



**MESTRADO PROFISSIONAL**  
**Sustentabilidade Socioeconômica**

**Ambiental**

**Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos**

**PROAGUA**

**DISSERTAÇÃO**

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO  
SERPENTINITO NA CULTURA DA SOJA**

**Ottavio Raul Domenico Riberti Carmignano**

**OURO PRETO**

**2014**

# **“AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO SERPENTINITO NA CULTURA DA SOJA”**

*Orientador*

Prof. Dr. Arnaldo Freitas de Oliveira Júnior

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título: “Mestre em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental – Área de Concentração: Desenvolvimento Econômico, Ambiental e Social”

Ouro Preto, MG

UFOP/DEGEO

2014

C287a Carmignano, Ottavio Raul Domenico Riberti .  
Avaliação do comportamento do serpentinito na cultura da soja [manuscrito]  
/ Ottavio Raul Domenico Riberti Carmignano. - 2015.  
71f.: il.: color; grafs; tabs; mapas.

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Freitas de Oliveira Junior.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Proagua. Pos-  
Graduação em Sustentabilidade Socioeconomica Ambiental.

Área de Concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente.

1. Solo adequado para agricultura. 2. Soja (Agricultura) - Cultura. 3. Solos -  
Fertilização. 4. Serpentinito. I. Oliveira Junior, Arnaldo Freitas de. II.  
Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 631.82:633.34

Catálogo: [www.sisbin.ufop.br](http://www.sisbin.ufop.br)

Universidade Federal de Ouro Preto

Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO SERPENTINITO NA CULTURA DA SOJA**

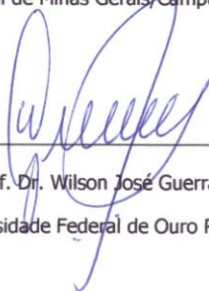
**Ottavio Raul Domenico Riberti Carmignano**

Dissertação defendida e aprovada, em 29 de janeiro de 2015, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:



---

Prof. Dr. Arnaldo Freitas de Oliveira Júnior  
Instituto Federal de Minas Gerais/Campus Ouro Preto



---

Prof. Dr. Wilson José Guerra  
Universidade Federal de Ouro Preto



---

Prof. Dr. Renato Andrade Rezende  
Instituto Federal de Minas Gerais/Campus Ouro Preto

## **AGRADECIMENTOS**

Aos familiares e amigos que incentivaram o processo de pesquisa.

Aos professores Paulo Brandão, Rochel Lago, Rodrigo Oréfice, pela atenção e cortesia.

Aos engenheiros Leandro Ferreira e Paulo Tribst.

Aos colegas de Mestrado, que aceitaram o desafio de buscar um futuro melhor a partir do presente em que vivemos.

Ao Professor Arnaldo Freitas de Oliveira Júnior, pela disponibilidade e paciência.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração

MA – Ministério da Agricultura

MMA – Ministério do Meio Ambiente

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>17</b>
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
3.1	APROVEITAMENTO DE FINOS DE OUTRAS ROCHAS .....	18
3.2	APLICAÇÕES PARA O SERPENTINITO .....	19
3.3	SUSTENTABILIDADE E MINERAÇÃO .....	20
3.3.1	<i>Serviços Ambientais</i> .....	23
3.4	APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS .....	25
3.5	APLICAÇÕES PARA O SERPENTINITO NA AGRICULTURA.....	27
3.6	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DO SERPENTINITO COMO FONTE DE ELEMENTOS PARA O SOLO AGRICULTÁVEL.....	29
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA DO TRABALHO</b> .....	<b>30</b>
4.1	ETAPA 1: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	31
4.1.1	<i>Coleta de Amostra do Material</i> .....	31
4.1.2	<i>Caracterização Física e Química do Serpentinito</i> .....	34
4.1.3	<i>Determinação do pH</i> .....	34
4.1.4	<i>Classificação quanto ao Tipo de Resíduo</i> .....	34
4.2	ETAPA 2: EXPERIMENTOS EM CAMPO .....	36
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>39</b>
5.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SERPENTINITO.....	39
5.1.1	<i>Análise Granulométrica Do Serpentinito</i> .....	40
5.2	ANÁLISE QUÍMICA DO SERPENTINITO.....	42
5.3	CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE ACORDO COM A NORMA ABNT 10004 .....	44
5.4	DADOS DE PH .....	46
<b>6</b>	<b>ETAPA 2: ANÁLISE DO EXPERIMENTO COM A ROCHA SERPENTINITO</b> <b>47</b>	
6.1	ANÁLISE FOLIAR DE MACRONUTRIENTES .....	47

6.2	ANÁLISE FOLIAR DE MICRONUTRIENTES .....	57
6.3	PRODUTIVIDADE DA SOJA .....	64
6.4	RESULTADOS DAS ANÁLISES FOLIARES NA CULTURA DA SOJA DOS MICRO E MACRONUTRIENTES .....	66
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>69</b>
<b>8</b>	<b>SUGESTÕES PARA NOVOS ESTUDOS .....</b>	<b>70</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>71</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Amostra da rocha serpentinito .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>	14
Figura 1.2: Mapa da Região Metropolitana de Belo Horizonte com a Localização do Empreendimento.....		15
Figura 1.3: Imagem da Cava da Empresa Pedras Congonhas Ltda.....		16
Figura 4.1.1: Fluxograma típico de Tratamento de Minérios (DA LUZ, 2004).....		32
Figura 4.1.2: Moinho de Martelos marca Piacentini (Especificações técnicas de moinhos de martelo - Metalúrgica Bom Jesus; EPT 03, fl 01, 2006). .....		32
Figura 4.2.1: Mapa de Localização de Naviraí, Estado de Mato Grosso do Sul.....		35
Figura 6.4.1: Suprimento de Nutrientes .....		67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.2.1: Resumo da Tecnologia Usada no Experimento.....		36
Tabela 4.2.2: Croqui do Experimento .....		36
Tabela 4.2.3: Dosagens de produtos aplicados no experimento.....		37
Tabela 5.1: Distribuição Granulométrica do Serpentinito.....		39
Tabela 5.2: Comparação dos Elementos Químicos dos Serpentinitos .....		42
Tabela 5.3.1: Ensaio de Lixiviação .....		43
Tabela 5.3.2: Ensaios de Solubilização .....		44
Tabela 6.1.1: Teor Foliar de N cv BRS 284 em Resposta aos Diferentes Tratamentos. Navirai/MS. Fundação MS, Safra 2010/11 .....		46
Tabela 6.1.2: Teor foliar de P - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos. Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11 .....		48
Tabela 6.1.3: Teor Foliar de K - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos. Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11 .....		50
Tabela 6.1.4: Teor Foliar de Ca - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos. Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11 .....		51
Tabela 6.1.5: Teor Foliar de Mg - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11 .....		53

Tabela 6.1.6: Teor Foliar de S - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos Navirai/MS. Fundação MS, Safra 2010/11 .....	55
Tabela 6.2.1: Teor Foliar de Fe - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos. Navirai/MS. Fundação MS, Safra 2010/11 .....	56
Tabela 6.2.2: Teor Foliar de Mn - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos. Navirai/MS. Fundação MS, Safra 2010/11 .....	58
Tabela 6.2.3: Teor Foliar de Zn - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos. Navirai/MS. Fundação MS, Safra 2010/11 .....	59
Tabela 6.2.4: Teor Foliar de Cu - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos Navirai/MS. Fundação MS, Safra 2010/11. ....	61
Tabela 6.2.5: Teor Foliar de B, - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos Navirai/MS. Fundação MS, Safra 2010/11. ....	62
Tabela 6.3: Produtividade da soja (sc/ha)- cvBRS 284-em Resposta aos Diferentes Tratamentos Navirai/MS. Fundação MS, Safra 2010/11. ....	63
Tabela 6.4: Resultados das análises dos micro e macronutrientes: .....	65

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 5.1: Distribuição Granulométrica do Serpentinó .....	41
--	----

## RESUMO

O presente Trabalho tem como objetivo avaliar o aproveitamento da rocha serpentinito como elemento repositivo de nutrientes do solo, obtido a partir da extração na Empresa Pedras Congonhas Extração Arte Indústria Ltda., localizada na cidade de Nova Lima, Minas Gerais. Esta rocha possui potencial para mineralizar solos agricultáveis através da liberação de elementos químicos, como óxido de magnésio e óxido de silício. Para este estudo, a metodologia usada foi a execução de pesquisa bibliográfica. A seguir, foi realizada a caracterização química e física do material em estudo, e verificada sua classificação quanto ao tipo de resíduo, usando a Norma ABNT 10.006/2004, a partir de coleta de amostra representativa do serpentinito. Trata-se de um silicato de magnésio com teor médio de 42,15% de óxido de silício e 35,85% de óxido de magnésio da massa da amostra da rocha. O material é classificado como resíduo não perigoso classe IIB, de acordo com a Norma usada. A partir desses resultados, foi desenvolvido um experimento em campo com a cultura da soja na Fazenda Santa Inês, no município de Naviraí, em Mato Grosso do Sul, de modo a comprovar a capacidade da rocha em fornecer elementos químicos para o solo, participando do ciclo de nutrientes da cultura da soja. Um dos elementos citados a priori é o magnésio, uma vez que auxilia no efeito calagem. Os resultados obtidos mostraram que o serpentinito estudado tem participação no ciclo de nutrientes na cultura da soja, que contribui e não prejudica a produtividade da cultura, prestando um serviço ambiental ecossistêmico de suporte.

---

**Palavras-chave:** mineralização de solos agricultáveis, rochagem.

## ABSTRACT

The present work have as an intention to evaluate the use for the rock serpentinite by the company Pedras Congonhas Extração Arte Industria Ltda., located in the city of Nova Lima, Minas Gerais, at soil mineralization, releasing for the soil chemical elements such as magnesium oxide and silicium oxide

The methodology used was bibliography research, follow by chemical and size characterization from the material in study and its classification as the remainder type, according to ABNT 10.006/2004 standard, by analyzing a representative sample of the serpentinite. The serpentinite is a magnesium silicate with the proportion of 42,15 of silicium oxide and 35,85% of magnesium oxide. The material is classified as a non-dangerous class IIB, according to the standard used.

After these result, it was developed one experiment in field with the soybean at Santa Inês Farm, in the city of Naviraí, Mato Grosso do Sul state, in order to prove the capacity of the rock in supply chemical elements to the soil . One of the elements previously mentioned is magnesium, which is applicable in liming.

The result data show that the studied serpentinite participate at the nutrition cycle at soybean cultivation, and does not damage the productivity of the cultivation, performing an environment service of support.

---

**Key notes:** soil mineralization, soap rocks.

# 1 INTRODUÇÃO

As plantas requerem, para seu desenvolvimento, um número elevado de elementos, em parte retirados do solo; apesar de ser um reservatório natural de nutrientes, as suas variedades e concentrações podem variar, havendo solos férteis (aqueles bem supridos de elementos) e solos pobres (aqueles mal supridos de elementos). Todavia não se trata de uma reserva inesgotável de elementos nutrientes, sendo necessário, portanto a aplicação de nutrientes para a agricultura comercial (Goedert *et al.*, 1987) . A rochagem, por sua vez, é a aplicação de diversos tipos de rocha moída ao solo com a proposta de fornecer estes elementos. Theodoro (2009) apresenta como fundamentos da rochagem a busca do equilíbrio da fertilidade, a conservação de recursos naturais e a produtividade sustentável mediante a aplicação de rochas moídas nas plantas.

Sékula (2011) aponta problemas advindos da agricultura moderna, com destaque para o uso intensivo de fertilizantes nitrogenados, que podem causar a eutrofização de águas, em decorrência do excesso de nitrogênio e fósforo aplicados no o solo. O mesmo Autor cita, ainda, o fato de que tais fertilizantes demandam maior energia durante o processo de fabricação, e podem causar acidificação dos solos, gerando um desequilíbrio nos agroecossistemas. Citando Van Straten (2006), Sékula apresenta como vantagens da rochagem a disponibilidade de macro e micronutrientes presentes nas rochas e ausentes nos fertilizantes nitrogenados à base de nitrogênio, fósforo e potássio, além de possuírem capacidade de elevação do pH dos solos, em virtude de suas propriedades químicas.

Do ponto de vista econômico, a adoção da rochagem apresenta grande benefício, por proporcionar redução de custos dos insumos utilizados na cadeia produtiva do agronegócio. Os fertilizantes químicos possuem custo elevado, parte em função da participação do fator energia durante sua produção, e parte no fato de que o mercado de produtores de fertilizantes químicos apresenta características de concentração de mercado (SAAB, 2009). Em contrapartida, as rochas possuem baixo custo de produção e possuem disponibilidade local, podendo ser encontradas em regiões próximas ao mercado consumidor (SÉKULA, 2011).

O termo rochagem deriva da palavra rocha e tem como sinônimo a petrofertilização. Por rochagem entende-se a aplicação direta na agricultura de rochas moídas, como forma de mudar o seu padrão de fertilidade (THEODORO, S. *et al.*, 2009 ).

Julius Hensel (1893) é um dos principais defensores do processo de rochagem. Em seu livro “Pães de Pedra”, defende o uso de rochas moídas para servir os elementos nutrientes para as plantas. *“A verdadeira cura para um solo desgastado consiste em administrar-lhe rochas trituradas. Desta maneira, as plantas recebem novamente o que elas por natureza necessitam. Prova disso pode observar-se na milenar fertilidade das terras do Egito; o lodo do Nilo as nutre quase que exclusivamente de rochas finamente trituradas, junto com ingredientes orgânicos nitrogenados”*.

Diversos autores estudaram a possibilidade de uso da rocha serpentinito na agricultura, seja como fonte de silício e magnésio (BERNI, 2003, KONDORFER, 2003 e PEREIRA, 2007), seja participando de fertilizantes como o termofosfato (PEREIRA *et al.*, 2003), ou mesmo corrigindo a acidez de solos (TEIXEIRA *et al.*, 2009). THEODORO *et al.* (2009) afirma que as rochas potencializam a ação biológica, propondo a adição de rochas a material orgânico, criando um produto por compostagem, os agrominerais.

Os agrominerais são aqueles minerais advindos da indústria extrativa mineral e que possuem como componentes elementos químicos que poderão ser disponibilizados para a indústria produtora de fertilizantes ou para emprego direto na agricultura (MARTINS, E. *et al.*, 2010).

A busca pela sustentabilidade visa ao equilíbrio entre as dimensões ambientais, econômicas e sociais, utilizando-se dos bens minerais necessários para suportar a qualidade de vida da sociedade, minimizando os impactos gerados pela atividade e usando de ferramentas que auxiliem ao monitoramento da atividade em curso. No caso do presente estudo, propõe-se a adoção de um produto mineral, o serpentinito, como repositores de minerais para o solo agricultável, o que poderá reduzir o uso de fertilizantes ou adubos químicos a um preço justificável para o consumidor final.

O solo é a fonte principal de nutrientes para as plantas, e a concentração dos nutrientes pode indicar caminhos para se elevar a produtividade das culturas. A faixa de concentração dos nutrientes no solo deve ser adequada, de modo a se manter a produção elevada, evitando-se o chamado consumo de luxo – que quer dizer desperdício – e a toxidez da planta (ROSSI e POLIDORO, 2008). Ao adicionar rochas, espera-se que a concentração de nutrientes seja elevada, provocando maior concentração de nutrientes na faixa de concentração adequada.

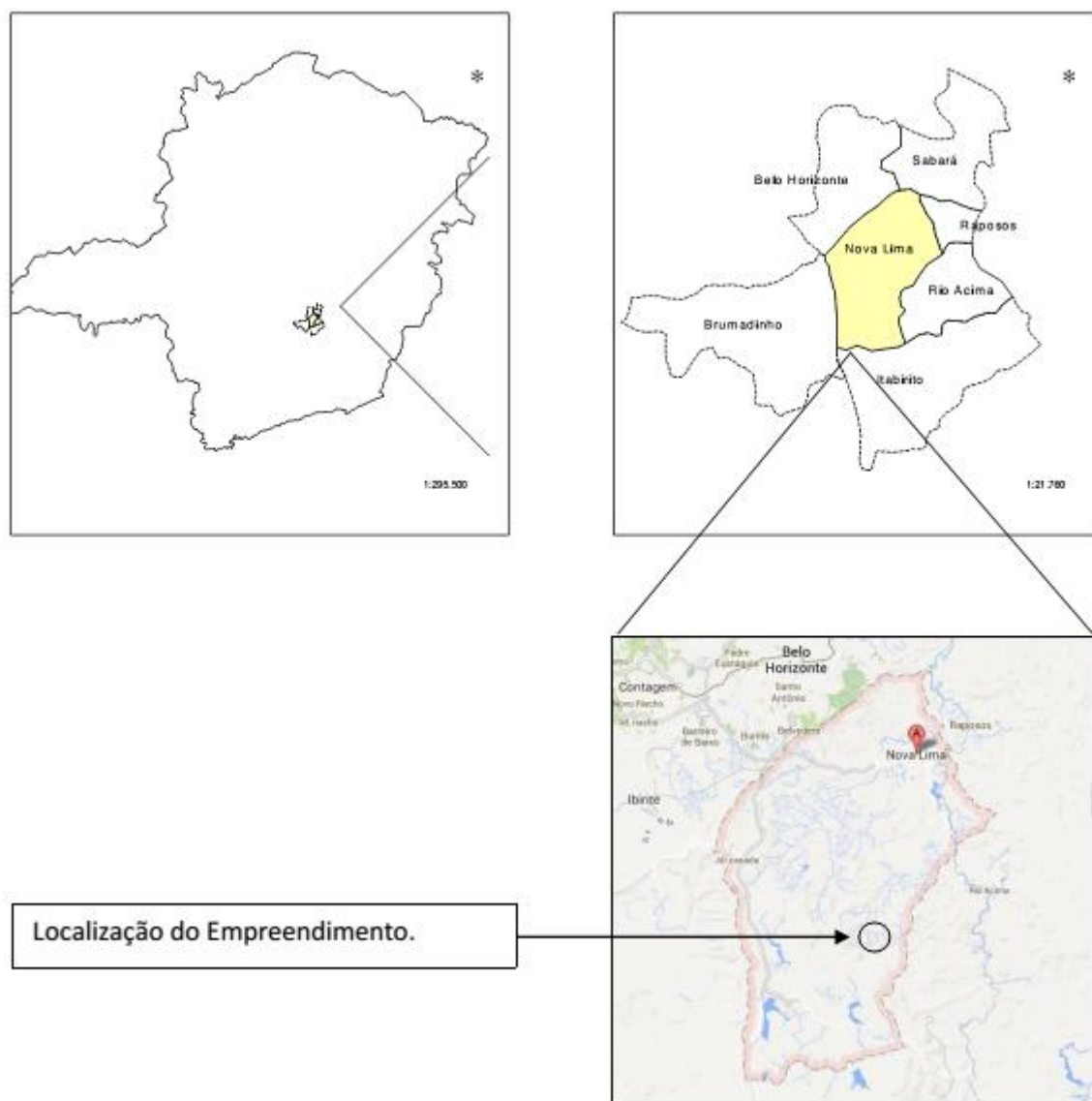
A rocha serpentinito pode ser encontrada em grande parte do território brasileiro, sendo o principal mercado consumidor as empresas siderúrgicas, que o usam como agente fundente. O beneficiamento desta rocha gera um subproduto com granulometria diferenciada, mais fino, que não pode ser usado nas empresas siderúrgicas por impedir o fluxo de gases redutores em fornos.

O serpentinito em estudo é proveniente da empresa Pedras Congonhas Extração Arte e Indústria Ltda, localizada na cidade de Nova Lima, Minas Gerais.

Na Figura 1.1, tem-se uma imagem de uma amostra da rocha serpentinito. Na figura 1.2 o mapa da Região Metropolitana de Belo Horizonte/Minas Gerais, com o local exato da Empresa Pedras Congonhas Extração Arte Indústria Ltda. E na figura 1.3 temos uma vista parcial da área de lavra do serpentinito naquela empresa.



**Figura 1.1: Amostra da Rocha Serpentinito – tamanho da amostra 15 cm.**



**Figura 1.2: Mapa da Região Metropolitana de Belo Horizonte com a Localização do Empreendimento.**

O trabalho foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa foi realizada a caracterização química e física da rocha serpentinito produzida pela Empresa Pedras Congonhas Extração Arte Industria Ltda, na cidade de Nova Lima, Minas Gerais, e verificada a sua classificação quanto ao tipo de resíduo, usando a Norma ABNT 1006/2004, no laboratório do departamento de química da Universidade Federal de Ouro Preto. Na segunda etapa foi desenvolvido um experimento em campo com a cultura da soja na Fazenda Santa Inês, no município de Naviraí, em Mato Grosso do Sul, de modo a comprovar a capacidade da rocha em fornecer elementos químicos para o solo e participando do ciclo de nutrientes na cultura da soja.





**Figura 1.1: Imagem da Cava da Empresa Pedras Congonhas Ltda.**

## **2 OBJETIVO GERAL**

O presente Trabalho tem como objetivo geral avaliar o aproveitamento da rocha serpentinito como repositores de nutrientes para solos no uso da produção agrícola, considerando-se que esta rocha é um subproduto da mineração de serpentinito, cujo produto principal é um fundente para aplicação em empresas siderúrgicas, da empresa Pedras Congonhas Extração Arte Indústria Ltda na cidade de Nova Lima, Minas Gerais.

## **2.1 Objetivos Específicos**

São objetivos específicos deste Estudo:

1. Analisar aspectos físicos – ensaios de granulometria - e químicos - análise de difração por raios x para determinação de sua composição química - da rocha serpentinito, obtida como subproduto na empresa de mineração Pedras Congonhas, em Nova Lima, Minas Gerais, assim como analisar o pH e a classificação quanto ao tipo de resíduo seguindo a Norma da ABNT NBR 10.004.
2. Após a obtenção dos dados relatados acima, foi realizado um experimento de campo com a cultura de soja na Fazenda Santa Inês, no município de Naviraí, Mato Grosso do Sul, pela Fundação MS para a Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, com início em outubro de 2010 e duração de um ano agrícola (uma safra de soja), a fim de comprovar a aplicabilidade do serpentinito no processo de mineralização de solos para a agricultura a partir da cultura da soja, e sua participação no ciclo de nutrientes da cultura.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 Aproveitamento De Finos De Outras Rochas**

O aproveitamento de material proveniente do beneficiamento de outras rochas é amplamente estudado; uma visão geral do mercado de minerais voltados para a indústria é apresentada por Ciminelli (2005). A geração de finos na produção de agregados para a construção civil em pedreiras é demonstrada por Frazão (2002); a utilização destes finos para a correção granulométrica de solo argiloso é proposta por Pisatto *et al.* (2011) enquanto outro autor recomenda a utilização do mesmo material a para a indústria cerâmica, como carga mineral (BARBATO, 2002). O uso de resíduos de marmorarias na construção civil também é defendido por Pontes (2005) e a sinterização de finos de marmorarias proveniente de rochas graníticas é proposta por Santos (1998).

Alguns minerais, como talco, calcita, dolomita e quartzo, são usados como carga para polímeros (LIMA, 2007), sempre em granulometrias finas. Nesta linha, Assis (2006) propõe a utilização do pó de pedra sabão no preparo de compósitos de matriz cerâmica.

O principal emprego dado ao material de granulometria fina oriundo da cominuição do minério de ferro é o processo de pelletização. MARTINS (2003) recomenda o emprego de resíduos siderúrgicos e *pellet feed* minipelotizados na sinterização de minério de ferro, mesma proposta de Telles *et al.* (2009). E resíduos gerados durante o beneficiamento do minério de ferro também são usados para concentração de ferro: Oliveira (2006) propõe a recuperação de ferro a partir de lama gerada no espessador.

### **3.2 Aplicações Para O Serpentinito**

O serpentinito existe em diversas partes do mundo: no Norte da Itália (Conorzio Artigiani Cavatori Della Valmalenco, 2002), onde é usado exclusivamente como rocha ornamental; na Austrália (NSW *Department of Primary Industries – Serpentine*) e nos Estados Unidos da América (Kramer, USGS), onde é usado como fundente para o processo siderúrgico.

O serpentinito é formado pela serpentinitização de outras rochas, principalmente o peridotito. POUGH (1996), CHESTERMAN (1996) e PELLANT (1992) apresentam as principais características da rocha serpentinito: uma rocha plutônica, contendo composição ultrabásica, possuindo menos de 45 por cento de sílica, composta por minerais do grupo da serpentinita, como antigorita, lizardita e crisotila.

Um trabalho de caracterização física e química no material ora em estudo foi realizado por NEUMANN (2003). QUEIROGA (2005) apresenta informações complementares sobre o mineral crisotila, que pode ocorrer no serpentinito.

Nos últimos quarenta anos, sua principal aplicação foi como fundente (fonte de MgO) para sinterizações em siderúrgicas integradas a coque no Brasil (Lemos *et al.*, 1979, Honorato, 2006, e Januzzi, 2008). Após a crise econômica ocorrida em 2008, a indústria siderúrgica passou a usar carga metálica com elevados teores de sílica, o que tornou inviável o uso de serpentinito, dado o teor de sílica encontrado nesta rocha. PIMENTA e colaboradores (2010) indicam a substituição do serpentinito pelo calcário dolomítico como fundente na siderurgia a partir de 2010.

Outras aplicações para o serpentinito são: como rochas ornamentais (Ismaeil, 2008), como como fundentes para siderúrgicas (Wagner, 1972), e como matéria-prima para a produção de compósitos de matriz cerâmica (Assis, 2006).

Como possíveis aplicações, são descritos o uso potencial no tratamento de drenagens ácidas de minas (Bernier, 2005), no sequestro de gás carbônico (Teir, 2009), e na produção de óxido de magnésio (Gladikova, 2007).

ZULUMYAM (2007) e TEIR (2007) avaliam a dissolução do silicato de magnésio através de ataques ácidos produzindo carbonato de magnésio. Os citados Autores indicam, ainda, a possibilidade de sequestro de gás carbônico (Co<sub>2</sub>) durante a formação do carbonato, mesma linha de pesquisa de Kim (2002), Fan (2004), Alexander (2007) e Teir (2009).

No Brasil, Alves (2011) indica o serpentinito como alternativa para carbonatação mineral.

A produção de pelotas de minério de ferro empregando o serpentinito como fonte de MgO é descrita por Fonseca (2003) e Aragão *et al* (2000).

Uma avaliação do serpentinito como carga mineral empregada em polímeros é feita por Scheinder (2008) e Pinto (2011). CAMPOS (2001) indica o uso do talco como carga mineral, sendo o talco um dos minerais que compõe o serpentinito.

### **3.3 Sustentabilidade e Mineração**

Alguns autores afirmam que a atividade de mineração não é sustentável, considerando-se que os recursos minerais são exauríveis (NITSCH, 1996). Outros, como ENRÍQUEZ (2007) interpretam que esta atividade pode ser tida como sustentável, na medida em que busca minimizar os impactos ambientais por ela produzidos e que garanta um bem-estar socioeconômico no presente e para as gerações futuras. Esta autora discute a atividade de mineração como dádiva ou maldição, concluindo que ambos os resultados são possíveis.

Uma classificação entre diferentes tipos de sustentabilidade é proposta por PEARCE *et al.* (1989) apresenta a sustentabilidade fraca, em que o objetivo primordial é o bem-estar socioeconômico e que, para tal, admite o uso dos recursos naturais; sustentabilidade forte, que defende a preservação dos recursos naturais; e, finalmente, a sustentabilidade sensata ou prudente, que defende o equilíbrio entre os fatores ambientais, econômicos e sociais.

Segundo este Autor, portanto, a mineração pode ser classificada como de sustentabilidade fraca ou sensata, mas nunca como de forte sustentabilidade.

MACEDO (2008) complementa a classificação de Pearce criando a categoria sustentabilidade muito fraca, cujo rótulo ambiental é caracterizado pela exploração dos recursos naturais e orientação pelo crescimento. O tipo de economia desta categoria é a economia de mercado ou economia antiverde. Na estratégia de gestão, há a prevalência do vetor econômico, e, quanto à ética, privilegia o interesse e direito individuais, conferindo um valor instrumental à natureza. Este autor mantém a categoria sustentabilidade fraca, cujo rótulo ambiental é caracterizado pelo conservacionismo de recursos. O tipo de economia é a economia verde, sendo o mercado conduzido por instrumentos de incentivos econômicos. Na estratégia de gestão, há modificação do crescimento econômico, e, quanto à ética, defende uma equidade intergeracional entre a geração presente e a geração futura. Também mantém a sustentabilidade forte, que tem como rótulo ambiental o preservacionismo dos recursos naturais. O tipo de economia é a economia verde profunda. Na estratégia de gestão, possui crescimentos econômico e populacional nulos. Quanto à ética, o interesse coletivo prevalece sobre o interesse individual.

Ainda Macedo (2008) cria a categoria de sustentabilidade muito forte, que tem como rótulo ambiental o conservacionismo profundo. Possui economia verde muito profunda, com forte regulação, tendo como estratégia de gestão a redução da escala da economia e da população. Quanto à ética, defende interesses e direitos de todas as espécies (bioética).

Alguns autores defendem a inclusão de itens sociais na equação do desenvolvimento econômico. Para eles, a atividade de mineração deve compreender o papel relevante das comunidades que vivem nas proximidades das áreas de extração mineral; reconhecer que os recursos minerais são exauríveis, e, como consequência, buscar a eficiência ecológica na utilização de recursos e na disposição de rejeitos. Ademais, deve garantir um benefício social a partir do benefício econômico da atividade, além de assegurar que tais benefícios se mantenham mesmo após o fechamento das minas. A importância das comunidades vizinhas ou contíguas às minas também é defendida por Villas Boas (2011), que defende a licença social para a atividade de mineração.

SOUZA (2009) defende a essencialidade da atividade de mineração para a qualidade de vida dos homens e para se atingir o desenvolvimento sustentável propõe a adoção de indicadores de sustentabilidade para a indústria extrativa mineral.

Redes de sustentabilidade na atividade de mineração são estudadas por Hollesen (2009), mesma linha de Hodge (2009) e Pioli (2009), que apresentam ferramentas para a busca pela sustentabilidade na mineração. Ferramentas de auditorias para a sustentabilidade na mineração são apresentadas por Silva (2009). E autores como Saboya (2009) defendem a asseguarção de relatórios de sustentabilidade como forma de assegurar a validade das informações apresentadas.

Casos de boas práticas de empresas de mineração e a ferramenta de avaliação do desenvolvimento sustentável com base na comunidade em que se encontra o empreendimento minerário são listados por Accountaility (2005). Seguindo esta linha Ferreira *et al.* (2010) analisam a sustentabilidade da mineração de bentonita no município de Boa Vista, Estado da Paraíba, identificando os indicadores de Pressão-Estado-Impactos-Resposta, os quais permitiram a análise da empresa com a identificação de aspectos positivos e negativos, propondo melhorias e soluções. GRANDRA e LIMA (2006) aplicam o índice global de sustentabilidade na exploração da rocha coquina na península de Santa Elena, no Equador. Em ambos os casos, o objetivo final é verificar o desempenho das empresas nas dimensões social, econômica e ambiental.

O conceito de desenvolvimento sustentável é discutido por Van Bellen (2002), citando as condições necessárias para se alcançar a sustentabilidade nas dimensões social, econômica e ambiental e discute a aplicação de indicadores de sustentabilidade.

Estudos de casos de indicadores de sustentabilidade para a indústria extrativa mineral são apresentados por Villas Boas (2011), em que as dimensões social e econômica têm impactos positivos, enquanto a dimensão ambiental recebe impactos negativos, tais como degradação ambiental, valoração de serviços ambientais, e as chamadas contas ambientais, discutidas por Palma *et al.* (2008).

Esta discussão leva Nascimento (2012) a debater sobre a trajetória da sustentabilidade e o chamado “trevo de três folhas”, referindo-se às dimensões ambientais, sociais e econômicas.

BARRETO (2001) se propõe a obter uma imagem da mineração e do desenvolvimento sustentável no Brasil e apresenta alguns desafios a serem enfrentados no estudo deste assunto.

Por fim o IBRAM (2013) apresenta e discute a gestão para a sustentabilidade na mineração nos últimos vinte anos. Este trabalho foi feito a partir de uma pesquisa feita com as empresas de mineração brasileiras e associadas àquele instituto, onde foi informado o grau de conhecimento e de atuação nas dimensões ambiental, social e econômica, além de uma categoria chamada governança, onde é feita uma interação das empresas de mineração com outras partes interessadas, tais como organizações não governamentais, e a participação das empresas mineradoras na formulação de políticas públicas.

### **3.3.1 Serviços Ambientais**

Serviços ambientais são aqueles bens fornecidos pela natureza, tais como a regulação do clima, a formação dos solos e a ciclagem de nutrientes, o provimento de recursos hídricos, a manutenção do ciclo de chuvas, a proteção da biodiversidade, dentre outros – MMA (2011).

O conceito de ecossistema apresentado pela Convenção das Nações Unidas sobre a diversidade biológica (CDB) é “um complexo dinâmico de comunidades vegetais, animais e de micro-organismos e o seu meio inorgânico, que interagem como uma unidade funcional”. São variados, podendo ser ecossistemas marinhos, como os oceanos, ou ecossistemas terrestres, como florestas, campos, rios, ambientes rochosos e áreas de cultivo (MMA, 2012).

Nestes ecossistemas ocorrem interações entre os organismos vivos e os componentes físicos e químicos, por meio das forças de matéria e energia, que irão garantir a sobrevivência das espécies no planeta Terra, fornecendo ainda bens e serviços que garantem de maneira direta ou indireta as necessidades humanas. MMA (2012), citando De Groot et al, (2002) e TEEB (2010), classifica estas atividades como funções dos

ecossistemas, em quatro categorias : Serviços de Provisão, Serviços Reguladores, Serviços Culturais e Serviços de Suporte .

Os serviços ecossistêmicos de provisão estão ligados à sua capacidade de gerar bens, que podem ser alimentos (frutas, peixes, mel, caça), matérias para a geração de energia (madeira, carvão), plantas que são usadas na produção de remédios, e a água – TEEB (2010).

Os serviços ecossistêmicos de regulação são obtidos através do benefício gerado em processos naturais, como a purificação do ar, a regulação do clima, o ciclo das águas com o controle de cheias de rios e de processos erosivos, e ainda o controle de pragas e doenças – TEEB (2010).

Os serviços ecossistêmicos culturais estão relacionados aos benefícios oferecidos pelos ecossistemas aos homens, tais como benefícios educacionais, recreacionais, estéticos e espirituais – TEEB (2010).

E por fim os serviços ecossistêmicos de suporte são processos naturais necessários para que outros serviços ocorram, como o ciclo de nutrientes para as plantas, a formação de solos, a polinização pelos insetos e a dispersão de sementes pela força dos ventos – MMA (2011).

Os benefícios gerados pelos diferentes serviços ecossistêmicos são de amplitude local, na medida em que ocorre atuação no ciclo de nutrientes das plantas ou no controle de erosão, por exemplo; de benefício regional, na medida em que garante a produção de alimentos à determinada região; e por fim de benefício global, na medida em que garanta uma conservação da biodiversidade ou ainda que promova uma beleza cênica na região (MMA, 2011).

Aos serviços ecossistêmicos pode-se atribuir uma valoração econômica, que pode ser de uso direto, como a produção de madeira; pode ser de uso indireto, como a regulação do clima e o ciclo das chuvas, controle de erosão, o desempenho de funções ecológicas; e pode ainda ser um valor de não uso, através da preservação de espécies ameaçadas. FREITAS DE OLIVEIRA JÚNIOR (2005) apresenta e discute métodos de valoração ambiental e apresenta categorias de valores de uso e de não uso (preservação), que podem



ser atribuídos a uma área natural . A valoração de possíveis serviços ambientais, caso seja comprovado o papel do serpentinito em estudo na participação do ciclo de nutrientes da cultura em estudo, há de ser feita pelo uso indireto, em função da possível função ecológica do material em estudo.

A valoração econômica da rocha serpentinito na cultura da soja não será objeto de estudo neste momento, incidindo somente na observação quanto ao estado funcional do serviço ambiental de suporte, pois seu uso implica em alteração no ciclo de nutrientes disponível no solo para a cultura estudada. Porém caso seja comprovada sua ação como provedor de serviços ecossistêmicos, será feita a sugestão de um estudo futuro sobre a valoração deste serviço.

### **3.4 Aproveitamento de Resíduos**

A compostagem é um processo que emprega diferentes resíduos para se formar um composto orgânico, e que quando adicionado ao solo melhora suas características físicas, físico-químicas e biológicas; este composto orgânico melhora a qualidade do solo agricultável (Oliveira et al, 2005). Este processo usando esterco suíno em Santa Catarina é estudado por Bombilio (2005), enquanto Silva (2007) apresenta processo de compostagem com vários tipos de resíduos sólidos agroindustriais, tais como resíduos de incubatório de ovos, conteúdo ruminal de bovinos, lodos provenientes de sistema de tratamentos de efluentes industriais, cinza de caldeira proveniente da queima de biomassa e resíduos do processo de limpeza de cereais. Já o processo de reciclagem tem como propósito transformar materiais classificados como resíduos sólidos em matérias primas, a serem empregadas em novas atividades (Pontes et al, 2006). Estes mesmos autores propõem a ação sinérgica entre reciclagem de resíduos e compostagem dos mesmos em uma usina de coleta de lixo doméstico na cidade de Vila Velha, Espírito Santo, gerando além do produto final, um composto orgânico a ser empregado em solos agricultáveis, benefícios sociais, tais como a geração de empregos locais, e ambientais, tais como a redução de resíduos a serem encaminhados para aterros sanitários.

Resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte, e seu emprego em processos de compostagem para uso posterior como composto na agricultura são analisados por Jukes

(2002). BERGAMASCHI (2010) estuda a atividade antioxidante de resíduos vegetais, concluindo por sua aplicação na indústria de alimentos.

A reciclagem e a compostagem deve seguir procedimentos de forma a obter um resultado final adequado para aplicação em solos agricultáveis, além de evitar a geração de novos impactos ambientais; a Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais – FEAM (2012) apresenta um guia de orientações para governos municipais de Minas Gerais, descrevendo o aproveitamento de resíduos sólidos urbanos.

O processo de reciclagem pode gerar produtos para geração de energia: Oliveira (2011) analisa o aproveitamento energético de resíduos agrícolas em diferentes culturas. O mesmo Autor (2004) pesquisa o uso da compostagem em sistemas agrícolas urbanos com o aproveitamento de resíduos vegetais. Paoliello (2006), por sua vez, estuda o uso de resíduos da indústria sucroalcooleira e seu potencial energético. DE PAULA (2006) trabalha com resíduos gerados na produção de madeira, com emprego na produção de briquetes para fins energéticos.

O aproveitamento de resíduos do setor florestal na cidade de Lages, Santa Catarina é estudado por Coronel *et al.* (2007) . O aproveitamento de resíduos do pólo moveleiro de Ubá, Minas gerais, com a finalidade de geração de energia é defendida por Farage (2009). A viabilidade do uso de resíduo da indústria de celulose – lama de cal - no cultivo do bambu é comprovada por Albuquerque (2011). BARRETO (2008) analisa o aproveitamento deste mesmo resíduo na fertilidade do solo e no desenvolvimento de eucalipto. Nessa mesma linha, Bellote *et al.* (1998) e Foelkel (2008). COSTA *et al.* (2007) incorporaram a este tipo de resíduo esterco em diferentes proporções e avaliaram sua influência nas culturas de feijão e milho. Estes autores comprovam a melhoria da qualidade do solo agricultável estudado e os benefícios advindos para as culturas estudadas.

Resíduos orgânicos agroindustriais, como cinza de bagaço de cana-de-açúcar, torta de filtro rotativo de usina de cana-de-açúcar e casca de arroz carbonizada como fontes de silício para a cultura do milho são estudados por Lima *et al.* (2012). O efeito da fertilização do solo com resíduos de rochas ornamentais é estudado por Oliveira *et al.* (2010). Já o efeito do uso de esterco de ave poedeira no rendimento de grãos de trigo no Rio Grande do Sul é analisado por Figueiroa *et al.* (2009), registrando inclusive aumento de produtividade

na colheita. Teixeira *et al.* (2011) trabalham com o aproveitamento de resíduos de curtume em áreas agrícolas em Rio Branco, Acre.

O papel dos silicatos de cálcio e magnésio na agricultura são analisados por Kondorfer *et al.* (2003). O gesso é estudado por Pessoni (2012), que analisa a sua influência e do calcário na produtividade da soja e do triticale. Já Medina e Brinholi (1998) analisam a mistura de gesso, calcário e vinhaça na produção de cana-de-açúcar.

### **3.5 Aplicações para o Serpentinó na Agricultura**

O emprego do serpentinito na agricultura é proposto por Zaidam (2003), como fonte de silício para o solo agricultável, na cultura de arroz, mesma proposta defendida neste trabalho. Os resultados apresentados não mostram ganhos de produtividade na cultura estudada.

Outros autores, como Berni (2003), Kondorfer (2003) e Pereira (2007) indicam a possibilidade de uso de serpentinito para a agricultura, como fonte de silício e magnésio. BERNI, R. e PRABHU, A. (2003) apontam a rocha serpentinito como fonte de silício a ser empregada na produção de arroz, como forma de redução da brusone nas folhas da planta. A brusone é uma doença que tem ação maior quando existe umidade, e que pode comprometer a produção desta cultura, e o silício disponibilizado pelo serpentinito no solo agricultável seria absorvido pela planta e concentrado nas folhas da cultura, tornando-as mais resistentes. A possibilidade de se reduzir ou controlar esta doença na cultura do arroz conformaria a prestação de serviço ecossistêmico de regulação da rocha serpentinito.

O emprego do serpentinito na agricultura sustentável é apresentado por Bezerra (2009), Castro Neto (2009), Bergman (2009), Souza (2011), Broch (2011), Fernandes (2009), Tavares (2009) e Teixeira (2009), todos inspirados pela obra de Hensel (traduzida em 2003), "Pães de Pedra". São vários os conceitos para agricultura sustentável; Kamiyama (2011) apresenta algumas destas definições e sintetiza que a agricultura sustentável busca obter processos produtivos com a utilização dos recursos naturais de forma racional, com a adoção de técnicas agroecológicas, tais como compostagem e rotação, que garantam a produtividade das culturas, o controle de pragas e doenças das plantas e a geração de um mínimo de impactos ambientais. Apresenta o termo agroecologia, que propõe a incorporação de propostas ambientais e sociais aos sistemas de produção, e afirma que a

agroecologia é o pilar de sustentação de uma agricultura sustentável. Já Hensel (2003) propõe a introdução de rochas moídas ao solo agricultável como forma de reposição dos nutrientes necessários às plantas; os citados autores apresentam dados que comprovam a participação da rocha serpentinito neste processo, atuando ora como fonte de nutrientes e minerais, tais como o silício, ora como agente secundário no controle de doenças das culturas.

Os agrominerais, minerais que podem ser empregados para o solo agricultável, são avaliados por FERNANDES *et al.* (2010), entre eles o serpentinito, como corretivo de acidez de solo e como promotor da liberação lenta de silicatos e micronutrientes para as culturas. Estes autores descrevem vários minerais que podem adicionar elementos nutrientes ao solo, de forma conjunta e não isoladamente.

O termo biomineralização de solos é usado por GUAYI (2011), sendo uma mistura de rochas moídas e materiais orgânicos submetidos a um processo de compostagem, com adição de água e com um tempo de maturação para se aplicar o produto. PEREIRA *et al.* (2003) indicam o serpentinito como um dos componentes do termofosfato, um material que é fonte de silício para as plantas de tomate.

Uma comparação entre o serpentinito e outras fontes de magnésio usadas na cultura do café tais como sulfato de magnésio e fertilizantes químicos disponíveis no mercado é feita por SANTINATO *et al.* (2012), e conclui que seu emprego corrigiu a deficiência de magnésio do solo e ainda causou um aumento expressivo da produtividade da planta. TEIXEIRA, A. *et al.* (2009) comprovam que o serpentinito age como corretivo de solos ácidos em Andorinha, Bahia, através da confirmação da elevação do pH do solo. Apresenta resultados que foram repetidos no presente Trabalho, tais como a classificação quanto ao tipo de resíduo. Porém, em sua análise química, verifica-se que a rocha estudada possui teores menores de óxido de magnésio e óxido de silício, e maior concentração de óxido de cálcio.

### **3.6 Análise de viabilidade econômica do uso do serpentinito como fonte de elementos para o solo agricultável**

No Brasil ocorre o predomínio do uso de calcário para se obter a elevação do pH dos solos ácidos agricultáveis e ainda como fonte de magnésio (TEIXEIRA, 2010). O mesmo Autor afirma ser um insumo barato, se comparado a outros produtos usados na agricultura, como os fertilizantes químicos. É empregada, ainda, escória siderúrgica como fonte de nutrientes (KONDORFER, 2003 e CHAVES, 2008), porém espera-se a presença de contaminantes neste produto, portanto faz-se necessária a investigação do potencial de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas (SOUZA, 2007). Certamente, um dos motivos de o calcário possuir um preço acessível é o fato de o Brasil apresentar grandes reservas desta rocha (MME, 2009) e (TEIXEIRA, 2010), a distâncias acessíveis do mercado consumidor, com um preço de mercado na faixa de R\$ 60,00 (sessenta reais) por tonelada, mais o frete até a região consumidora.

TEIXEIRA et al (2009) comprovam que o serpentinito age como corretivo de solos; porém deve ser analisado com maior cuidado do ponto de vista econômico, haja vista possuir teor médio de magnésio superior ao teor de calcários, além de apresentar outros nutrientes de grande importância para as plantas, além não possuir a escala de produção e de oferta ao mercado como o calcário. Além disso SANTINATO et al. (2012) comparam o serpentinito a produtos industrializados, como óxido e sulfato de magnésio, afirmando apresentarem, os três produtos, resultados semelhantes. Defendem, portanto, que o serpentinito não deve ser comparado com o calcário, mas sim com produtos de maior valor agregado, por apresentar benefícios semelhantes às culturas estudadas.

COSTA et al. (2012) apresentam um preço para o óxido de magnésio, na forma de magnesita, de US\$366,66 (trezentos e sessenta e seis dólares e sessenta e seis centavos) por tonelada.

Observa-se portanto uma diferença entre o preço do calcário e o preço do óxido de magnésio, produtos que foram comparados pelos autores supra citados ao serpentinito, com um teto inferior de R\$ 60,00 por tonelada para o calcário e um teto superior de R\$ 989,00 por tonelada para o óxido de magnésio, usando a cotação da moeda americana a taxa de 2,70 R\$ / USD.

Recomenda-se, portanto, que seja feito um estudo detalhado quanto à viabilidade comercial do produto para a empresa produtora, uma vez comprovada a viabilidade técnica do presente trabalho. Além disso seria de grane importância comprovar cientificamente os benefícios que a adição da rocha serpentinito agregariam às plantas, do ponto de vista nutricional e fisiológico.

Desta forma a empresa produtora poderá agregar valor a seu produto, buscando um preço de venda do produto mediano aos valores de preço do produto anteriormente mencionados e levando em conta todos os fatores inerentes a formação de seu custo de produção, tais como custos de desenvolvimento de produto, custos fixos e variáveis de produção e ainda custos de distribuição do produto ( KRAYCHETE, 1997).

#### **4 METODOLOGIA DO TRABALHO**

Diante das diversas aplicações descritas pelos vários autores e de acordo com o objetivo deste trabalho, e, ainda, como forma de apresentar meios quantitativos que demonstrem a utilização do serpentinito como agente de mineralização do solo, este trabalho foi desenvolvido em duas etapas:

##### **ETAPA 1 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA**

Foi adotado o seguinte protocolo:

- . Coleta de amostra representativa da rocha serpentinito;
- . Trabalhos em laboratório de caracterização física e química;
- . Determinação do pH;
- . Classificação quanto ao tipo de resíduo;
- . Ensaios de lixiviação e de solubilização.

## **ETAPA 2 – EXPERIMENTOS EM CAMPO**

Foi adotado o seguinte protocolo:

- . Contratação de prestação de serviços de uma fundação para execução de experimentos em campo com a rocha serpentinito.
- . Envio da rocha serpentinito em quantidade adequada para a realização do experimento em campo.
- . Recebimento de relatório técnico com os resultados obtidos pelo experimento em campo.
- . Análise interpretativa dos dados obtidos no experimento em campo.

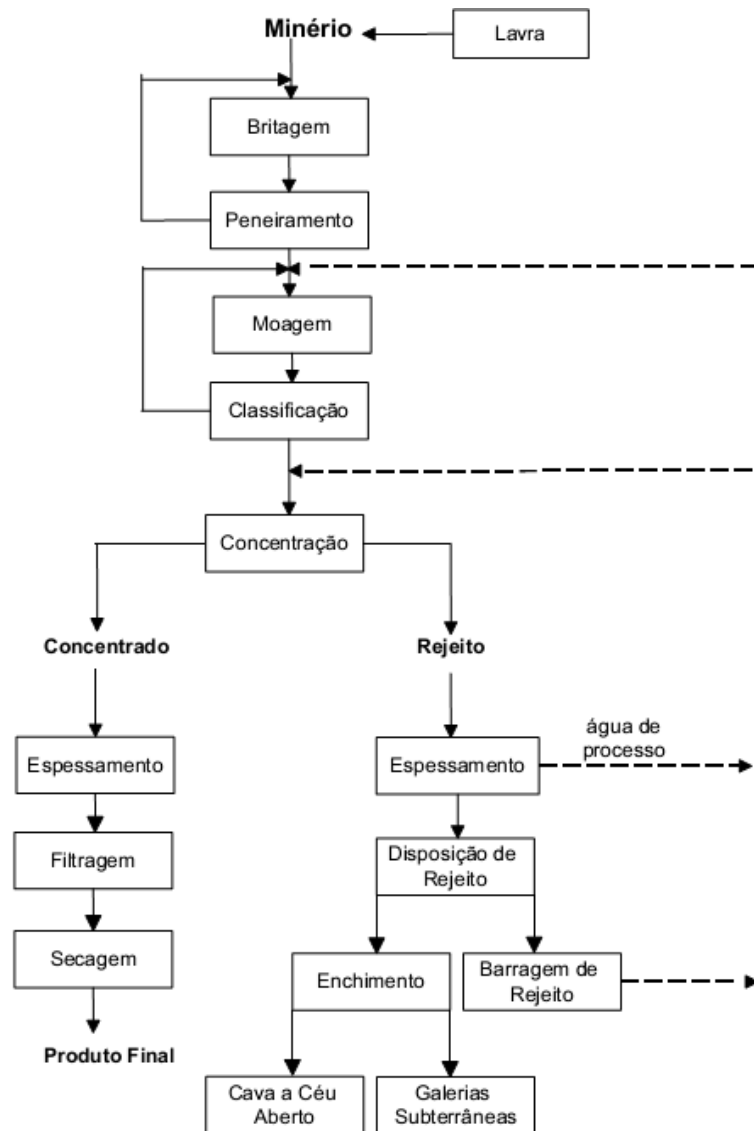
### **4.1 ETAPA 1: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA**

#### **4.1.1 Coleta de Amostra do Material**

A primeira atividade executada foi a coleta de amostra de serpentinito.

Para fins de análise granulométrica, foram coletadas 23 amostras. O número de amostras foi definido de modo a se obter dados representativos do produto produzido pela Empresa Pedras Congonhas Ltda. As amostras foram coletadas entre os dias 7/06/2010 e 29/06/2010, em vinte e três dias, totalizando vinte e três amostras, todas com 1,0 Kg, sempre no mesmo horário e local, na usina de beneficiamento e tratamento da Empresa.

A Figura 4.1.1 mostra um fluxograma típico de beneficiamento de minério, com a etapa da moagem situada após o peneiramento do material passado pela britagem primária. Na atividade de mineração, a geração de material de granulometria fina ocorre em várias etapas, desde a lavra do material na mina, passando por seu beneficiamento na usina e terminando na expedição do produto final para os clientes (CHAVES, 2002).



**Figura 4.1.1: Fluxograma típico de tratamento de minérios (DA LUZ, 2010).**

A área em estudo possui as atividades de britagem, peneiramento e moagem a seco, não apresentando a etapa de concentração do minério lavrado.

Para a amostragem, foi usada a Norma 10.007 da ABNT, amostragem de resíduos sólidos (ABNT NBR 10.007, 2004) utilizando o equipamento moinho de martelos marca Piacentini modelo MM 75232 (Figura 4.1.2).





**Figura 4.1.2: Moinho de Martelos marca Piacentini (Especificações técnicas de moinhos de martelo - Metalúrgica Bom Jesus; EPT 03, fl 01, 2006). Dimensões 2,40 mts x 1,20 mts.**

As amostras foram coletadas pelo Autor do presente Trabalho, seguindo a Norma ABNT 10.007, e a análise granulométrica foi realizada no laboratório da Empresa Pedras Congonhas Ltda., pelo Engenheiro Químico Paulo Henrique Tribst. Os ensaios granulométricos foram realizados usando-se peneiras de 100, 200 e 325 mesh, marca Bertel, além de uma balança analítica de laboratório de precisão marca Shimadzu, com capacidade para 320g.

Em seguida, foi feito um quarteamento, que é o processo de redução da amostra global em pequena porção representativa daquela amostra inicial, sendo gerada uma única amostra, representativa de todo o lote, para fins de análises químicas, com a geração de uma duplicata. A amostra foi enviada para o laboratório do Departamento de Química da Universidade Federal de Ouro Preto, onde foi realizada a caracterização química do material com determinação de seu pH e classificação quanto ao tipo de resíduo, segundo a Norma ABNT 10004 (ABNT NBR 10004, 2004).

### **4.1.2 Caracterização Física e Química do Serpentinó**

Para os ensaios físicos, tomou-se como metodologia a Norma ABNT NBR 2395( ABNT NBR 2395, 1997). As peneiras usadas foram as de 100# (0,149 mm), 200# (0,074 mm), e 325# (0,044 mm).

Para as análises químicas, foi usada a técnica de fluorescência de raios X, sendo utilizado equipamento da marca RigakuSimultix X Ray Spectrometer (usando-se pastilhas fundidas). Foi empregado um difratômetro de raios x da marca Shimadzu, modelo XRD 6000, acoplado com tubo de ferro e monocromador de grafite.

### **4.1.3 Determinação do pH**

Para determinação do pH, utilizou-se um pHmetro Analion, modelo PM 608.

### **4.1.4 Classificação quanto ao Tipo de Resíduo**

A classificação dos resíduos teve por base a Norma da ABNT 10004 (ABNTBR 10004,2004). Os resíduos sólidos foram analisados quanto à classe, a saber:

Classe I - Perigoso

Classe II A - Não inerte

Classe II B - Resíduo inerte.

Para se obter o extrato de lixiviação de resíduos sólidos, a Norma da ABNT 10005 (ABNTBR 10005, 2004) foi seguida.

A Norma da ABNT 10006 (ABNTBR 10006,2004) serviu de base para os procedimentos adotados para se ter o extrato solubilizado de resíduos sólidos.

Quanto à amostragem de resíduos sólidos, a metodologia para se obtê-la seguiu a Norma da ABNT 10007 (ABNTBR 10007, 2004).

#### **4.1.4.1 Ensaio de Lixiviação**

Foram pesados 100g do resíduo na faixa granulométrica -1000 $\mu$ m a +600 $\mu$ m, utilizando-se a balança (Marte – AY 220) e transferidos para o frasco plástico ao qual foram adicionados 200mL da solução de extração N° 1 (5,7mL de ácido acético glacial, 64,3mL de solução de NaOH 1,0mol.L<sup>-1</sup> e o volume final completado com água destilada para 1L) .

O frasco foi fechado e agitado durante 19 horas utilizando-se agitador rotativo para não voláteis (Tecnal, TE-743), em temperatura ambiente, com rotação de 30rpm. Após este período, a amostra foi filtrada com o uso de membrana de porosidade 0,45 $\mu$ m.

O pH do extrato lixiviado (filtrado) foi medido e os parâmetros inorgânicos contidos no anexo F da Norma NBR 10.004 (2004) foram quantificados, em triplicata, por técnicas variadas. Arsênio, bário, cádmio, chumbo, cromo e prata foram determinados por espectrofotometria de emissão atômica com fonte de plasma (ICP-OES) (Spectro – CIROS CCD). Para garantir resultados livres de possíveis contaminações, foi realizado um teste em branco, com água destilada e deionizada, onde se espera não obter nenhuma resposta. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Geoquímica do Departamento de Geologia da Escola de Minas da UFOP.

#### **4.1.4.2 Ensaio de Solubilização**

Para o ensaio de solubilização, foi seguido o procedimento estabelecido na Norma ABNT NBR 10006.

Foram pesados 25,0 gramas da amostra do resíduo em béquer, utilizando-se balança analítica (Mettler Toledo – AB 204). Foram adicionados 100,0mL de água ultrapura (condutividade < 1,0mS/cm).

O béquer foi agitado durante 5 minutos, usando-se um agitador magnético. Em seguida, o béquer foi tampado com fita de polietileno e deixado em repouso durante 7 dias. Após este período, a amostra foi filtrada empregando-se membrana de porosidade de 0,45 $\mu$ m.

No filtrado obtido, denominado extrato solubilizado, foram quantificados os metais pela mesma metodologia descrita no item anterior.

## 4.2 ETAPA 2: EXPERIMENTOS EM CAMPO

A partir dos resultados obtidos na Etapa 1, e, a partir dos resultados de pesquisa bibliográfica que justificam a realização de análise prática para comprovar a eficácia do serpentinito na agricultura, foi realizado um experimento em campo pela Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias. Trata-se de uma empresa privada, sem fins lucrativos, e de utilidade pública federal, fundada em 18 de março de 1992 por produtores rurais, com o propósito de gerar e adaptar tecnologias para apoiar o crescimento da área a ser cultivada no Mato Grosso do Sul. Esta Fundação foi escolhida por ter apresentado um escopo de trabalho satisfatório aliado a um custo financeiro condizente e a um cronograma adequado às pretensões da empresa contratante. O custo para a realização do experimento foi de R\$ 21.670,00. A figura 4.2.1 traz a localização da cidade de Naviraí, no Estado do Mato Grosso do Sul, onde foi feito o experimento.



**Figura 4.2.1: Mapa de Localização de Naviraí, Estado de Mato Grosso do Sul.**

O experimento foi realizado NA FAZENDA SANTA INÊS entre os anos de 2010 e 2011 a partir do cultivo da soja. Antes do plantio, foram feitas as análises de solo e o preparo do solo conforme rotina da Fundação MS. Foi adotado o sistema de plantio direto da soja, tendo sido usada a semente do tipo EMBRAPA BRS 284. O plantio foi feito em 26/10/2010, e a colheita, em 08/03/2011.

A Tabela 4.2.1 apresenta um resumo da tecnologia usada no plantio.

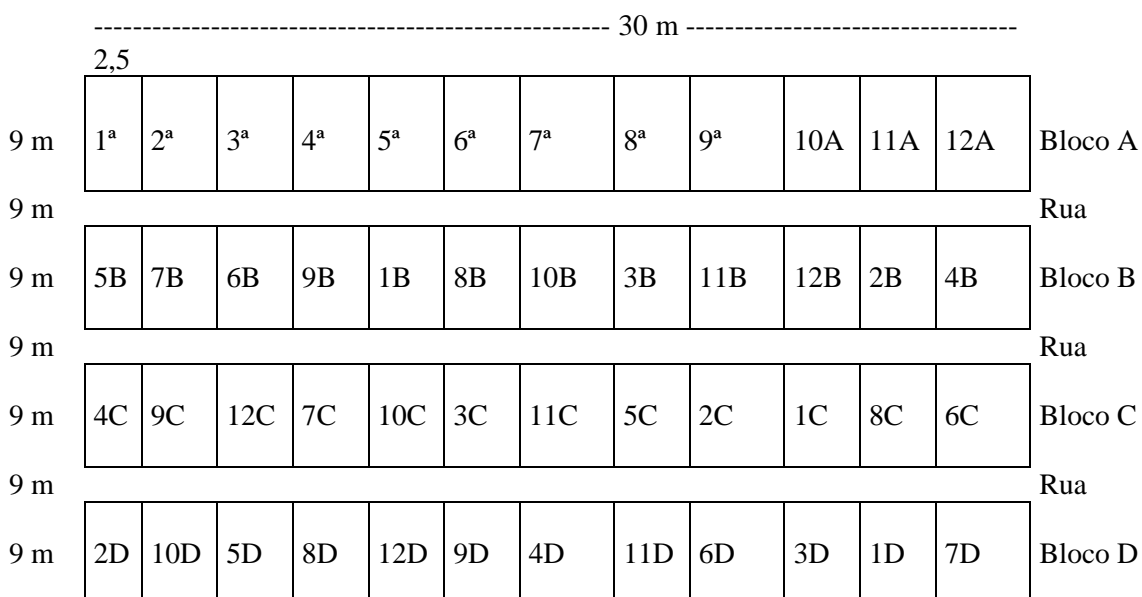
**Tabela 4.2.1: Resumo da Tecnologia Usada no Experimento**

<b>Resumo da tecnologia utilizada no ano agrícola 2010/2011</b>	
<b>Sistema de plantio</b>	Plantio direto
<b>Dessecação</b>	1º Aplicação: Glifosato (4,0 l.ha <sup>-1</sup> ); 2º Aplicação (3,0 l/ha)
<b>Plantio</b>	26/10/2010
<b>Adubação</b>	303 kg/ha 02 N -28 P -15 K
<b>Cultivar</b>	BRS 284 (13 sementes/metro linear)
<b>Fungicida</b>	Protreat 100 ml/50 kg de sementes
<b>Micronutriente</b>	Cofermol Plus 90 ml/50 kg de sementes
<b>Inseticida</b>	Standak 100 ml/50 kg de sementes
<b>Área colhida</b>	3 linhas x 0,45 m x 4,0 m = 5,4 m <sup>2</sup>
<b>Data de Colheita</b>	08/03/2011
<b>Observação<sup>1</sup></b>	

Para análise, foi adotado o delineamento estatístico por blocos casualizados (DBC) em área total de 270 metros quadrados, formada por quatro Blocos com medida de 30 metros de comprimento por nove metros de largura. Os blocos foram chamados de bloco A, B, C e D e cada bloco foi dividido em doze parcelas, com medidas de 2,5 por nove metros quadrados, com área individual de 22,5 metros quadrados, conforme croqui do experimento – Tabela 2.

Área da parcela: 2,5 m x 9 m = 22,5 m<sup>2</sup>  
 Área do Bloco: 9 m x 30 m = 270 m<sup>2</sup>

**Tabela 4.2.1: Croqui do Experimento**



Para análise estatística, foi realizado o teste de média Tukey, com grau de confiabilidade de 95%.

O estudo foi realizado após a assinatura de um contrato entre a empresa produtora de serpentinito, a Pedras Congonhas Ltda., e a Fundação MS. O serpentinito da empresa Pedras Congonhas foi usado em uma safra de soja em diferentes dosagens e os resultados comparados com outros tratamentos conhecidos. A Tabela 4.2.3 mostra as dosagens aplicadas para o serpentinito no experimento, assim como outras misturas usadas a título de geração de dados para comparação.

**Tabela 4.2.2: Dosagens de produtos aplicados no experimento**

Trat.	Descrição	Dose	Observação
		ton/ha	
1	Testemunha	0,0	
2	Serpentinito <i>in natura</i>	1,0	
3	Serpentinito <i>in natura</i>	2,0	
4	Serpentinito Tipo 2	1,0	
5	Serpentinito Tipo 2	2,0	
6	Serpentinito Tipo 3	1,0	
7	Serpentinito Tipo 3	2,0	
8	Serpentinito <i>in natura</i> + Calcário Calcítico	1,0 + 1,0	
9	Serpentinito Tipo 2 + Calcário Calcítico	1,0 + 1,0	
10	Serpentinito Tipo 3 + Calcário Calcítico	1,0 + 1,0	
11	Calcário Dolomítico	1,0	
12	Calcário Dolomítico	2,0	

Os tratamentos 2 e 3 foram feitos usando o serpentinito *in natura*, sem nenhum tratamento térmico ou químico e sem nenhuma adição. A diferença entre estes tratamentos foi na dosagem usada: enquanto no tratamento 2 foi adotada a dosagem de 1,0 tonelada por hectare, no tratamento 3 adotou-se a dosagem de 2,0 toneladas por hectare, de forma arbitrária. O serpentinito do tipo 2 usado nos tratamentos 4 e 5 foi atacado quimicamente por ácido sulfúrico, de forma experimental, de modo a permitir maior absorção dos

elementos químicos da rocha pelo solo, e ainda com o propósito de fornecer dados comparativos entre a aplicação da rocha *in natura*, de acordo com a técnica de rochagem, e entre uma rocha atacada quimicamente. E o serpentinito do tipo 3 usado nos tratamentos 6 e 7, além de atacado quimicamente por ácido sulfúrico, recebeu a adição de enxofre, para se atingir os mesmos propósitos comparativos do serpentinito do tipo 2.

Os tratamentos que interessam diretamente ao presente Trabalho são os de números 2 e 3, que tratam da adição da rocha serpentinito moída na cultura escolhida. A partir da sugestão dos Pesquisadores da Fundação MS, foram adicionados outros tratamentos, de forma a se obter mais dados de referência.

O serpentinito da Empresa Pedras Congonhas foi usado em uma safra de soja em duas diferentes dosagens e os resultados foram comparados com outros tratamentos conhecidos. Foram retirados na linha de produção 100kg de serpentinito e coletadas as amostras que foram usadas na pesquisa do presente Trabalho. Foram empregadas dosagens equivalentes a 1t e a 2t de serpentinito por hectare plantado. Estas quantidades de serpentinito foram adotadas seguindo um padrão já usado para a dosagem de calcários. Além do produto *in natura*, foram adicionados dois produtos obtidos através de tratamento industrial, apenas com o objetivo de produzir mais dados no experimento em campo. Além disso, foram realizadas misturas com o calcário calcítico, sugeridas pela entidade realizadora do experimento, com o mesmo propósito de se obter mais dados para comparação.

Foram avaliados o teor foliar dos macro e micronutrientes no pleno florescimento da planta e a produtividade da soja pela empresa condutora do experimento (Fundação MS).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

De acordo com o processo metodológico, serão descritos os resultados da caracterização física e química do serpentinito, e sua classificação quanto ao tipo de resíduo segundo a Norma ABNT 10.004 e seu pH.

### **5.1 Caracterização Físico-Química do Serpentinito**

Segundo o laudo do laboratório da Empresa Pedras Congonhas Ltda., a análise granulométrica das 23 amostras de serpentinito pode ser observada por meio da Tabela 5.1.1.

### 5.1.1 Análise Granulométrica do Serpentinó

Os resultados apresentados na tabela 5.1.1 mostram a distribuição granulométrica do serpentinó em estudo, com os resultados das vinte e três amostras após classificação em peneiras com as malhas de abertura 100 mesh (0,150 mm), 200 mesh (0,075 mm) e malha 325 mesh (0,045 mm). Ou seja, quanto maior o valor em mesh, mais fino será o material.

**Tabela 5.1.1: Distribuição Granulométrica do Serpentinó**

<b>DATA</b>	<b>AMOSTRA</b>	<b>#100 (0,150mm)</b>	<b>#200(0,075mm)</b>	<b>#325(0,045mm)</b>
07/06/2010	AM-01	47,04%	61,88%	69,02%
08/06/2010	AM-02	45,17%	60,48%	68,58%
09/06/2010	AM-03	48,68%	64,99%	73,35%
10/06/2010	AM-04	46,52%	65,56%	68,14%
11/06/2010	AM-05	46,96%	67,12%	72,15%
12/06/2010	AM-06	45,12%	62,35%	72,96%
13/06/2010	AM-07	47,98%	63,54%	71,25%
14/06/2010	AM-08	47,12%	61,25%	70,56%
15/06/2010	AM-09	46,23%	60,96%	72,39%
16/06/2010	AM-10	48,53%	63,58%	71,69%
17/06/2010	AM-11	47,87%	64,53%	70,25%
18/06/2010	AM-12	46,25%	62,78%	72,98%
19/06/2010	AM-13	45,99%	61,35%	71,64%
20/06/2010	AM-14	46,58%	62,59%	71,36%
21/06/2010	AM-15	48,35%	63,42%	72,36%
22/06/2010	AM-16	46,21%	62,98%	73,10%
23/06/2010	AM-17	47,38%	63,95%	72,69%
24/06/2010	AM-18	47,10%	64,12%	73,65%
25/06/2010	AM-19	46,92%	63,58%	71,93%
26/06/2010	AM-20	45,85%	63,20%	71,23%
27/06/2010	AM-21	45,67%	64,39%	72,63%
28/06/2010	AM-22	46,58%	60,96%	72,25%
29/06/2010	AM-23	48,15%	62,92%	72,68%



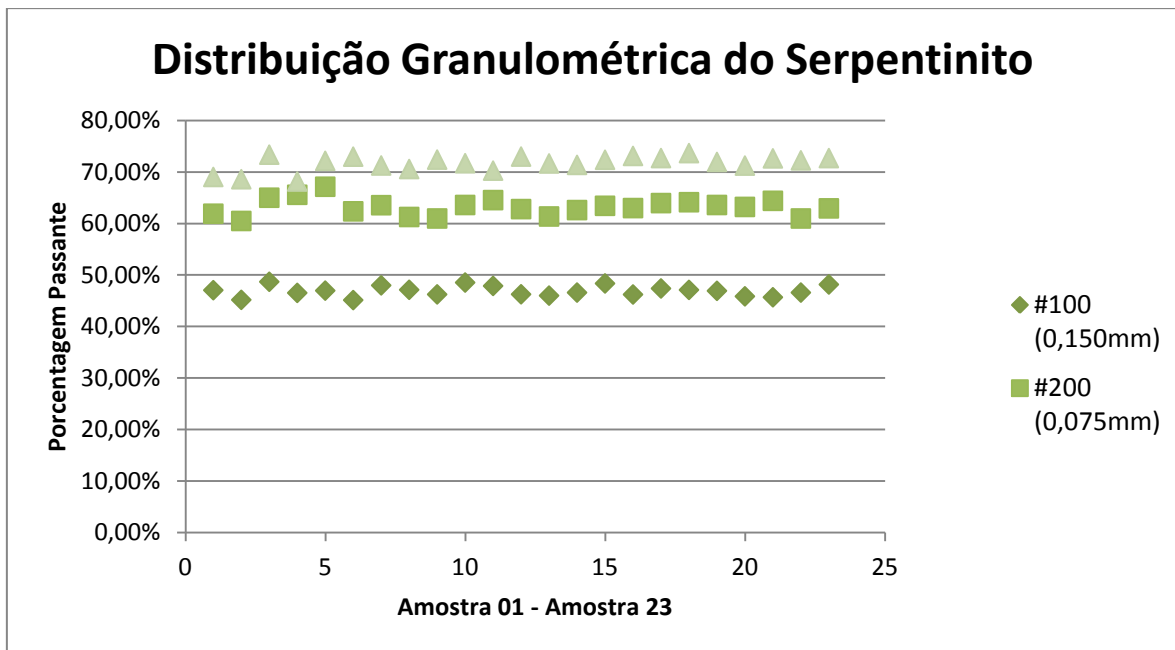
Os resultados demonstram que o material estudado é muito homogêneo, com granulometria uniforme e distribuição semelhante entre as faixas granulométricas estudadas.

Trata-se de um material de granulometria fina, se comparado com o serpentinito estudado por TAVARES *et al.* (2009), com origem em Minaçu, Goiás, que possuía tamanho superior, sendo a maior concentração granulométrica registrada nas faixas de 6, 10 e 20mesh. Estes autores chegam a fazer um estudo para realizar nova moagem no serpentinito, a fim de reduzir seu tamanho, o que não se faz necessário no material ora estudado.

Analisando o serpentinito na cidade de Andorinhas, Bahia, TEIXEIRA (2009) também relata material de granulometria superior, menor que 4,7mm.

Os resultados obtidos no serpentinito de Nova Lima encontram-se dentro da faixa estipulada pelo Ministério da Agricultura para aplicação em solos de calcário agrícola, que é menor que 2,0mm ( TEIXEIRA, 2009).

O gráfico 5.1 apresenta a distribuição granulométrica do serpentinito.



**Gráfico 5.1: Distribuição Granulométrica do Serpentinó**

A distribuição granulométrica da amostra é bastante regular, com 70% do minério apresentando granulometria inferior a 0,044mm. Considerando-se que a granulometria exigida pelo Ministério da Agricultura para o calcário agrícola é menor que 2,00mm, portanto o serpentinó encontra-se dentro da granulometria exigida para a aplicação em solos agricultáveis.

## 5.2 Análise Química do Serpentinó

Os dados revelam que a amostra em estudo se trata de um silicato de magnésio, sendo que o óxido de silício representa 42,15% da massa da amostra e o óxido magnésio, 35,85%. Somados, estes dois elementos representam 78% da massa da amostra do minério serpentinó. O ferro, o alumínio e o cálcio representam 8,78% da massa da amostra do minério. A tabela 5.2 apresenta dados comparativos dos elementos químicos do serpentinó estudado aos dados obtidos por estudos realizados por TAVARES (com origem na cidade de Minaçu, Goiás) e TEIXEIRA (com origem na cidade de Teixeira, Bahia), dos elementos analisados.

**Tabela 3.2: Comparação dos Elementos Químicos dos Serpentinóis, sendo expressos os valores percentuais referentes à massa.**

<b>Elementos</b>	<b>Serpentinito em estudo Nova Lima-MG</b>	<b>Serpentinito Tavares <i>et al.</i> Minaçu-GO - 2009</b>	<b>Serpentinito Teixeira Andorinhas-BA - 2010</b>
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	9,63(*)	11,34	0,443
<b>SiO<sub>2</sub></b>	42,15	40,56	13,2
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	3,37	0,58	0,404
<b>CaO</b>	1,2	0,13	33,44
<b>MgO</b>	35,85	45,7	20,77
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,02	ND	0,023
<b>MnO</b>	0,11	0,13	0,125
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,01	ND	0,453
<b>PF(**)</b>	11,09	15,19	30,85

(\*)Valores em percentual referentes à massa.

(\*\*) PF= Perda ao fogo ou perda por calcinação.

O serpentinito estudado por Tavares *et al.* (2009), cuja origem é a cidade de Minaçu, Estado de Goiás, possui semelhança com o serpentinito em estudo, isto é, os teores dos óxidos de ferro, de silício e de magnésio não apresentam grande disparidade, e a perda ao fogo ou por calcinação também se assemelha. Apresenta ainda um pequeno percentual de cromita – Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, de 0,74%.

Já o serpentinito estudado por Teixeira (2009), cuja origem é a cidade de Andorinhas, Estado da Bahia, apresenta grande diferença na composição dos óxidos, com destaque para o óxido de cálcio, em percentual elevado, se comparado com as outras duas amostras apresentadas na Tabela 5.1, sendo que os óxidos de magnésio e silício tiveram percentuais inferiores à amostra em estudo. Seu trabalho não apresenta dados relativos à presença de cromita – Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

A análise química do serpentinito de Nova Lima apresentada na tabela 5.2 não apresenta o mineral cromita – Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

### 5.3 Classificação de Resíduos de Acordo com a Norma ABNT 10004

Os ensaios para a classificação do tipo de resíduo são os de lixiviação e de solubilização, cujos resultados são apresentados nas Tabelas 5.3.1 e 5.3.2.

Ressalte-se que o teste de lixiviação permite afirmar se o material será classificado como perigoso ou não, enquanto o teste de solubilização provará se o material será inerte ou ativo.

Tabela 5.3.1 : ensaio de lixiviação.

Elemento	Limite	Escala	Resultado	Quantidade
Al	ND		374	mg/L
As	1	mg/L	< LQ	µg/L
Ba	70	mg/L	54,7	µg/L
Be	ND		< LQ	µg/L
Ca	ND		16	mg/L
Cd	0,5	mg/L	< LQ	µg/L
Co	ND		3,312	µg/L
Cr	5	mg/L	0,222	µg/L
Cu	ND		230	µg/L
Fe	ND		1424	mg/L
K	ND		0,249	mg/L
Li	ND		76,3	µg/L
Mg	ND		9119	mg/L
Mn	ND		29350	µg/L
Mo	ND		< LQ	µg/L
Na	ND		0,986	mg/L
Ni	ND		45970	µg/L
P	ND		< LQ	mg/L
Pb	1	mg/L	356	µg/L
Se	1	mg/L	< LQ	mg/L

Pela Tabela 5.3.1 nota-se que, quanto ao ensaio de lixiviação, todos os elementos analisados encontram-se abaixo dos limites descritos pela Norma da ABNT 10004. Trata-se, portanto, de um resíduo não perigoso. TEIXEIRA (2009) chegou a este mesmo resultado ao estudar o serpentinito de Andorinhas, no Estado da Bahia. O ensaio de solubilização permitirá concluir se o material em estudo será classificado como inerte ou ativo. Os resultados do ensaio constam na Tabela 5.3.2.

**Tabela 5.3.2: Ensaio de Solubilização**

Elemento	Quantidade	Limite	Resultado
Al	mg/L	0,2	< LQ
As	µg/L	0,01	< LQ
Ba	µg/L	0,7	0,0233
Be	µg/L	ND	< LQ
Ca	mg/L	ND	4,34
Cd	µg/L	0,5	< LQ
Co	µg/L	ND	< LQ
Cr	µg/L	0,05	0,04
Cu	µg/L	2	< LQ
Fe	mg/L	ND	0,0144
K	mg/L	ND	2,96
Li	µg/L	ND	< LQ
Mg	mg/L	ND	12,6
Mn	µg/L	0,1	0,0145
Mo	µg/L	ND	< LQ
Na	mg/L	ND	2,29
Ni	µg/L	ND	< LQ
P	mg/L	ND	< LQ
Pb	µg/L	0,01	< LQ

Na Tabela 5.3.2, tem-se que a coluna limite traz a informação disponível no anexo F da Norma ABNT 10004, como o limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação e no anexo G da mesma Norma para o ensaio de solubilização.

**LQ** indica o limite de quantificação do equipamento.

**ND** indica que o elemento não está disponível ou não consta no anexo F da Norma ABNT 10004.

Ao analisar os resultados da Tabela 7, conclui-se que se trata de resíduo não perigoso, Classe II, mesma conclusão a que chegou TEIXEIRA (2009). Isto quer dizer que o serpentinito não tem a capacidade de contaminar o solo.

### **5.3 Dados de pH**

O pH medido foi de 9,1 para a amostra, o que leva a concluir que o serpentinito é material alcalino. Dessa forma, abre-se a possibilidade de elevação do pH dos solos agricultáveis quando estes recebem doses de serpentinito.

Teixeira (2010) afirma, em seu trabalho, que o serpentinito da região de Andorinhas, Estado da Bahia possui capacidade de corrigir o pH dos solos ácidos, afirmação coerente com o resultado obtido.

## 6 ETAPA 2: ANÁLISE DO EXPERIMENTO COM A ROCHA SERPENTINITO

### 6.1 Análise foliar de macronutrientes

Serão apresentados na tabela 6.1.1 os teores foliares na cultura da soja do elemento nitrogênio em cada um dos tratamentos realizados, sendo os resultados obtidos classificados em ordem decrescente.

**Tabela 6.1.1: Teor Foliar de N cv BRS 284 em Resposta aos Diferentes Tratamentos. Navirai/MS. Fundação MS, Safra 2010/11**

Tratamento	Descrição	Dose	Teor de N				Média
			A	B	C	D	
		t/ha					g/kg
3	Serpent. <i>in natura</i>	2,0	53,42	52,59	61,31	54,66	<b>55,50 a<sup>1</sup></b>
12	Calcário Dolomítico	2,0	53,56	54,11	55,63	55,36	<b>54,67 a</b>
11	Calcário Dolomítico	1,0	53,70	54,80	52,31	55,36	<b>54,04 a</b>
5	Serpent. Tipo 2	2,0	54,11	53,28	53,70	53,42	<b>53,63 a</b>
9	Serpent. Tipo 2 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	53,97	56,46	52,59	51,34	<b>53,59 a</b>
1	Testemunha	0,0	50,79	53,83	54,66	53,97	<b>53,31 a</b>
4	Serpent. Tipo 2	1,0	51,34	54,53	53,42	53,70	<b>53,25 a</b>
2	Serpent. <i>in natura</i>	1,0	53,83	54,80	52,59	51,62	<b>53,21 a</b>
10	Serpent. Tipo 3 Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	53,00	52,45	53,83	53,56	<b>53,21 a</b>
6	Serpent. Tipo 3	1,0	53,00	51,34	54,11	54,25	<b>53,18 a</b>
7	Serpent. Tipo 3	2,0	48,71	52,73	54,39	56,74	<b>53,14 a</b>
8	Serpent. <i>in natura</i> Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	51,62	51,90	51,20	53,42	<b>52,04 a</b>
	<b>Média</b>		<b>52,59</b>	<b>53,57</b>	<b>54,15</b>	<b>53,95</b>	<b>53,56</b>
	<b>CV%</b>						<b>3,517</b>

<sup>1</sup> -Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV: 3,517% - Concentração adequada seria de: 45,0 a 55,0 g/kg.

A Tabela 8 mostra que a Testemunha possui um teor de N de 53,31g/kg, dentro da concentração adequada para este elemento.

Na análise foliar de nitrogênio, a rocha serpentinito *in natura* usada na dosagem de 2t/ha apresentou a maior concentração deste elemento, com um resultado médio de 55,50g/kg, superior ao número representado pela Testemunha, de 53,31g/kg.

Ressalta-se que a concentração indicada para o nitrogênio é de 45,0 a 55g/kg. Quando da execução do tratamento com a dosagem de 1t/ha, o resultado obtido foi de 53,21g/kg, pouco inferior à concentração apresentada pela Testemunha.

Percebe-se ainda que não há diferença significativa entre os tipos de serpentinito estudados: o serpentinito *in natura*, tal como deve ser aplicado pela técnica de rochagem, apresentou resultados melhores que o serpentinito atacado quimicamente e o serpentinito que além de atacado, recebeu adição de enxofre.

O resultado do tratamento com a dosagem de 2t/h ultrapassou a concentração indicada para o elemento, o que pode gerar influências tanto na qualidade da planta, quanto em sua produtividade.

Segundo ROSSI e POLIDORO (2008), o nitrogênio é considerado um elemento essencial para a nutrição das plantas, pois este se faz presente na composição de biomoléculas e enzimas. E a deficiência de nitrogênio inibe o crescimento vegetal.

Serão apresentados na tabela 6.1.2 os teores foliares na cultura da soja do elemento fósforo em cada um dos tratamentos realizados, sendo os resultados obtidos classificados em ordem decrescente.



**Tabela 6.1.2: Teor foliar de P - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos. Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11**

Tratamento	Descrição	Dose	Teor de P				Média
			A	B	C	D	
		t/ha					g/kg
<b>12</b>	Calcário Dolomítico	2,0	3,77	4,19	4,26	4,18	<b>4,10 a<sup>1</sup></b>
<b>3</b>	Serpent. <i>in natura</i>	2,0	4,31	3,82	4,07	4,08	<b>4,07 a</b>
<b>9</b>	Serpent. Tipo 2 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	3,92	4,63	3,36	3,97	<b>3,97 a</b>
<b>4</b>	Serpent. Tipo 2	1,0	3,58	4,14	4,10	4,05	<b>3,97 a</b>
<b>7</b>	Serpent. Tipo 3	2,0	3,68	3,88	3,84	4,21	<b>3,90 a</b>
<b>11</b>	Calcário Dolomítico	1,0	3,97	3,94	3,73	3,90	<b>3,89 a</b>
<b>6</b>	Serpent. Tipo 3	1,0	3,90	4,11	3,32	4,08	<b>3,85 a</b>
<b>2</b>	Serpent. <i>in natura</i>	1,0	4,03	3,38	4,18	3,77	<b>3,84 a</b>
<b>5</b>	Serpent. Tipo 2	2,0	3,94	3,76	3,68	3,92	<b>3,83 a</b>
<b>8</b>	Serpent. <i>in natura</i> + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	3,73	3,90	3,72	3,82	<b>3,79 a</b>
<b>1</b>	Testemunha	0,0	3,69	4,03	3,52	3,86	<b>3,78 a</b>
<b>10</b>	Serpent. Tipo 3 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	3,78	3,82	3,76	3,68	<b>3,76 a</b>
	<b>Média</b>		<b>3,86</b>	<b>3,97</b>	<b>3,80</b>	<b>3,96</b>	<b>3,90</b>
	<b>CV%</b>						<b>6,650</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CV: 6,650%

Concentração adequada: 2,8 a 3,5 g/kg

A Tabela 6.1.2 demonstra que a Testemunha indica um teor de P de 3,78g/kg; a rocha serpentinito *in natura* na dosagem de 2t/ha indica um teor de 4,07g/kg, o segundo maior teor de P dentre os tratamentos realizados, inferior apenas ao calcário dolomítico, também na dosagem de 2t/ha, que apresentou teor de 4,10g/kg.

Como ambos são tratamentos à base de adição de uma rocha *in natura*, e são fonte de magnésio, sendo o primeiro um silicato e o segundo, um carbonato, pode-se dizer que, ao

se adicionar uma fonte de magnésio a partir de rochas *in natura* - rochagem - o teor de P nas folhas da soja analisadas tende a aumentar.

A concentração adequada para este elemento é de 2,8 a 3,5g do elemento analisado por quilograma em massa seca da folha da cultura estudada. O tratamento com serpentinito na dosagem de 2,0t/ha resultou ultrapassar esta faixa.

Quando foi usada a dosagem de 1t/ha, o tratamento com serpentinito apresentou uma concentração de 3,84g/kg, também ultrapassando a concentração indicada. Notar, porém, que a Testemunha apresentou uma concentração superior à adequada, ou seja, o solo já possuía alta concentração deste elemento. Infelizmente a análise de solo inicial não foi disponibilizada junto ao relatório dos experimentos realizados.

Segundo ROSSI e POLIDORO (2008), o fósforo tem atuação em vários processos nas plantas, tais como na fotossíntese, respiração, transferência de energia, divisão das células e crescimento celular. Os Autores afirmam, ainda, que este elemento melhora a qualidade de muitas frutas e verduras, além de aumentar a resistência ao frio e auxiliar o estresse hídrico das plantas.

Serão apresentados na tabela 6.1.3 os teores foliares na cultura da soja do elemento potássio em cada um dos tratamentos realizados, estando os resultados obtidos classificados em ordem decrescente.

**Tabela 4: Teor Foliar de K - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos.**  
**Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11**

Tratamento	Descrição	Dose	Teor de K				Média
			A	B	C	D	
		t/ha					g/kg
<b>12</b>	Calcário Dolomítico	2,0	19,00	19,75	22,25	22,50	<b>20,88 a<sup>1</sup></b>
<b>8</b>	Serpent. <i>in natura</i> + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	20,50	21,50	20,50	19,00	<b>20,38 a</b>
<b>11</b>	Calcário Dolomítico	1,0	20,75	20,75	20,25	19,50	<b>20,31 a</b>
<b>3</b>	Serpent. <i>in natura</i>	2,0	21,00	20,25	19,00	20,50	<b>20,19 a</b>
<b>10</b>	Serpent. Tipo 3 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	19,25	21,00	19,25	20,25	<b>19,94 a</b>
<b>7</b>	Serpent. Tipo 3	2,0	18,75	19,50	19,00	21,75	<b>19,75 a</b>
<b>2</b>	Serpent. <i>in natura</i>	1,0	20,25	17,00	21,75	19,75	<b>19,69 a</b>
<b>1</b>	Testemunha	0,0	17,75	21,25	18,25	21,25	<b>19,63 a</b>
<b>9</b>	Serpent. Tipo 2 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	20,25	22,75	16,00	19,25	<b>19,56 a</b>
<b>6</b>	Serpent. Tipo 3	1,0	19,50	18,75	19,25	20,25	<b>19,44 a</b>
<b>5</b>	Serpent. Tipo 2	2,0	19,00	17,75	19,25	20,00	<b>19,00 a</b>
<b>4</b>	Serpent. Tipo 2	1,0	18,25	19,75	18,75	19,00	<b>18,94 a</b>
	<b>Média</b>		<b>19,52</b>	<b>20,00</b>	<b>19,46</b>	<b>20,25</b>	<b>19,81</b>
	<b>CV%</b>						<b>7,308</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV: 7,308%. Concentração adequada: 18,0 a 22,0 g/kg.

Os dados da Tabela 6.1.3 mostram que o teor de K na soja não sofre grande influência quando se adiciona a rocha serpentinito, seja *in natura*, seja a rocha atacada quimicamente ou ainda adicionando-se o elemento enxofre.

Na análise de potássio, o tratamento com o serpentinito na dosagem de 2t/ha apresentou um resultado de 20,10g/kg, enquanto a Testemunha apresentou um resultado de 19,63g/kg. O tratamento com serpentinito não apresentou o melhor resultado quanto à concentração deste elemento, sendo superado pelos tratamentos feitos com calcário dolomítico e com uma mistura de calcário calcítico e serpentinito. Já o tratamento na dosagem de 1t/ha apresentou concentração de 19,69g/kg.

Segundo ROSSI e POLIDORO (2008), o potássio desempenha várias funções na planta: ativação de enzimas, abertura e fechamento dos estômatos, transporte de carboidratos, transpiração e resistência a doenças, dentre outras.

Serão apresentados na tabela 6.1.4 os teores foliares na cultura estudada do elemento cálcio em todos os tratamentos realizados, com os resultados classificados em ordem decrescente.

**Tabela 6.1.4: Teor Foliar de Ca - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos. Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11**

Tratamento	Descrição	Dose	Teor de Ca				Média
			A	B	C	D	
		t/ha					g/kg
<b>12</b>	Calcário Dolomítico	2,0	7,52	8,11	7,94	9,56	<b>8,28 a<sup>1</sup></b>
<b>1</b>	Testemunha	0,0	7,59	8,18	9,14	7,94	<b>8,21 a</b>
<b>9</b>	Serpent. Tipo 2 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	8,90	7,87	6,66	7,66	<b>7,77 a</b>
<b>3</b>	Serpent. <i>in natura</i>	2,0	7,49	7,49	8,38	7,28	<b>7,66 a</b>
<b>11</b>	Calcário Dolomítico	1,0	7,69	7,97	7,31	7,59	<b>7,64 a</b>
<b>2</b>	Serpent. <i>in natura</i>	1,0	8,04	7,35	8,00	7,14	<b>7,63 a</b>
<b>6</b>	Serpent. Tipo 3	1,0	7,18	7,49	7,45	7,73	<b>7,46 a</b>
<b>10</b>	Serpent. Tipo 3 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	7,14	8,18	7,52	6,62	<b>7,37 a</b>
<b>4</b>	Serpent. Tipo 2	1,0	6,24	8,04	7,14	7,56	<b>7,25 a</b>
<b>8</b>	Serpent. <i>in natura</i> + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	7,11	7,04	7,42	7,14	<b>7,18 a</b>
<b>7</b>	Serpent. Tipo 3	2,0	6,76	6,66	7,07	7,62	<b>7,03 a</b>
<b>5</b>	Serpent. Tipo 2	2,0	6,28	7,52	7,45	6,80	<b>7,01 a</b>
	<b>Média</b>		<b>7,33</b>	<b>7,66</b>	<b>7,62</b>	<b>7,55</b>	<b>7,54</b>
	<b>CV%</b>						<b>7,951</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV: 7,951% - Concentração adequada: 8,0 a 12,0 g/kg

Os dados da Tabela 6.1.4 indicam que o teor de cálcio nas folhas da soja sofre pequeno decréscimo quando da adição de serpentinito *in natura*, que não possui este elemento em

percentual significativo em sua composição. Como esperado, o cálcio sobe quando se adiciona fontes deste elemento.

O tratamento com o serpentinito na dosagem de 2t/ha apresentou uma concentração de 7,66g/kg, inferior à concentração apresentada pela Testemunha, de 8,21g/kg.

Já o tratamento com serpentinito na dosagem de 1t/ha apresentou concentração de 7,63g/kg. A concentração apresentada quando usado o tratamento com serpentinito coloca a concentração em uma faixa inadequada deste elemento (que deve ser superior a 8,0g/kg), o que permite dizer que será necessário acrescentar alguma fonte deste elemento, a fim de elevar sua concentração, quando se adicionar o serpentinito em tratamentos da cultura de soja.

Segundo ROSSI e POLIDORO (2008), o cálcio tem função estrutural nas plantas, além de participar da divisão celular. Com a deficiência deste elemento, o crescimento das raízes das plantas é interrompido.

Serão apresentados na tabela 6.1.5 os teores foliares na cultura da soja do elemento magnésio em todos os tratamentos realizados, com os resultados obtidos classificados em ordem decrescente.

**Tabela 6.1.5 : Teor Foliar de Mg - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11**

Tratamento	Descrição	Dose	Teor de Mg				Média
			A	B	C	D	
		t/ha					g/kg
<b>12</b>	Calcário Dolomítico	2,0	3,11	3,11	3,51	3,56	<b>3,32</b>
<b>5</b>	Serpent. Tipo 2	2,0	3,28	3,47	3,25	3,22	<b>3,31</b>
<b>9</b>	Serpent. Tipo 2 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	3,71	3,23	2,98	3,16	<b>3,27</b>
<b>1</b>	Testemunha	0,0	3,25	3,04	3,38	3,05	<b>3,18</b>
<b>4</b>	Serpent. Tipo 2	1,0	2,80	3,38	3,30	2,98	<b>3,12</b>
<b>3</b>	Serpent. <i>in natura</i>	2,0	3,36	2,80	3,26	3,04	<b>3,12</b>
<b>2</b>	Serpent. <i>in natura</i>	1,0	3,35	2,87	3,08	3,14	<b>3,11</b>
<b>7</b>	Serpent. Tipo 3	2,0	2,95	3,05	2,90	3,33	<b>3,06</b>
<b>6</b>	Serpent. Tipo 3	1,0	3,05	3,02	2,96	3,17	<b>3,05</b>
<b>11</b>	Calcário Dolomítico	1,0	2,95	3,13	3,01	3,02	<b>3,03</b>
<b>10</b>	Serpent. Tipo 3 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	2,98	3,13	2,83	3,02	<b>2,99</b>
<b>8</b>	Serpent. <i>in natura</i> + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	2,71	2,84	2,90	2,92	<b>2,84</b>
	<b>Média</b>		<b>3,13</b>	<b>3,09</b>	<b>3,11</b>	<b>3,13</b>	<b>3,12</b>
	<b>CV%</b>						<b>6,439</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CV: 6,439%

Concentração adequada: 3,0 a 3,9 g/kg

Observa-se na Tabela 6.1.5, que o teor de magnésio tende a subir quando se adiciona uma fonte deste elemento. Nota-se, porém, que a Testemunha possui bom teor de magnésio que, provavelmente, já estava presente no solo cultivado. O melhor resultado foi obtido pelo calcário dolomítico na dosagem de 2 t/ha. Como já dito não foi anexada ao relatório do experimento em campo a análise inicial do solo.

O tratamento com serpentinito na dosagem de 2t/ha apresentou uma concentração de 3,12g/kg. Já o tratamento com serpentinito na dosagem de 1t/ha apresentou a concentração de 3,11g/kg, enquanto a Testemunha apresentou uma concentração de 3,18g/kg. Ressalte-se que a concentração indicada deve superar os 3,0g/kg e não exceder a 3,9g/kg. Não será, portanto, necessária a adição de outra fonte de magnésio quando se acrescentar o serpentinito em tratamentos de cultura de soja.

Segundo ROSSI e POLIDORO (2008), o magnésio compõe a molécula de clorofila, além de ter a importante função de ativador enzimático.

Serão apresentados na tabela 6.1.6 os teores foliares na soja do elemento enxofre em todos os tratamentos realizados, e, da mesma forma, com os resultados classificados em ordem decrescente.

**Tabela 6.1.6: Teor Foliar de S - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos Navirai/MS. Fundação MS, Safra 2010/11**

Tratamento	Descrição	Dose	Teor de S				Média
			A	B	C	D	
		t/ha					g/kg
<b>5</b>	Serpent. Tipo 2	2,0	2,83	2,98	3,16	3,19	<b>3,04 a<sup>1</sup></b>
<b>9</b>	Serpent. Tipo 2 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	2,51	3,31	3,28	2,51	<b>2,90 ab</b>
<b>3</b>	Serpent. <i>in natura</i>	2,0	2,72	2,71	2,80	2,78	<b>2,75 abc</b>
<b>6</b>	Serpent. Tipo 3	1,0	2,74	2,59	2,74	2,89	<b>2,74 abc</b>
<b>4</b>	Serpent. Tipo 2	1,0	2,73	2,96	2,54	2,32	<b>2,64 abc</b>
<b>12</b>	Calcário Dolomítico	2,0	2,22	1,79	2,64	3,14	<b>2,45 abc</b>
<b>2</b>	Serpent. <i>in natura</i>	1,0	2,51	2,05	2,47	2,56	<b>2,40 abc</b>
<b>1</b>	Testemunha	0,0	2,39	2,28	2,23	2,29	<b>2,30 bc</b>
<b>10</b>	Serpent. Tipo 3 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	2,17	2,41	2,04	2,18	<b>2,20 bc</b>
<b>8</b>	Serpent. <i>in natura</i> + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	1,87	1,96	2,29	2,65	<b>2,19 bc</b>
<b>7</b>	Serpent. Tipo 3	2,0	2,40	1,60	2,10	2,10	<b>2,05 c</b>
<b>11</b>	Calcário Dolomítico	1,0	1,94	1,98	2,04	2,24	<b>2,05 c</b>
	<b>Média</b>		<b>2,42</b>	<b>2,39</b>	<b>2,53</b>	<b>2,57</b>	<b>2,48</b>
	<b>CV%</b>						<b>11,570</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CV: 11,570%

Concentração adequada: 2,5 a 3,3 g/kg

Analisando-se a Tabela 13, verifica-se que o teor de enxofre sobe quando se adiciona serpentinito nos três tipos e na variação das dosagens. O serpentinito *in natura*, objeto deste Estudo, na dosagem de 2 t/ha eleva o teor de enxofre de 2,30g/kg da Testemunha, para 2,75g/kg, uma elevação de 19,56%. Note-se que, como demonstrado nas Tabelas 4 e 5, a dosagem mais indicada foi a de 2 t/ha.

Este resultado é inédito, não tendo sido relatado por outros autores; não há dados de análises foliares de soja ou outras culturas antes e após a adição de serpentinito no solo.



Segundo ROSSI e POLIDORO (2008), a deficiência de enxofre nas plantas causa vários distúrbios metabólicos nas plantas, causando interferência na saúde delas.

## 6.2 Análise foliar de micronutrientes

Serão apresentados na tabela 6.2.1 os teores foliares na cultura estudada (soja) do elemento ferro, em todos os tratamentos realizados, com os resultados obtidos classificados em ordem decrescente.

**Tabela 6.2.1: Teor Foliar de Fe - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos. Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11**

Tratamento	Descrição	Dose	Teor de Fe				Média
			A	B	C	D	
		t/ha					mg/kg
<b>12</b>	Calcário Dolomítico	2,0	107,8	129,7	138,4	385,7	<b>190,4 a<sup>1</sup></b>
<b>6</b>	Serpent. Tipo 3	1,0	153,7	141,7	129,7	120,9	<b>136,5 a</b>
<b>1</b>	Testemunha	0,0	123,1	139,5	136,2	125,3	<b>131,0 a</b>
<b>5</b>	Serpent. Tipo 2	2,0	123,1	130,7	124,2	125,3	<b>125,8 a</b>
<b>4</b>	Serpent. Tipo 2	1,0	124,2	122,0	135,1	113,2	<b>123,6 a</b>
<b>2</b>	Serpent. <i>in natura</i>	1,0	122,0	113,2	120,9	135,1	<b>122,8 a</b>
<b>9</b>	Serpent. Tipo 2 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	139,5	125,3	106,7	108,9	<b>120,1 a</b>
<b>3</b>	Serpent. <i>in natura</i>	2,0	128,6	115,4	116,5	116,5	<b>119,3 a</b>
<b>7</b>	Serpent. Tipo 3	2,0	125,3	117,6	107,8	126,4	<b>119,3 a</b>
<b>10</b>	Serpent. Tipo 3 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	100,1	123,1	116,5	120,9	<b>115,2 a</b>
<b>11</b>	Calcário Dolomítico	1,0	112,1	124,2	107,8	110,0	<b>113,5 a</b>
<b>8</b>	Serpent. <i>in natura</i> + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	104,5	123,1	111,1	104,5	<b>110,8 a</b>
	<b>Média</b>		<b>122,0</b>	<b>125,5</b>	<b>120,9</b>	<b>141,0</b>	<b>127,3</b>
	<b>CV%</b>						<b>30,964</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CV: 30,964%

Concentração adequada: 150,0 a 200,0 mg/kg

A Tabela 6.2.1 evidencia que houve elevação do ferro presente nas folhas da soja somente em resposta a dois tratamentos. Porém, o serpentinito *in natura* não está entre eles. Sabe-se que existe um percentual de ferro nesta rocha, porém em forma de óxido de ferro que, provavelmente, não é disponibilizado para a cultura.

Na análise de ferro, a adição de serpentinito resultou em concentrações inferiores à dosagem adequada deste elemento.

Apenas o tratamento com calcário dolomítico na dosagem de 2t/ha elevou a concentração de ferro ao nível acima da concentração indicada, apresentando uma concentração de 190,4mg/kg, tendo a Testemunha a concentração de 131,0mg/kg, sendo que a dosagem adequada deve superar 150mg/kg.

O tratamento com serpentinito na dosagem de 2t/ha apresentou uma concentração de 119,3mg/kg, enquanto o tratamento na dosagem de 1t/ha apresentou concentração de 122,8mg/kg.

Da mesma forma que a análise do elemento cálcio, a adição de serpentinito resultou em queda do elemento ferro, o que permite afirmar ser necessário aplicar alguma fonte adicional deste elemento, a fim de atingir a concentração adequada.

Segundo ROSSI e POLIDORO (2008), o ferro é essencial na síntese de clorofila, sendo constituinte de vários processos metabólicos.

Serão apresentados na tabela 6.2.2 os teores foliares na soja do elemento manganês, em todos os tratamentos realizados, e os resultados estão classificados em ordem decrescente.

**Tabela 6.2.2: Teor Foliar de Mn - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos. Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11**

Tratamento	Descrição	Dose	Teor de Mn				Média
			A	B	C	D	
		t/ha					mg/kg
<b>4</b>	Serpent. Tipo 2	1,0	256,1	209,8	195,3	138,8	<b>200,0 a<sup>1</sup></b>
<b>1</b>	Testemunha	0,0	145,7	331,5	142,8	172,1	<b>198,0 a</b>
<b>5</b>	Serpent. Tipo 2	2,0	285,1	142,8	163,4	175,0	<b>191,6 a</b>
<b>6</b>	Serpent. Tipo 3	1,0	230,1	183,7	145,2	172,1	<b>182,7 a</b>
<b>8</b>	Serpent. <i>in natura</i> + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	144,6	264,8	180,8	140,5	<b>182,7 a</b>
<b>10</b>	Serpent. Tipo 3 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	108,6	273,5	130,1	160,5	<b>168,2 a</b>
<b>7</b>	Serpent. Tipo 3	2,0	218,5	134,2	136,5	180,8	<b>167,5 a</b>
<b>12</b>	Calcário Dolomítico	2,0	103,4	138,2	189,5	195,3	<b>156,6 a</b>
<b>9</b>	Serpent. Tipo 2 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	138,2	180,8	149,8	117,9	<b>146,7 a</b>
<b>2</b>	Serpent. <i>in natura</i>	1,0	146,9	154,7	148,1	128,9	<b>144,6 a</b>
<b>3</b>	Serpent. <i>in natura</i>	2,0	209,8	97,0	119,7	145,7	<b>143,0 a</b>
<b>11</b>	Calcário Dolomítico	1,0	163,4	96,5	172,1	115,0	<b>136,7 a</b>
	<b>Média</b>		<b>179,2</b>	<b>184,0</b>	<b>156,1</b>	<b>153,5</b>	<b>168,2</b>
	<b>CV%</b>						<b>30,846</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CV: 30,846%

Concentração adequada: 40,0 a 140,0 mg/kg

Conforme demonstrado na Tabela 6.2.2, o teor de manganês sofre alteração somente quando da adição do serpentinito tipo 2. A adição do serpentinito *in natura*, por sua vez, provocou um decréscimo deste elemento quando comparado com a Testemunha, porém a concentração ainda se mostra adequada.

Na análise de manganês, a adição de serpentinito *in natura* na dosagem de 2t/ha apresentou uma concentração de 143,0mg/kg. Na dosagem de 1t/ha, a concentração foi de 144,6mg/kg.

A Testemunha apresentou concentração de 198mg/kg enquanto a adequada deve estar entre 40,0 e 140,0mg/kg. Os dados indicam que o solo em estudo apresentou concentração elevada deste elemento, estando, inclusive, acima da concentração adequada, o que pode interferir negativamente tanto na qualidade da planta, como na produtividade. Notar que a Testemunha apresenta concentração deste elemento que ultrapassa a faixa adequada.

Segundo ROSSI e POLIDORO (2008), o manganês é ativador de enzimas das plantas.

Serão apresentados na tabela 6.2.3 os teores foliares na cultura estudada para o elemento zinco em todos os tratamentos estudados, com os resultados classificados em ordem decrescente.

**Tabela 6.2.3: Teor Foliar de Zn - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos. Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11**

Tratamento	Descrição	Dose	Teor de Zn				Média
			A	B	C	D	
		t/ha					mg.kg
<b>12</b>	Calcário Dolomítico	2,0	50,31	49,14	53,73	53,73	<b>51,73 a<sup>1</sup></b>
<b>7</b>	Serpent. Tipo 3	2,0	49,56	45,80	47,80	52,89	<b>49,01 a</b>
<b>1</b>	Testemunha	0,0	49,97	51,22	45,38	49,47	<b>49,01 a</b>
<b>6</b>	Serpent. Tipo 3	1,0	45,38	47,64	48,14	50,31	<b>47,87 a</b>
<b>9</b>	Serpent. Tipo 2 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	50,31	48,14	46,64	45,47	<b>47,64 a</b>
<b>11</b>	Calcário Dolomítico	1,0	50,31	45,63	44,80	46,47	<b>46,80 a</b>
<b>10</b>	Serpent. Tipo 3 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	41,29	49,56	45,13	50,31	<b>46,57 a</b>
<b>2</b>	Serpent. <i>in natura</i>	1,0	40,96	46,14	48,81	50,31	<b>46,56 a</b>
<b>5</b>	Serpent. Tipo 2	2,0	43,71	47,14	48,31	46,22	<b>46,35 a</b>
<b>4</b>	Serpent. Tipo 2	1,0	47,05	43,71	48,72	44,97	<b>46,11 a</b>
<b>8</b>	Serpent. <i>in natura</i> + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	41,46	49,81	45,80	42,80	<b>44,97 a</b>
<b>3</b>	Serpent. <i>in natura</i>	2,0	44,55	44,47	45,38	45,13	<b>44,88 a</b>
	<b>Média</b>		<b>46,24</b>	<b>47,37</b>	<b>47,39</b>	<b>48,17</b>	<b>47,29</b>
	<b>CV%</b>						<b>5,877</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.  
CV: 5,877%  
Concentração adequada: 40,0 a 60,0 mg/kg

Da mesma forma que ficou constatado na Tabela 6.2.2, a adição de serpentinito *in natura* provocou um decréscimo do teor de zinco na folha da soja, porém o percentual encontra-se na faixa adequada.

Na análise do elemento zinco, o tratamento feito com serpentinito *in natura* na dosagem de 2t/ha apresentou concentração de 44,48mg/kg. Na dosagem de 1t/ha, a concentração obtida foi de 46,56mg/kg, sendo que a Testemunha apresentou concentração de 49,01mg/kg e a indicada deve ser de 40,0 a 60,0mg/kg. A introdução do serpentinito, portanto, não causou a saída da faixa de concentração adequada para este elemento.

Segundo ROSSI e POLIDORO (2008), o zinco é constituinte de algumas enzimas.

Serão apresentados na tabela 6.2.4 os teores foliares na soja do elemento cobre em todos os tratamentos realizados, sempre classificando os resultados obtidos em ordem decrescente.

**Tabela 6.2.4: Teor Foliar de Cu - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11.**

Tratamento	Descrição	Dose	Teor de Cu				Média
			A	B	C	D	
		t/ha					mg/kg
<b>12</b>	Calcário Dolomítico	2,0	8,58	10,27	9,43	10,27	<b>9,64 a<sup>1</sup></b>
<b>4</b>	Serpent. Tipo 2	1,0	8,58	8,58	10,27	9,23	<b>9,17 a</b>
<b>3</b>	Serpent. <i>in natura</i>	2,0	8,58	9,43	8,58	8,58	<b>8,79 a</b>
<b>7</b>	Serpent. Tipo 3	2,0	8,58	7,74	8,58	10,27	<b>8,79 a</b>
<b>11</b>	Calcário Dolomítico	1,0	8,58	9,43	8,58	8,58	<b>8,79 a</b>
<b>1</b>	Testemunha	0,0	7,74	7,74	9,43	9,43	<b>8,59 a</b>
<b>2</b>	Serpent. <i>in natura</i>	1,0	7,74	8,58	9,43	8,58	<b>8,58 a</b>
<b>5</b>	Serpent. Tipo 2	2,0	8,58	7,74	8,58	9,43	<b>8,58 a</b>
<b>10</b>	Serpent. Tipo 3 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	7,74	8,58	8,58	9,43	<b>8,58 a</b>
<b>6</b>	Serpent. Tipo 3	1,0	8,58	8,58	8,58	8,58	<b>8,58 a</b>
<b>9</b>	Serpent. Tipo 2 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	8,58	8,58	7,74	8,58	<b>8,37 a</b>
<b>8</b>	Serpent. <i>in natura</i> + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	7,74	8,58	8,58	7,74	<b>8,16 a</b>
	<b>Média</b>		<b>8,30</b>	<b>8,65</b>	<b>8,86</b>	<b>9,06</b>	<b>8,72</b>
	<b>CV%</b>						<b>7,177</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.  
CV: 7,177%

Concentração adequada: 8,0 a 10,0 mg/kg

Na análise de cobre, o tratamento feito com serpentinto *in natura* na dosagem de 2t/ha apresentou concentração deste elemento de 8,79mg/kg, enquanto na dosagem de 1t/ha a concentração foi de 8,58mg/kg e a Testemunha apresentou concentração de 8,59mg/kg e a indicada deve ser entre 8,0 e 10,0mg/kg.

O tratamento com serpentinito na dosagem de 2t/ha apresentou uma elevação na concentração de cobre.

Segundo ROSSI e POLIDORO (2008), o cobre também é constituinte enzimático e sua deficiência causa doenças, como perda de folhas nas plantas.

A tabela 6.2.5 traz os teores foliares na cultura estudada do elemento boro em todos os tratamentos realizados, com os resultados obtidos classificados em ordem decrescente.

**Tabela 6.2.5: Teor Foliar de B, - cvBRS 284 - em Resposta aos Diferentes Tratamentos Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11.**

Tratamento	Descrição	Dose	Teor de B				Média
			A	B	C	D	
		t/ha					mg/kg
<b>11</b>	Calcário Dolomítico	1,0	86,97	102,07	77,17	85,73	<b>87,99 a<sup>1</sup></b>
<b>12</b>	Calcário Dolomítico	2,0	83,53	85,98	98,18	83,29	<b>87,75 a</b>
<b>1</b>	Testemunha	0,0	70,91	68,97	96,55	80,43	<b>79,22 a</b>
<b>9</b>	Serpent. Tipo 2 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	76,26	100,94	66,63	68,11	<b>77,99 a</b>
<b>8</b>	Serpent. <i>in natura</i> + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	79,49	79,26	75,12	74,90	<b>77,19 a</b>
<b>4</b>	Serpent. Tipo 2	1,0	90,76	70,91	77,63	67,90	<b>76,80 a</b>
<b>3</b>	Serpent. <i>in natura</i>	2,0	76,94	70,26	77,63	79,26	<b>76,02 a</b>
<b>6</b>	Serpent. Tipo 3	1,0	76,49	74,00	70,69	82,33	<b>75,88 a</b>
<b>7</b>	Serpent. Tipo 3	2,0	83,29	62,70	82,33	73,78	<b>75,53 a</b>
<b>10</b>	Serpent. Tipo 3 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	68,75	76,94	80,43	69,61	<b>73,93 a</b>
<b>5</b>	Serpent. Tipo 2	2,0	73,78	69,61	63,11	82,57	<b>72,27 a</b>
<b>2</b>	Serpent. <i>in natura</i>	1,0	68,54	73,78	65,17	76,71	<b>71,05 a</b>
	<b>Média</b>		<b>77,98</b>	<b>77,95</b>	<b>77,55</b>	<b>77,05</b>	<b>77,63</b>
	<b>CV%</b>						<b>11,855</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CV: 11,855%

Concentração adequada: 45,0 a 55,0 mg/kg

Na análise de boro, o tratamento realizado com serpentinito na dosagem de 2t/ha apresentou uma concentração de 76,02mg/kg. Na dosagem de 1t/ha, a concentração obtida foi de 71,05mg/kg, e a Testemunha apresentou concentração de 79,22mg/kg, sendo que a indicada é de 45,0 a 55,0mg/kg. Da mesma forma que o elemento manganês (9.2.8), a concentração inicial do solo superou a faixa indicada para este elemento, o que pode causar interferência na qualidade e na produtividade de planta.

### 6.3 Produtividade da soja

Serão apresentados na tabela 6.3 os índices de produtividade obtidos em todos os tratamentos realizados na cultura da soja, com os resultados classificados em ordem decrescente.

**Tabela 6.3: Produtividade da soja (sc/ha)- cvBRS 284-em Resposta aos Diferentes Tratamentos Naviraí/MS. Fundação MS, Safra 2010/11.**

Tratamento	Descrição	Dose	Produtividade				Média
			A	B	C	D	
		t/ha					
<b>9</b>	Serpent. Tipo 2 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	61,5	70,8	65,4	66,3	<b>66,0 a<sup>1</sup></b>
<b>12</b>	Calcário Dolomítico	2,0	65,4	71,7	67,4	57,9	<b>65,6 a</b>
<b>3</b>	Serpent. <i>in natura</i>	2,0	65,9	64,0	63,6	64,7	<b>64,6 a</b>
<b>2</b>	Serpent. <i>in natura</i>	1,0	63,3	67,3	63,9	62,0	<b>64,2 a</b>
<b>7</b>	Serpent. Tipo 3	2,0	62,0	59,4	66,7	67,3	<b>63,8 a</b>
<b>10</b>	Serpent. Tipo 3 + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	63,0	59,1	62,7	67,3	<b>63,0 a</b>
<b>8</b>	Serpent. <i>in natura</i> + Calc. Calcít.	1,0 + 1,0	64,6	63,7	68,2	55,0	<b>62,9 a</b>
<b>6</b>	Serpent. Tipo 3	1,0	62,5	60,1	62,2	65,5	<b>62,6 a</b>
<b>11</b>	Calcário Dolomítico	1,0	56,2	63,7	60,1	67,4	<b>61,9 a</b>
<b>5</b>	Serpent. Tipo 2	2,0	64,6	53,9	64,0	61,8	<b>61,1 a</b>
<b>4</b>	Serpent. Tipo 2	1,0	54,2	64,2	56,8	65,3	<b>60,1 a</b>
<b>1</b>	Testemunha	0,0	58,1	55,9	57,8	61,4	<b>58,3 a</b>
	<b>Média</b>		<b>61,8</b>	<b>62,8</b>	<b>63,2</b>	<b>63,5</b>	<b>62,8</b>
	<b>CV%</b>						<b>6,629</b>



<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.  
CV: 6,629%

A Tabela 6.3.1 apresenta a produtividade da cultura da soja, medida em sacas colhidas por hectare plantado.

Notar que a Testemunha apresentou a menor produtividade, de 58,3 sacas colhidas por hectare cultivado.

Embora tenham sido adicionados diversos minerais e em diferentes dosagens não houve diferença entre os resultados, estatisticamente. Todos os resultados apresentados na tabela 16 são iguais entre si pelo teste de Tukey, e, portanto suas médias de produtividade não diferem entre si, independentemente da dosagem de serpentinito e de outros minerais. Os resultados aqui demonstrados não apontam o serpentinito como fator de aumento de produtividade, independentemente da dosagem usada. Da mesma forma é válido afirmar que a adição de serpentinito em diferentes dosagens não prejudica a produtividade da cultura estudada. Vale lembrar que o objetivo do presente trabalho não é comprovar o aumento da produtividade da cultura da soja, mas sim comprovar sua ação como repositor de macro e micronutrientes e sua interferência no balanço destes elementos.

Autores como SANTINATO *et al.* ( 2012 ) apresentam elevação da produtividade na cultura do café com a adição de serpentinito *in natura* na ordem de 32%, porém usando uma dosagem inferior àquelas usadas no experimento da soja. A dosagem usada por estes autores foi de 38 kg/ha, enquanto a dosagem usada na soja foi de 1 a 2t/ha.

Os resultados apresentados na tabela 19 mostram que o tratamento com o serpentinito nas duas dosagens teve resultado próximo ao obtido com o tratamento realizado com o calcário dolomítico na dosagem de 2,0 toneladas por hectare; tal fato está com conformidade com o relatado por TEIXEIRA *et al* ( 2009 ), que afirma que o serpentinito age na calagem do solo, o que também é compatível com os dados de medição de pH realizados neste trabalho, que indicaram uma característica alcalina à rocha.

## 6.4 Resultados das Análises Foliaves na Cultura da Soja dos Micro e Macronutrientes

Serão agrupadas na tabela 6.4 os resultados obtidos de todos os micros e macronutrientes presentes nas análises foliares da cultura da soja para todos os tratamentos realizados no experimento em campo.

**Tabela 6.4: Resultados das análises dos micro e macronutrientes:**

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Prod
Testemunha	53,31	3,78	19,63	8,21	3,18	2,3	131	198	49,01	8,59	79,2	58,3
Serp. 1,0 t/h	53,21	3,84	19,69	7,63	3,11	2,4	122,8	145	46,56	8,58	71,1	64,2
Serp. 2,0 t/h	55,5	4,07	20,19	7,66	3,12	2,8	119,3	143	44,88	8,79	76	64,6
Serp. 2 1,0 t/h	53,25	3,97	18,94	7,25	3,12	2,64	123,6	200	46,11	9,17	76,8	60,1
Serp. 2 2,0 t/h	53,63	3,83	19	7,01	3,31	3,04	125,8	191,6	46,35	8,58	72,27	61,1
Serp. 3 1,0 t/h	53,18	3,85	19,44	7,46	3,05	2,74	136,5	182,7	47,87	8,58	75,88	62,6
Serp. 3 2,0 t/h	53,14	3,9	19,75	7,03	3,06	2,05	119,3	167,5	49,01	8,79	75,53	63,8
Serp. 1,0 t/h + CC	52,04	3,79	20,38	7,18	2,84	2,19	110,8	182,7	44,97	8,16	77,19	62,9
Serp. 2 1,0 t/h + CC	53,59	3,97	19,56	7,77	3,27	2,9	120,1	146,7	47,64	8,37	77,99	66
Serp. 3 1,0 t/h + CC	53,21	3,76	19,94	7,37	2,99	2,2	115,2	168,2	46,57	8,58	73,93	63
Calcário Dol. 1,0 t/h	54,04	3,89	20,31	7,64	3,03	2,05	113,5	136,7	46,8	8,79	87,99	61,9
Calcário Dol. 2,0 t/h	54,67	4,1	20,88	8,28	3,32	2,45	190,4	156,6	51,73	9,64	87,75	65,6

Obs : médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Turkey ao nível de 5% de probabilidade.

A análise dos dados permite concluir que a introdução da rocha serpentinito na cultura da soja nas dosagens de 1,0 a 2,0 toneladas por hectare alterou a concentração dos macro e micronutrientes, e não causou uma perda da produtividade da cultura estudada.

Uma vez comprovada sua participação na concentração de macro e micronutrientes, podemos afirmar que o serpentinito atua como prestador de serviço ecossistêmico de suporte.

Rossi e Polidoro (2008) apresentam e classificam as concentrações de nutrientes em deficientes, adequadas e em excesso. Ao inserirmos os dados obtidos pelas concentrações foliares dos nutrientes obtidos com o experimento em campo, percebe-se que a minoria (dois elementos) estão na categoria de nutrientes com classificação deficiente; a maioria dos nutrientes (cinco elementos) está na categoria concentração adequada, e outros três nutrientes estão enquadrados na concentração em excesso de nutrientes. Devemos levar em consideração o fato de que o solo originário onde foi realizado o estudo já se encontrava preparado para o estudo, e como não existem dados sobre as concentrações de nutrientes pré-existentes neste solo, não podemos afirmar se a concentração de excesso de determinados nutrientes se deve à introdução do serpentinito.

A Figura 6.4.1 apresenta as concentrações dos nutrientes estudados a partir do gráfico de Rossi e Polidoro (2008).

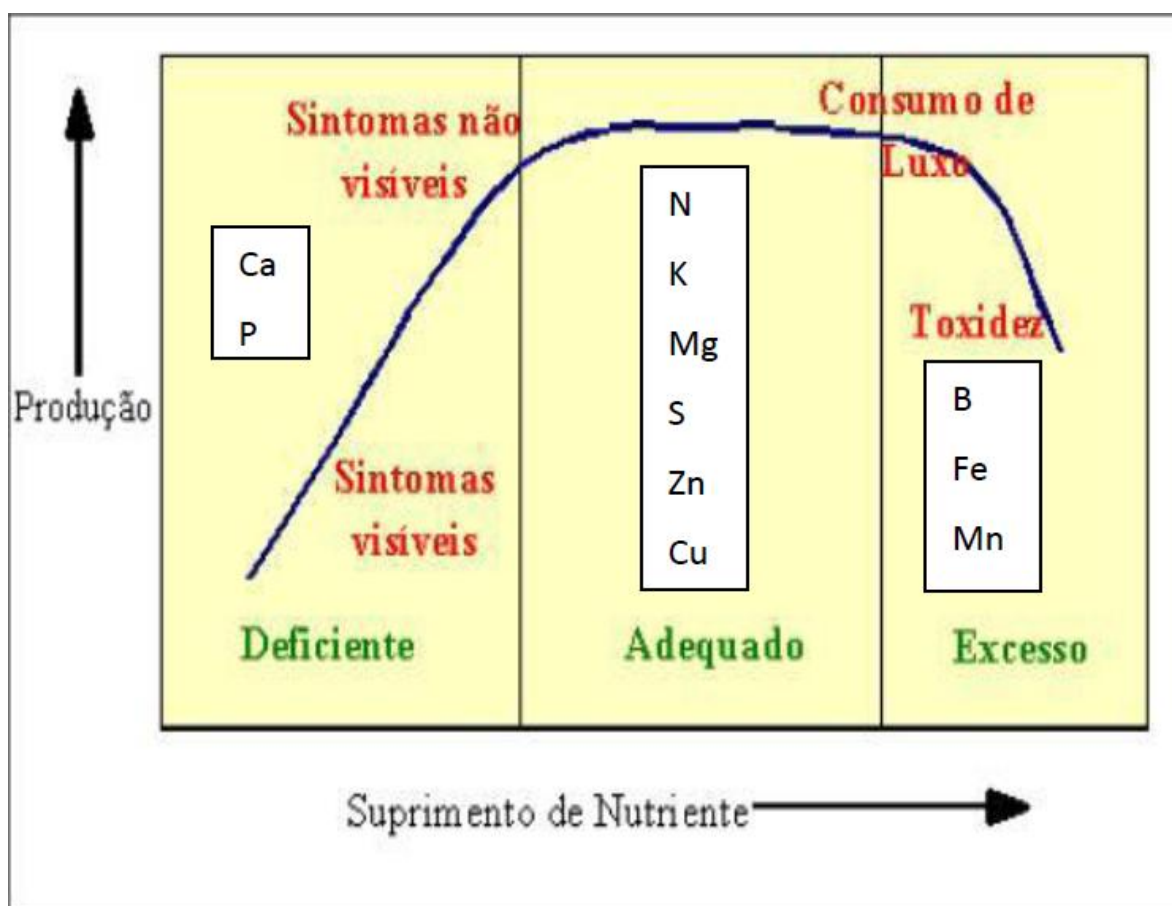


Figura 6.4.1: Suprimento de Nutrientes

A análise deste Gráfico nos permite classificar os nutrientes estudados em três categorias: adequada, em excesso e deficiente.

NITROGÊNIO (N): adequado      POTÁSSIO (K): adequado

MAGNÉSIO (Mg): adequado      ENXOFRE (S): adequado

ZINCO (Zn): adequado      COBRE (Cu): adequado

BORO (B): excesso      FÓSFORO (P): excesso

MANGANÊS (Mn): excesso

CÁLCIO (Ca): deficiente

FERRO (Fe): deficiente

## 7 CONCLUSÃO

O trabalho de caracterização da rocha serpentinito mostrou que se trata de um silicato de magnésio em granulometria fina, dentro da especificação do Ministério da Agricultura para calcários, de pH de 9,1.

Ensaio indicaram tratar-se de um resíduo inerte e não perigoso, Classe II B da ABNT.

O levantamento bibliográfico comprovou a viabilidade da aplicação do material na agricultura como fonte de nutrientes para o solo, sendo que, em alguns trabalhos acadêmicos consultados, houve ganho de produtividade nas culturas estudadas após o uso da rocha serpentinito.

O experimento realizado na cultura da soja comprovou que a adição da rocha serpentinito em duas dosagens (1t/ha e 2t/ha) alterou a concentração foliar de micro e macronutrientes e causou a elevação da concentração do macronutriente enxofre, elemento que está relacionado ao metabolismo da planta. A modificação das concentrações dos macro e micronutrientes demonstrou que o serpentinito tem participação no ciclo de nutrientes da cultura estudada; portanto podemos afirmar que presta um serviço ecossistêmico de suporte.

A aplicação da rocha serpentinito na mineralização de solos provou ser um exemplo de busca pela sustentabilidade social, econômica e ambiental, representando um novo insumo a ser usado pelos agricultores para complementar os tratamentos de solo tradicionais.

Trata-se de um produto benéfico do ponto de vista social e ambiental, por ser mineral inerte e não perigoso, enquadram-se, assim, na classificação proposta por PEARCE (1989) de sustentabilidade sensata ou prudente.

## **8 SUGESTÕES PARA NOVOS ESTUDOS**

Sugere-se que seja feito um estudo detalhado por técnicos de agronomia, para se conhecer, do ponto de vista nutricional, os ganhos obtidos pela planta após a aplicação da rocha serpentinito, comprovando quimicamente as razões da elevação da produtividade mensurada no presente Trabalho. Este mesmo trabalho poderia estudar a eventual influência da rocha serpentinito em determinadas doenças, conforme citações de autores estudados, e ter a duração de ao menos tres anos agrícolas.

Também seria interessante executar experimentos em solos inadequados ao cultivo, com conhecidas deficiências de nutrientes, a fim de comprovar a eficiencia da rocha serpentinito.

Após os referidos experimentos, que seja realizada uma análise de solo, com o objetivo de fechar o balanço dos nutrientes no ciclo de plantio e cultivo da cultura, o que infelizmente não foi realizado no experimento estudado.

Sugere-se, ainda, novos trabalhos com dosagens inferiores às usadas nos experimentos que compõem este Trabalho, com o intuito de se comprovar relatos bibliográficos que indicam ganhos de produtividade em aplicações com dosagens inferiores às aplicadas (SANTINATO, 2012).

Por fim, sugere-se uma análise detalhada de viabilidade econômica do produto, de modo a buscar um preço competitivo, mas que apresente boa margem para a empresa produtora, e que seja interssante para o agricultor.

E por fim poderia ser feito um estudo de valoração econômica do serviço ecossistêmico de suporte prestado pelo serpentinito, como agente repositior de nutrientes para o solo agricultável.

## 9 BIBLIOGRAFIA

ACCOUNTABILITY. Empresas e desenvolvimento econômico : relato do setor de mineração. Edições FDC. Belo Horizonte, 2005.

ALEXANDER, G. *et al.* Evaluation of reactions variables in the dissolution of serpentine for mineral carbonation. Elsevier, Fuel 86 ( 2007 ) 273-281.

ALMEIDA,S. *et al.* Aproveitamento de areia de finos de predreiras brasileiras para uso em construção civil. . Disponível em:<http://www.minas.upm.es/relext/Red-Cyted.../AlmeidaS-Brasil.pdf> Acesso em: 30 dez. 2009.

ALVES, N. Serpentinó como alternativa para carbonataçáo mineral. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, Dissertação de mestrado, Porto Alegre, março de 2011.

ARAGÃO,R. *et al.* Desenvolvimento de pelotas de minério de ferro com alto teor de MgO na Samarco Mineração S.A. In : 31º Seminário de Redução de Minério de Ferro,2000,Santos,São Paulo,p. 865-878.

ASSIS, D. *et al.* : Caracterização do pó de pedra sabão produzido em Congonhas (MG) para aproveitamento no preparo de compósitos de matriz cerâmica. [2006], 11f. (Trabalho apresentado no 17. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais,2006, Foz do Iguassu,PR).

ASSIS, D. *et al.* Caracterização do pó de pedra sabão produzido em Congonhas(MG) para reaproveitamento no preparo de compósitos de matriz cerâmica. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguacu, Paraná, 15 a 19 de novembro de 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR ISO 2395 – Peneiras de Ensaio e Ensaio de Peneiramento. Agosto 1997.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR ISO 3087 – Minérios de Ferro – Determinação do Teor de Umidade de um Lote. 30/08/2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR ISO 4700 – Pelotas de minério de ferro como insumo para alto-forno e redução direta – Determinação da resistência à compressão. 15/03/2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10.004 – Classificação de Resíduos Sólidos. 2ª edição, 31/05/2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10.005 – Lixiviação de Resíduos Sólidos. 2ª edição, 31/05/2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10.006 – Solubilização de Resíduos. 2ª edição, 31/05/2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10.007 – Amostragem de Resíduos Sólidos. 2ª edição, 31/05/2004.

BARBATO, C. Recuperação de finos de pedreira para utilização como insumo na indústria cerâmica. Disponível em:

[http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie\\_anais\\_X\\_jic\\_2002/Carla.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_X_jic_2002/Carla.pdf) -Acesso em 13/07/2011.

BARRETO, M. Mineração e desenvolvimento sustentável : desafios para o Brasil. CETEM-MCT, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em

[http://www.cetem.gov.br/publicacao/Desenv\\_sustentavel/desenv\\_sustentavel.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/Desenv_sustentavel/desenv_sustentavel.pdf)

BENEDUZZI, E. Rochagem : Agregação das rochas como alternativa sustentável para a fertilização e adubação de solos. Trabalho de conclusão do curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011. Disponível em :

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/55696/000858721.pdf?sequence=1>

acesso em 18/08/2014.

BERGMANN, M. *et al.*: Rochagem: viabilizando o uso sustentável dos descartes de mineração no distrito mineiro de Ametista do Sul(DMAS),RS,Brasil. 1º Congresso Brasileiro de Rochagem,Brasília,DF,setembro de 2009.



BERNIER, L. The potential use of serpentinite in the passive treatment of acid mine drainage: batch experiments. *Environ Geol.* (2005) 47: 670-684.

BERNI, R. e PRABHU, A. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 38, n. 2, p. 195-201, 2003.

BEZERRA, R.: Avaliação do estado nutricional, área foliar e densidade populacional de duas variedades de cana-de-açúcar influenciadas pela aplicação de MB-4. 1º Congresso Brasileiro de Rochagem, Brasília, DF, setembro de 2009.

BROCH, D. *et al.*. Eficiência agronômica da rocha serpentinito na cultura da soja. Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, Maracaju, Mato Grosso do Sul, safra 2010/2011.

CAMPOS, L. Talco e pirofilita. *Balanço mineral brasileiro 2001*, p.1-19.

CASTRO NETO, M. : Farinha de rocha na produção de fruteiras. 1º Congresso Brasileiro de Rochagem, Brasília, DF, Setembro de 2009.

CHAVES, ARTHUR.. Teoria e prática do tratamento de minérios. 2. ed. São Paulo: Signus Editora, 2002.

CHAVES, L. *et al.* Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo e na disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo. *Revista Caatinga*, Vol 21, N. 5, p. 75-82, dezembro de 2008.

CHESTERMAN, C. National audubon society field guide to north american rocks and minerals. 15a ed. Nova Iorque, Estados Unidos da América: Chanticleer Press Edition, 1996.

CONSORZIO ARTIGIANI CAVATORI VALMALENCO. Il Serpentino Scisto. Disponível em <http://naturalstoneinfo.com/download/serpentinovalmalenco.pdf> Acesso em 10/01/2014.

CIMINELLI, R. Estudo de Mercado dos Minerais Industriais. Secretaria Técnica do Fundo Setorial Mineral. v.22, n.1, p.29-53, jan./jun. 2005.

CORONEL, D. et al.: O Aproveitamento dos Resíduos do Setor Florestal de Lajes, Santa Catarina. XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Londrina, Paraná, julho de 2007. Disponível em <http://www.sober.org.br/palestra/6/771.pdf> , acesso em 13/07/2014.

COSTA, A. *et al.* Magnesita. Departamento Nacional de Produção Mineral, 2012.

Disponível em:

[https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra\\_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=3996](https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=3996) , acesso em 02/07/2013.

CUCHIERATO,G. Conceitos técnicos e definições sobre a fração fina produzida em pedreiras. In : VIII Simpósio de geologia do Sudeste.São Pedro,São Paulo,2003.

DA LUZ, A. et al. Tratamento de minérios. Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/ Ministério da Ciência e Tecnologia –MCT. 5ª Edição, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em [http://www.cetem.gov.br/files/docs/livros/2010/trat\\_minerio\\_5a\\_edicao.pdf](http://www.cetem.gov.br/files/docs/livros/2010/trat_minerio_5a_edicao.pdf) . Acesso em 11/02/2015.

DE BEM, S. Instalações de britagem, condições de trabalho e de processo: uma abordagem de saúde e de segurança. Dissertação (Mestrado profissionalizante em engenharia de produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2006.

ENRIQUEZ,M. Maldição ou dádiva : os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira. Tese (doutorado em desenvolvimento sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, DF, 2007..

FAN, L.; Park, A. CO<sub>2</sub> mineral sequestration : physically active dissolution of serpentine and pH swing process. Elsevier, ChemicalEngineering Science, 59(2004), 5241 – 5247.

FERNANDES,M. : Viabilidade agronômica do uso do rejeito de garimpos do distrito pegmatítico de AraçuaíMG. 1º Congresso Brasileiro de Rochagem,Brasília,DF,setembro de 2009.

FERNANDES, F. *et al.* Agrominerais para o Brasil. CETEM/MCT, Rio de Janeiro, 2010.

FONSECA, V. Envelhecimento de pelotas de minério de ferro com diferentes basicidades e teores de MgO. Universidade Federal de Ouro Preto, 2003.

FRAZÃO, E. Panorama da produção e aproveitamento de agregados para construção.

Disponível: Acesso em 13/07/2011.

<http://www.cetec.br/agregados/conteudo/Contribui%20E3o%20Ely%20Borges%20Fraz%20E3o.PDF>

FRAZÃO, E. Tecnologia de rochas na construção civil. São Paulo: Editora da Associação Brasileira de Geologia de engenharia Ambiental, 2002. 132p.

FREITAS DE OLIVEIRA JÚNIOR, A. Teoria Econômica Neoclássica do Valor, Apostila de Economia Ambiental. 2005, 26p.

GLADIKOVA, L.A. *et al.* Production of magnesium oxide from solutions formed by acid processing of serpentinite. *Russian Journal of Applied Chemistry*, (2008), Vol 81, 889-891.

GOEDERT, W. *et al.* Critérios para recomendação de calagem e adubação. Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, Distrito Federal, 1987.

GUAYLO, O. BIOMINERALIZAÇÃO. Uma agricultura com base em princípios ecológicos.

Disponível em: <http://www.coopgirasol.com.br/UserFiles/Leituras/Biomineralizacao.pdf>-

Acesso em 22/12/2011.

HENSEL, J. Pães de pedra. Tradução de Sebastião Pinheiro, 2003.

HODGE, A. Mining and sustainability – seeking fairness. In : 13º Congresso Brasileiro de Mineração. Belo Horizonte, MG, 2009.

HOLLESEN, P. Sustainable development framework. In : 13º Congresso Brasileiro de Mineração. Belo Horizonte, MG, 2009.

HONORATO, E. *et al.* Adequação granulométrica do serpentinito para sinterização. In: XXXVI SEMINÁRIO DE REDUÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO E MATÉRIAS PRIMAS, 1, 12 a 15 de setembro de 2006, Ouro Preto. Anais. Ouro Preto, MG, Volume 1, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais.

IBRAM Gestão para a sustentabilidade na mineração – 20 anos de história. 1ª edição – Brasília, 2013, 168p.

ISMAEL, I. S. Characterizations of some Egyptian serpentinite used as ornamental stones. SpringerLink( MetaPress ), Chin J. Geochem. (2008)27: 140-149.

JANUZZI, A. Análise da aglomeração à frio no processo HPS (hibridpelletized sínter) com ênfase nas matérias primas envolvidas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

KAMIYAMA, A. Agricultura Sustentável. Cadernos de Educação Ambiental, Volume 13. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. São Paulo, 2011. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/publicacoes/sma/13-AgriculturaSustentavel.pdf> , acesso em 13/08/2014.

KIM, D.; Chung,H. Effect os grinding on the structure and chemical extraction of metals from serpentinite. Particulate Science andTecnology, 20; 159-168, 2002.

KONDORFER, G. *et al.* : Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura. Boletim técnico 01,2. Ed.,Instituto de ciências agrárias,Universidade Federal de Uberlandia,Uberlandia,2003.

KONDORFER, G.H. Avaliaçãode Métodosde Extração de Silício para solos Cultivados com Arroz de Sequeiro.Disponível em: [http://www.dpv24.iciag.ufu.br/Silicio/Arquivos%20Papers/RBCS%20\(1999\)-v.23,%20N.1,%20%20P.101-106%20-%20CLAUDIA.pdf](http://www.dpv24.iciag.ufu.br/Silicio/Arquivos%20Papers/RBCS%20(1999)-v.23,%20N.1,%20%20P.101-106%20-%20CLAUDIA.pdf)– Acesso em 29/11/2011.

KRAYCHETE, G. Como fazer um estudo de viabilidade econômica. CESE-CEADe, Salvador, junho de 1997. Disponível em <http://www.capina.org.br/download/pub/ve1997.pdf>. Acesso em 03/07/2013.

KRAMER, D. Current mining of olivine and serpentinite. U.S. Geological Survey. Disponível em <http://www.netl.doe.gov/publications/proceedings/01/mincarb/kramer.pdf>- Acesso em 25/08/2011.

LEMOS, M *et al.* Avaliação técnica de matérias primas para sinterização e alto-forno. In : XXXIII Congresso anual da Associação Brasileira de Metalurgia. Rio de Janeiro, RJ, 1978.

LIMA, A. Aplicações de cargas minerais em polímeros. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MANUAL DE BRITAGEM. 6. ed. São Paulo: 2005.

MARTINS, E. *et al.* Agrominerais para o Brasil. Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, 2010, capítulo 5.

MARTINS, J. *et al.* Emprego de resíduos siderúrgicos e pellet feed minipelotizados na sinterização de minério de ferro. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672003000400006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672003000400006)

Acesso em 13/07/2011.

SILVA, J. Perfil do calcário agrícola. Ministério das Minas e Energia – MME, Setembro de 2009.

MMA Ministério do Meio Ambiente. Pagamentos por serviços ambientais na mata atlântica : lições aprendidas e desafios. Brasília, 2011. 272p. , Série Biodiversidade, 42.

NASCIMENTO, E. Trajetória da sustentabilidade : do ambiental ao social, do social ao econômico. Estudos Avançados, vol 26, no 74, São Paulo, 2012. Disponível em :

[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142012000100005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142012000100005&script=sci_arttext)

Acesso em 13/03/2013

NEUMANN, R. e Oliveira, C.H. Caracterização mineralógica e tecnológica de minério de serpentina. Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, fevereiro de 2003.

NSW Department of Primary Industries – Serpentine. Disponível em [http://www.dpi.nsw.gov.au/data/assets/pdf\\_file/0020/238205/Serpentine.pdf](http://www.dpi.nsw.gov.au/data/assets/pdf_file/0020/238205/Serpentine.pdf) -Acesso em 25/08/2011.

OLIVEIRA, A. *et al.* Compostagem caseira de lixo orgânico doméstico. Circular técnica 76, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Embrapa, Cruz das Almas, Bahia, 2005. Disponível em [http://www.cpfap.embrapa.br/publicacoes/circulares/circular\\_76.pdf](http://www.cpfap.embrapa.br/publicacoes/circulares/circular_76.pdf) , data da consulta 13/02/2014.

OLIVEIRA, P. Rotas para recuperação de ferro fino contido no underflow do espessador de lama da usina de Conceição. Dissertação (mestrado em Engenharia metalúrgica e de minas), Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

PALMA, C. *et al.* Indicadores de sustentabilidade. Revista Prospectiva e Planejamento, volume 15, Portugal, 2008. Disponível em [http://www.dpp.pt/Lists/Pesquisa%20Avanada/Attachments/1403/Indicadores\\_Sustentabilidade.pdf](http://www.dpp.pt/Lists/Pesquisa%20Avanada/Attachments/1403/Indicadores_Sustentabilidade.pdf) , data da consulta 13/03/2013.

PEARCE, D. *et al.* Blueprint for a green economy. Earthscan, 1989.

PELLANT, C. Rocks and minerals. Dorling Kindersley Book. Canadá, 1992.

PEREIRA, H. Avaliação agrônômica de solubilidade do silício pelo método de incubação do produto denominado lizardita. Laboratório de fertilidade do solo, Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Jataí, Goiás, dezembro de 2007.

PEREIRA, H. *et al.* Comportamento de diferentes fontes de silício no solo e na cultura do tomateiro. Revista Brasileira de Ciências do Solo, no 27, 2003.

PIACENTINI. Moinhos de martelo. Disponível em [http://www.piacen.com.br/pdf/moagem/moinhos\\_martelos/moinhos\\_martelos.pdf](http://www.piacen.com.br/pdf/moagem/moinhos_martelos/moinhos_martelos.pdf)-Acesso em 04/08/2011.

PIMENTA, H. *et al.* : Desenvolvimento integrado de carga metálica para sinterização e alto-forno. Tecnologia em metalurgia e materiais, v. 4, n. 1, p.1-7, jun-set 2007.

PINTO, P. Uso do esteatito como componente de espumas de poliuretano flexível. Dissertação (mestrado em química), Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

PINTO, P. *et al.* : Caracterização química da rocha serpentinito de Nova Lima, Minas Gerais. Sociedade Brasileira de Química, 33ª reunião anual, Aguas de Lindóia, São Paulo, 2010.

PIOLI, M. Ferramentas para a gestão da sustentabilidade na indústria da mineração. In : 13º Congresso Brasileiro de Mineração. Belo Horizonte, MG, 2009.

PISATTO, E. *et al.* Utilização de finos de pedra em misturas de solo-cimento : correção granulométrica de um solo argiloso. Disponível em [http://interno.uninove.br:82/PDFs/Publicacoes/exacta/exacta\\_v4/exactav4\\_3m\\_12.pdf](http://interno.uninove.br:82/PDFs/Publicacoes/exacta/exacta_v4/exactav4_3m_12.pdf) Acesso em 13/07/2011.

PISSATO, E. Utilização de finos de pedra em misturas de solo-cimento: Correção granulométrica de um solo argiloso. *Exacta*,v. 4,n. 1,p. 143.148,jan/jun 2006.

PONTES, I. *et al.*: Valorização de resíduos de serrarias de mármore e granito e sua aplicação na construção civil. V Simpósio de rochas ornamentais do nordeste,Recife,PE,2005.

PONTES, J.R. *et al.*: Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo em Vila Velha : Viabilidade Econômica e a Incorporação de Benefícios Sociais e Ambientais. XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, Ceará, outubro de 2006. Disponível para consulta em [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006\\_tr520346\\_8490.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr520346_8490.pdf) , acesso em 13/08/2014.

POUGH, F. *Rocks and minerals*.5. ed.Nova Iorque,Estados Unidos da América : Houghton Mifflin Company,1996.400p.

QUEIROGA, N. *et al.*: Amianto.Rochas e minerais industriais.Cetem,2005.p.85-106.

ROSSI, C. e POLIDORO, J. Curso de recuperação de área degradadas. A visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. EMBRAPA SOLOS, Rio de Janeiro, 2008. Capítulo 3. Disponível em [http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/curso\\_rad\\_2008.pdf](http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/curso_rad_2008.pdf) acesso em 25/03/2013.

SAAB, A. O mercado de fertilizantes no Brasil. Wokrshop novas fontes e novas tecnologias para fertilizantes em Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

SAMPAIO, J. *et al.* Usinas de beneficiamento de minérios do Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 398p.

SANTINATO, E. *et al.* Doses de óxido de magnésio e doses de serpentinito na correção da deficiência de magnésio em solos com teores adequados de cálcio. 38º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Caxambu, Minas Gerais, 2012.

SANTOS, E. Sinterização de finos provenientes de rochas graníticas. Dissertação de Mestrado em Tecnologia e Gestão de Recursos Minerais, Universidade do Porto, Portugal, março de 1998.

SCHNEIDER, C. Utilização de crisotila modificada quimicamente como carga em polietileno de alta densidade. Tese (doutorado em química)- Instituto de química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SCHNELLRATH, J. *et al.* Ferro – Mina Fábrica – Ferteco. Disponível em <http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2002-167-00.pdf> -Acesso em 08/08/2011.

SCLIAR, C. Marcos regulatórios e sustentabilidade. In the mine, n.21, p.6-10, 2009.

SENADO FEDERAL. Reforma do Código Florestal. Site disponível na internet. Disponível em <http://www12.senado.gov.br/codigoflorestal/infograficos/servicos-ambientais> - acesso em 05/03/2014.

SÉKULA, C. Características químicas do solo e produção de grandes culturas com rochagem e biofertilizantes. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, Paraná, 2011.



SERPENTINOSCISTO DELLA VALMALENCO. Sondrio, Itália: Consorzio artigiani cavatori della Valmalenco,2002.

SILVA NETO, P. Efeito do MgO na produção e qualidade do sínter. In : XXXV Congresso anual da Associação Brasileira de Metalurgia.São Paulo,SP,1980.

SILVA, C. Auditoria ambiental e due diligence ambiental. In : 13º Congresso Brasileiro de Mineração. Belo Horizonte,MG,2009.

SILVA, J. Sustentabilidade em uma estrutura de sistemas integrados. Dissertação de mestrado. Laboratório Nacional de Computação Científica, Petrópolis, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em : [http://www.lncc.br/tdmc/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=53](http://www.lncc.br/tdmc/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=53)  
Acesso em 13/03/2013.

SOUZA, C. M. Uso de escória siderúrgica no cultivo de cana de açúcar. Disponível em <http://www.jornalcana.com.br/noticia/Jornal-Cana/42752+Uso-de-escoria-siderurgica-no-cultivo-de-cana>Acesso em 03/07/2013.

SOUZA, F. *et al.*: Rochas silicáticas na correção e adubação de solos. 1º Congresso Brasileiro de Rochagem, Brasília,DF,setembro de 2009.

TAVARES, E. *et al.* Potencial de aplicação dos serpentinitos como insumo na agricultura sustentável. Disponível em:  
[http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie\\_anais\\_XVII\\_jic\\_2009/Eyler\\_Gomes\\_Bello\\_Tavares.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XVII_jic_2009/Eyler_Gomes_Bello_Tavares.pdf) Acesso em 13/07/2011.

TEEB The Economics of Ecosystems & Biodiversity. Mainstreaming the economics of nature, 2010. Disponível em [www.unep.org/pdf/LinkClick.pdf](http://www.unep.org/pdf/LinkClick.pdf). Acesso em 11/02/2015.

TEIR,S. *et al.* Fixation of carbon dioxide by producing hydromagnesite from serpentine. Elsevier, Applied Energy 86 (2009) 214-218.

TEIXEIRA, A. *et al.*: Avaliação da rocha serpentinito do município de Andorinha para aplicação como corretivo de solos ácidos. 1º Congresso Brasileiro de Rochagem,Brasília,DF,setembro de 2009.

TEIXEIRA, A. Caracterização e avaliação da rocha serpentinito do município de Andorinha/Bahia para aplicação como corretivo de acidez do solo. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

TELLES, F. *et al.* Reutilização de resíduos finos oriundos do processo siderúrgico. In : VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. 27 a 30 de julho de 2009. Uberlandia, MG.

THEODORO, S. *et al.* Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos. Anais do I Congresso Brasileiro de Rochagem, Capítulo 19, Embrapa, 2009.

WAGNER, E. *et al.* Pre-Hispanic Workshop of Serpentinite Artifacts, Venezuelan Andes, And Possible Raw Material Source. Science, Vol 175, (1972) 888-890

ZAIDAN, S. Aproveitamento do rejeito da rocha serpentinito da mina de Cana- Brava. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) –Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

ZULUMYAN, N. *et al.* A new promising method for processing of serpentinites. Russian Journal of Applied Chemistry, 2007, Vol 80, No 6, pp 1020-1022.