. *Academia Brasileira de Ciência*. p. 143 - 153.
- LEONARDOS, O. H., THEODORO, S. H., ASSAD, M. L. (2000) Remineralization for sustainable agriculture: A tropical perspective from a Brazilian viewpoint. IN: *Nutrient Cycling in Agroecosystems - Formerly Fertilizer Research*. N 56, p. 3 - 9.
- ROCHA, E.L.R (2004) *Agroflorestas sucessionais no Assentamento Fruta D'Anta: potenciais e limitações para a transição agroecológica*. 140p. Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB). Brasília.

- ROCHA, E. J. L. & THEODORO, S. H (2006) Fertilização organomineral para acelerar o desenvolvimento de agroflorestas sucessionais. *Cadernos do CEAM/UNB*. p. 231-250.
- THEODORO, S. H. (2000) *Fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural*. 225p. Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB). Brasília.
- THEODORO, S. H. (2005) Rochas para plantas: o resgate de uma produção alimentar sadia. *Anais do II SUFFIB – Seminário: O uso da fração Fina da Britagem*, Cuchierato et. al. (eds).CD\_ROM. São Paulo.
- THEODORO, S.H & LEONARDOS, O.H (2006) Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. Academia Brasileira de Ciências. *Anais*. Rio de Janeiro/RJ. v.78 n.4, p. 721-730.
- VAN STRAATEN P. (2002) *Rocks for crops: Agrominerals of sub-Saharan Africa*. ICRAF.Nairobi, Kenya, 338 p.
- VAN STRAATEN P. (2007) *Agrogeology: The use of rock for crops* Enviroquest Ltd. Toronto, Canada.440 p