

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG**  
**COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**MÁRIO MARCOS GOMES DA SILVA**

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO GERADO POR UMA MINERADORA DE**  
**GRAFITE COMO GESSO AGRÍCOLA**

**FORMIGA – MG**  
**2009**

MÁRIO MARCOS GOMES DA SILVA

APROVEITAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO GERADO POR UMA MINERADORA DE  
GRAFITE COMO GESSO AGRÍCOLA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Coordenação Geral de Graduação do UNIFOR-  
MG, como requisito para obtenção do título de  
bacharel em Engenharia de Produção.  
Orientador: Prof. Ms. Helton Cristiano Gomes

FORMIGA –MG  
2009

MÁRIO MARCOS GOMES DA SILVA

APROVEITAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO GERADO POR UMA MINERADORA DE  
GRAFITE COMO GESSO AGRÍCOLA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Coordenação Geral de Graduação do UNIFOR-  
MG, como requisito para obtenção do título de  
bacharel em Engenharia de Produção.  
Orientador: Prof Ms. Helton Cristiano Gomes

BANCA EXAMINADORA

---

Prof Ms. Helton Cristiano Gomes  
Orientador

---

Prof<sup>a</sup> Jussara Maria Silva Rodrigues Oliveira  
Examinadora

FORMIGA –MG  
2009

## RESUMO

É cada vez mais importante o desenvolvimento de métodos adequados de disposição de resíduos, devido ao aumento crescente de sua produção, ocasionada pelo aumento populacional e pelo avanço tecnológico e industrial. Particularmente os rejeitos gerados pela indústria de mineração requerem cuidados especiais, haja vista os riscos que as estruturas necessárias ao seu armazenamento oferecem. Este trabalho estudou o aproveitamento, como gesso agrícola, de um resíduo sólido, oriundo do sistema de neutralização de efluente ácido, de uma empresa de mineração de grafite. Esse resíduo é depositado em uma barragem de rejeitos que está próxima do seu esgotamento e caso não se encontre outra destinação para ele, será necessária a construção de uma nova barragem, o que demandará altos investimentos para a empresa. Visando conhecer o potencial do resíduo em fornecer nutrientes para as plantas, foram realizadas análises em laboratório especializado, fazendo-se também a previsão de possíveis problemas ambientais, decorrentes de seu uso. Observou-se, pelos resultados obtidos, que o resíduo possui propriedades para ser utilizado como gesso agrícola, por apresentar os macronutrientes cálcio, magnésio e enxofre, além de não apresentar metais pesados em níveis significativos. Posteriormente foi realizado um experimento, através do plantio de mudas de eucalipto, na área de reflorestamento da própria empresa, utilizando-se o calcário comum, gesso comercial e o resíduo no plantio das mudas, comparando-se o crescimento dessas mudas, tratadas com cada um dos referidos insumos, durante um período de seis meses. As plantas tratadas com o resíduo se desenvolveram satisfatoriamente, se comparadas às tratadas com os demais insumos utilizados no experimento.

Palavras- chave: Disposição de resíduo, corretivo agrícola, eucalipto.

## **ABSTRACT**

It is increasingly important to develop appropriate methods of waste disposal, with a view to increasing its production, caused by population growth and the technological and industrial. Particularly the waste generated by the mining industry require special care, given the risks that the structures needed to provide storage. This work studied the use, such as gypsum, a solid waste coming from the system for neutralization of acidic effluent from a mining company graphite. This waste is deposited in a tailings pond that is close to exhaustion and if it is not another outlet for it, it will be necessary to build a new dam, which will require huge investments for the company. In order to know the potential of the waste to provide nutrients for plants, we carried out in specialized laboratory, making it also the prediction of potential environmental problems arising from their use. Observed, the results obtained, that the waste has properties for use as gypsum, to present the nutrients calcium, magnesium and sulfur, and no heavy metals present in significant levels. Later an experiment was carried through the planting of eucalyptus in the area of reforestation company, using the common limestone, gypsum and waste in the commercial planting of seedlings, comparing the growth of seedlings treated with each of the these inputs, for a period of six months. Plants treated with the residue developed satisfactorily, compared to those treated with other inputs used in the experiment.

Keywords: waste disposal, tailings, gypsum, eucalyptus.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classificação dos resíduos quanto à origem.....	14
TABELA 2 - Quadro fases da mineração.....	15
TABELA 3 - Funções e compostos.....	24
TABELA 4 - Metais Pesados.....	26
TABELA 5 - Elementos analisados.....	35
TABELA 6 – Resultado para teores de metais pesados.....	39
TABELA 7 – Teores de metais pesados em fertilizantes de Minas Gerais.....	40
TABELA 8 -. Faixas de concentrações típicas de metais pesados em fertilizantes fosfatados, calcários e rochas fosfatadas.....	41
TABELA 9 - Quantidade de níquel incorporada por hectare de solo.....	42
TABELA 10 – Aplicações necessárias para se atingir o valor crítico.....	43
TABELA 11 - Comparativo dos macronutrientes do resíduo estudado e gesso Comercial.....	44
TABELA 12 - Medições das altura das plantas.....	45
TABELA 13 - Comparativo entre as alturas médias das plantas.....	48
TABELA 14- Medições dos diâmetros dos troncos.....	49
TABELA 15 - Diâmetro do tronco.....	52
TABELA 16 - Medições dos diâmetros à altura do peito.....	53
TABELA 17 - Diâmetro à altura do peito DAP.....	55

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Medições de altura das plantas tratadas com gesso comercia.....	46
GRÁFICO 2 – Medições de altura das plantas tratadas com calcário.....	46
GRÁFICO 3 – Medições de altura das plantas tratadas com o resíduo.....	47
GRÁFICO 4 – Medições de altura das plantas do plantio regular.....	47
GRÁFICO 5 – Comparativo entre as alturas médias das plantas.....	48
GRÁFICO 7 – Medições do diâmetro do tronco das plantas tratadas com gesso Comercial.....	50
GRÁFICO 8 - Medições do diâmetro do tronco das plantas tratadas com calcário.....	50
GRÁFICO 9 – Medições do diâmetro do tronco das plantas tratadas com o resíduo...51	
GRÁFICO 10 – Medições do diâmetro do tronco das plantas do plantio regular.....	51
GRÁFICO 11 – Comparativo entre os diâmetros médios dos troncos das plantas.....	52
GRÁFICO 12– Medições do diâmetro à altura do peito (DAP) das plantas tratadas com gesso comercial.....	54
GRÁFICO 13– Medições do diâmetro à altura do peito (DAP) das plantas tratadas com o resíduo.....	54
GRÁFICO 14 – Medições do diâmetro à altura do peito (DAP) das plantas do plantio regular.....	55
GRÁFICO 15 – Comparativo entre os diâmetros médios à altura do peito das plantas	56

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Frente de lavra - Mina de grafite.....	16
FIGURA 2 – Frente de lavra e depósito controlado de estéril ( DCE) - Mina de grafite.....	17
FIGURA 3 - Visão geral da mina de grafite e da disposição dos resíduos gerados na lavra (estéril) e no beneficiamento do minério(rejeito).....	18
FIGURA 4 – Barragem de rejeitos da concentração mecânica – B4.....	20
FIGURA 5 – Fluxograma de procedimentos para uso de resíduos nos solos.....	22
FIGURA 6 - Fluxograma da concentração mecânica - Ita.....	31
FIGURA 7 - Fluxograma da concentração química.....	31
FIGURA 8 – Fluxograma do sistema de tratamento de efluentes.....	32
FIGURA 9 – Estação de Tratamento de Efluente Químico (ETEQ).....	33
FIGURA 10 - Barragem de armazenagem dos resíduos – B2.....	34
FIGURA 11 - Área de reflorestamento da empresa.....	36
FIGURA 12 - Preparo do solo para o plantio.....	37
FIGURA 13 – Plantio das mudas de eucalipto.....	38
FIGURA 14 - Adubação.....	38



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO-----	10
1.1	Problema-----	11
11	Justificativa-----	11
11	Objetivos-----	12
1.3.1	Objetivo Geral-----	12
1.3.2	Objetivo Específico-----	12
2	REVISÃO DE LITERATURA-----	13
2.1	Resíduos-----	13
2.1.1	Resíduos industriais-----	14
2.2	A atividade de mineração e a geração de resíduos-----	15
2.2.1	Processo de Mineração-----	15
2.2.2	Geração de resíduos na mineração-----	17
2.2.3	Barragens de rejeito-----	19
2.3	A utilização de resíduos na agricultura-----	20
2.4	A Calagem como método de correção da acidez do solo-----	23
2.5	Elementos essenciais à composição dos vegetais-----	24
2.6	Metais Pesados no solo e suas influências nas plantas-----	25
2.7	Dendrometria e inventário florestal-----	26
2.7.1	Dendometria-----	26
2.7.1.1	Objetivos da aplicação da dendometria-----	26
2.7.1.2	Tipos de medidas-----	27
2.7.2	Inventário florestal-----	27

2.7.2.1	Tipos de inventário florestal-----	28
2.7.2.2	Classificação dos inventários florestais quanto à forma-----	28
3	METODOLOGIA-----	29
3.1	Tipo de pesquisa e natureza do estudo-----	29
3.2	Objeto de pesquisa-----	30
3.2.1	Origem do resíduo estudado-----	30
3.3	Coleta dos dados-----	34
3.4	Amostragem do resíduo-----	35
3.5	Experimento - Plantio de eucalipto-----	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	39
4.1	Resultados das análises laboratoriais do resíduo amostrado na barragem B2-----	39
4.2	Análise de metais pesados-----	39
4.3	Resultado das análises para macronutrientes presentes no resíduo	43
4.4	Resultado do experimento de campo – medição das árvores-----	44
5	CONCLUSÃO-----	57
	REFERÊNCIAS-----	59

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas pelos quais passam atualmente as empresas é com relação a destinação final de resíduos, tanto em termos de custos quanto de riscos. Associando a este problema o outro pelo qual passam os agricultores brasileiros, é o referente ao custo dos insumos agrícolas. A junção destes dois problemas em uma única solução para as partes é um caminho necessário e que deve ser perseguido por todos os técnicos, visto que resulta em benefícios tanto para as empresas, que não terá mais que investir em estruturas de armazenamento de resíduos, onerosas e de alto risco, os agricultores que poderão ter à disposição insumos a custo mais acessível, a sociedade em função dos benefícios dos dois primeiros e o ambiente, visto que a disposição final de resíduos em uma atividade produtiva e menos impactante é o melhor destino que se pode dar a um resíduo. Evidentemente, a associação destes benefícios não pode por em risco a qualidade ambiental, mais especificamente, do solo.

Nesse contexto, a atividade agrícola exerce importante papel na reciclagem de materiais, principalmente daqueles que apresentam nutrientes possíveis de serem aproveitados pelas plantas. Porém, vários pesquisadores alertam que a maioria dos resíduos quer sejam urbanos, industriais, agroindustriais e mesmo domésticos, além de possuir elementos nutrientes, contêm outros que podem apresentar problemas e riscos para a qualidade ambiental . Associado a isto, uma agricultura com níveis razoáveis de produtividade exige a correção da pH do solo e o aumento de sua fertilidade. Isto é conseguido pelo uso de corretivos, gesso e fertilizantes.

O gesso é um importante insumo para a agricultura, sendo seu uso bastante estimulado nos últimos anos. O gesso agrícola é basicamente o sulfato de cálcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), e sua principal fonte se faz através da produção de ácido fosfórico pela indústria de fertilizantes, que utilizam como matéria-prima rochas fosfatadas, que ao ser atacada pelo ácido sulfúrico mais água, produz, como subprodutos da reação, o sulfato de cálcio e o ácido fluorídrico.

O objetivo deste trabalho é considerar o possível uso agrícola, do resíduo gerado

em um processo de neutralização de efluente ácido de uma de mineração de grafite, analisando seu potencial em fornecer nutrientes para as plantas, fazendo-se a previsão de possíveis problemas ambientais, oriundos de seu uso.

### **1.1 Problema**

O resíduo gerado no processo de neutralização do efluente químico da empresa de mineração estudada apresenta potencial para ser utilizado em aplicação direta na agricultura como corretivo agrícola?

### **1.2 Justificativa**

Do ponto de vista acadêmico este trabalho representa a oportunidade de discutir um tema importante que envolve diferentes áreas da ciência, ainda pouco explorado pela engenharia de produção, que é a reciclagem de resíduos

Para a empresa geradora do resíduo este trabalho justifica-se pelos motivos enumerados a seguir:

- A necessidade por que passam as empresas, de se dar adequada destinação final aos resíduos, considerando-se seus elevados custos, somados aos riscos inerentes.
- A necessidade de encontrar alternativa para disposição do resíduo gerado no sistema de neutralização de efluente químico da empresa, considerando-se que a barragem B-2, onde é depositado o resíduo (gesso), já está praticamente cheia, evitando-se assim a construção de outra barragem, o que demandaria vultuosos investimentos.
- A necessidade de se desenvolver insumos de baixo custo para aplicação na agricultura, uma vez que inúmeros experimentos têm sido realizados em todo país, que demonstram a necessidade da aplicação do gesso, que promove aumento da produtividade das culturas agrícolas e aumento da resistência das plantas às pragas e doenças.

- O estudo de aproveitamento do resíduo como corretivo de solo das áreas de plantio de eucalipto da empresa, o que resultaria a redução dos custos de cultivo do eucalipto, utilizado no processo de secagem da produção do grafite.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho estudar o aproveitamento do resíduo sólido, gerado no sistema de neutralização do efluente do processo de concentração química, em uma empresa de mineração de grafite, como gesso agrícola.

### **1.3.2 Objetivo Específico**

- Fazer um levantamento bibliográfico relacionado ao problema proposto;
- Estudar as características do resíduo gerado e compará-lo a calcários e gessos agrícolas comumente encontrados no mercado, tanto em relação aos seus nutrientes quanto à concentração de metais pesados.
- Estudar o crescimento de plantas de eucalipto cultivadas em um solo no qual foi aplicado o resíduo, comparativamente ao mesmo solo corrigido com a aplicação de gesso agrícola e de calcário, comumente encontrados no mercado e comparar também com o desenvolvimento das plantas de eucalipto da área de reflorestamento regular da empresa.
- Avaliar a substituição do calcário, atualmente utilizado como corretivo no plantio de eucalipto nas áreas de reflorestamento da empresa em suas três unidades de produção, pelo gesso, estimando a redução de custo que se obteria por essa substituição.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Resíduos

A crescente produção de resíduos industriais torna sua disposição e tratamento um problema cada vez maior, como destaca Chaves (2006), quando diz que:

O volume de resíduos industriais ou domésticos vem crescendo de maneira assustadora, em todo o mundo, de modo que a sua disposição torna-se problemática devido ao volume demandado, à inexistência de áreas capazes de recebê-los, ao elevado custo desta disposição e ao impacto ambiental dos depósitos de resíduos. (CHAVES 2006)

Uma das principais dificuldades no trato com despejos industriais sólidos reside na impossibilidade de defini-los precisamente. Várias tentativas têm sido feitas para classificá-los e, embora nenhuma especificação internacional tenha sido apresentada, se aceita o fato de que eles não podem ser descritos como lixo de fábrica ou despejos de materiais inertes, tais como a escória e a cinza (CETESB, 1985).’

Os resíduos sólidos são definidos, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, NBR 10.004, 2004a), como:

Todo resíduo nos estados sólido e semi-sólido resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, NBR 10.004, 2004a)

Ainda segundo a NBR 10.004/04, os resíduos sólidos são classificados, por sua periculosidade, em:

- Classe I (perigosos): são aqueles que apresentam periculosidade, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, ou uma das características seguintes: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade;

- Classe II-A (não-inertes): são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou de resíduos classe II-B. Os resíduos classe II-A podem ter propriedades tais como : combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água;
- Classe II-B (inertes): quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo a norma NBR 10.007/04 (Amostragem de Resíduos), e submetidos a testes de solubilização, segundo a norma NBR 10.006/04 (Solubilização de resíduos), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

Quanto à origem os resíduos podem ser classificados como na TAB. 1

TABELA 1 – Classificação dos resíduos quanto à origem

<b>Origem</b>	<b>Possíveis Classes</b>	<b>Responsável</b>
Domiciliar	2	Prefeitura
Comercial	2, 3	Prefeitura
Industrial	1, 2, 3	Gerador do resíduo
Público	2, 3	Prefeitura
Serviços de saúde	1, 2, 3	Gerador do resíduo
Portos, aeroportos e terminais ferroviários	1, 2, 3	Gerador do resíduo
Agrícola	1, 2, 3	Gerador do resíduo
Entulho	3	Gerador do resíduo

Fonte: <http://www.ambientebrasil.com.br>,

### 2.1.1 Resíduos industriais

Para Grandi, (1995), o descarte de resíduos industriais, no ar, na água e no solo, tem sido uma grande preocupação da atualidade, pois estes vêm sendo ainda depositados por muitas indústrias em aterros de formas inadequadas.

Os resíduos das indústrias apresentam uma parcela comum aos demais: os resíduos dos escritórios e os de limpeza de pátios e jardins; porém a maior parcela,

é de rejeitos, resíduos de processamentos e outros que variam para cada tipo de indústria. Há os resíduos industriais especiais, como explosivos, inflamáveis e outros que são tóxicos e perigosos à saúde, mas estes constituem uma categoria à parte.

## 2.2 A atividade de mineração e a geração de resíduos

### 2.2.1 Processo de Mineração

A mineração envolve os processos e atividades de indústrias cujo objetivo é extração de substâncias minerais, a partir de depósitos ou massas minerais. O processo de mineração compreende três diferentes etapas. Um quadro representativo das diversas tendências TAB.2 é apresentado por Machado (1989), onde as fases: pesquisa mineral, lavra e suas subdivisões, concentram as atividades necessárias à concretização dos objetivos da atividade mineral. A geologia é aplicada pela mineração para localizar minérios e avaliar recursos minerais. A geologia juntamente com a engenharia de minas, avalia e planeja a extração de reservas economicamente viáveis dos materiais desejados. A fase inicial de um projeto de mineração é a identificação de recursos minerais prontos a serem explorados economicamente.

TABELA 2 - Quadro fases da mineração

1- PESQUISA MINERAL	1.1 - PROSPECÇÃO 1.2 - EXPLORAÇÃO
ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA (DECISÃO) -ENGENHARIA DE PROJETOS IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	
2 - LAVRA	2.1 - DESENVOLVIMENTO MINEIRO 2.2 - LAVRA OU EXPLOTAÇÃO
3 - PÓS-LAVRA (Beneficiamento)	3.1 – TRATAMENTO DE MINÉRIOS 3.2 - COMERCIALIZAÇÃO

FONTE: Adaptado de MACHADO. (1989)



O projeto de engenharia deve contemplar dois grandes grupos operacionais em uma mineração: a atividade de lavra FIG 1 e FIG 2 a atividade de beneficiamento do minério. Silveira et al. (1991) considera que a lavra compreende as atividades de perfuração, desmonte, carregamento, transporte e outras tantas necessárias à extração do bem mineral, e o beneficiamento, a conversão do minério bruto em produto vendável, e segundo complementa Mello *et al* (1978) utiliza-se da britagem, moagem, concentração, refino entre outros meios para dar ao minério explorado as especificações do mercado ou da indústria que o utiliza.



FIGURA 1 – Frente de lavra - Mina de grafite  
FONTE: Dados da pesquisa 2009



FIGURA 2 – Frente de lavra e depósito controlado de estéril ( DCE) - Mina de grafite  
FONTE: Dados da pesquisa 2009

### 2.2.2 Geração de resíduos na mineração

Para Chammas (1989), mineração é um complexo de atividades necessárias à extração econômica de bens minerais da crosta terrestre, provocando transformações no meio ambiente.

Na lavra são produzidos resíduos minerais denominado de estéril, provenientes do decapeamento de mina que devem ser dispostos em depósitos controlados de estéril (DCE). Já o material que resta dos processos químicos e físicos que objetivam extrair metais em um processo de beneficiamento de minérios é denominado rejeito e suas características químicas podem variar de acordo com o mineral e as substâncias químicas envolvidas no processo de extração dos metais (ARAUJO, 2008) e são dispostos em barragens de rejeitos. Na FIG 3 observa-se os locais de disposição do estéril e rejeito em uma mineração de grafite. Podem ser ativos (contaminados) ou inertes (não contaminados) (PEREIRA et al. 2004). Em resumo pode-se afirmar que em um processo de mineração são obtidos a pilhas de estéril, o



produto final e as disposição dos rejeitos. O beneficiamento é a etapa do processo de mineração que envolve separações físicas e químicas, buscando à obtenção da substância mineral de interesse (DIAS et al., 1985). Nota-se que as etapas necessárias para a realização das atividades de mineração, via de regra, ocasionam alterações significativas no ambiente, as quais, dependendo de sua importância, podem constituir danos ambientais consideráveis. Em relação às alterações do meio físico, a geotécnica emprega conceitos que estabelecem um maior grau de segurança para este tipo de atividade, devido a atenção especial que ela requer, em virtude dos materiais heterogêneos, das atividades de lavra e rejeitos minerais gerados.



FIGURA 3 – Visão geral da mina de grafite e da disposição dos resíduos gerados na lavra (estéril) e no beneficiamento do minério(rejeito)  
FONTE: Dados da pesquisa 2009

### 2.2.3 Barragens de rejeito

As barragens de rejeito são estruturas construídas com a finalidade de armazenar os rejeitos provenientes dos processos de lavra e beneficiamento de minérios FIG 4. Segundo Chamas, (1989) para se estabelecer um sistema de disposição de rejeitos deve-se primeiramente se basear em critérios que leve em consideração o tipo de rejeito gerado, os contaminantes naturais, a disponibilidade de materiais para construção e as interferências no meio ambiente.

A indústria da mineração, no passado, devido a pequena quantidade de rejeitos gerada e ao desconhecimento de especificações técnicas, lançava esses materiais nos cursos d'água, sem qualquer preocupação ambiental. Mesmo com a adoção de técnicas e controles adequadas, as estruturas atuais de disposição e contenção de rejeitos tendem a gerar impactos no meio ambiente.

Dessa forma, o grande desafio atual das empresas de mineração consiste em minimizar os impactos ao meio ambiente e reduzir os riscos de acidentes através da adoção de projetos mais otimizados. A ocorrência de grandes acidentes relacionados a estruturas de contenção de rejeito, no Brasil e no mundo, tem aumentado as exigências quanto ao controle de segurança dos sistemas de disposição de rejeitos (DIAS et al., 1985). Os impactos que tais ocorrências causam ao meio ambiente são grandes, como por exemplo: modificação do relevo local, degradação e remoção de camadas de solo superficial, supressão e comprometimento de áreas de vegetação, assoreamento das águas e mananciais, indução e aceleração de processos erosivos. Causam também impactos de natureza social, como riscos associados à degradação ou comprometimento de áreas destinadas às habitações e edificações, reduções de vazão de cursos d'água e comprometimento da qualidade das águas destinadas ao abastecimento público. Questões socioeconômicas, inclusive associadas à perda de vidas humanas, tornam-se elementos preponderantes para a consideração da segurança das estruturas de contenção de rejeitos (PEREIRA 2005).



FIGURA 4 – Barragem de rejeitos da concentração mecânica – B4  
FONTE: Dados da pesquisa 2009

### 2.3 A utilização de resíduos na agricultura

O uso de resíduos na agricultura tem sido muito praticado, principalmente para promover a reciclagem dos nutrientes. Dentre estes, são empregados lodo de esgoto, resíduos de indústria sucroalcooleira (vinhaça e torta), composto de lixo urbano, além de outros compostos denominados fertilizantes orgânicos. Nos EUA, a legislação baseia-se na utilização da capacidade de atenuação dos solos, a partir de análise de risco (EPA), sendo uma técnica que tem como objetivo racionalizar a reciclagem do resíduo na agricultura e manter os poluentes nos solos em níveis seguros (PIRES, 2006). Estas práticas são permitidas em vários países do mundo, inclusive Estados Unidos e Europa (BELTRAME & CARVALHO, 2006) e estão baseadas em estudos científicos que indicam a possibilidade de melhoria de condições físicas e químicas do solo, tais como o aporte de matéria orgânica e micronutrientes, melhoria da capacidade de infiltração de água, aumento da estabilidade de agregados. Hoje a prática de utilização de resíduo na agricultura é

viável devido à presença de normas que permitem o controle e o monitoramento ambiental.

Em agosto de 2006 uma resolução CONAMA n° 375 foi criada com a finalidade de definir critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dar outras providências em nível nacional. Atualmente ainda não existe uma legislação para o uso de resíduos de matriz inorgânica na agricultura, que adota teores máximos permitidos, sendo necessário buscar alternativas.

Nota-se que ainda são necessárias muitas pesquisas nessa área para estabelecer uma legislação que possa incluir resíduos industriais predominantemente inorgânicos. Um alerta, neste sentido, também foi discutido por Ribeiro-Filho et al. (1999), que salientam para a maioria dos estudos visando determinar níveis críticos de metais no solo, onde geralmente a contaminação foi realizada via resíduo orgânico e que a forma na qual os metais são adicionados constitui fator determinante do seu comportamento no sistema.

Segundo Glória (1992) o uso dos resíduos no solo deve ser conduzido no sentido de não só eliminar a sua nocividade, mas também tornar atraente o seu uso, quer como fonte de nutrientes para as culturas, ou como condicionador do solo. Nesses casos é possível que o resíduo se torne um sub-produto, por passar a ter valor comercial. A seguir Glória (1992) propõe um fluxograma de procedimentos para uso de resíduos nos solos FIG 5. Sobre a seqüência de operações necessárias ao estudo do resíduo ele ressalta:

A definição sobre a necessidade de pré tratamentos, será baseada na caracterização química, e os efeitos no solo devem ser testados com o resíduo já tratado. A vazão dos resíduos e sua periodicidade, sazonalidade e homogeneidade vão ditar a necessidade de depósitos que tanto poderão servir para um armazenamento, em função do sistema de aplicação a ser adotado e como colaboração para uma maior homogeneidade do resíduo. As taxas de aplicação estão ligadas ao sistema de aplicação a ser empregado e que por sua vez, está relacionado à disponibilidade de área, sua localização em relação ao ponto gerador, topografia e aspectos legais e sociais. Uma vez definidas as

possibilidades do uso, taxa de aplicação, sistema a ser adotado é imprescindível o cálculo econômico do que está sendo proposto, principalmente em comparação com outras alternativas de tratamento. (GLÓRIA 1992)

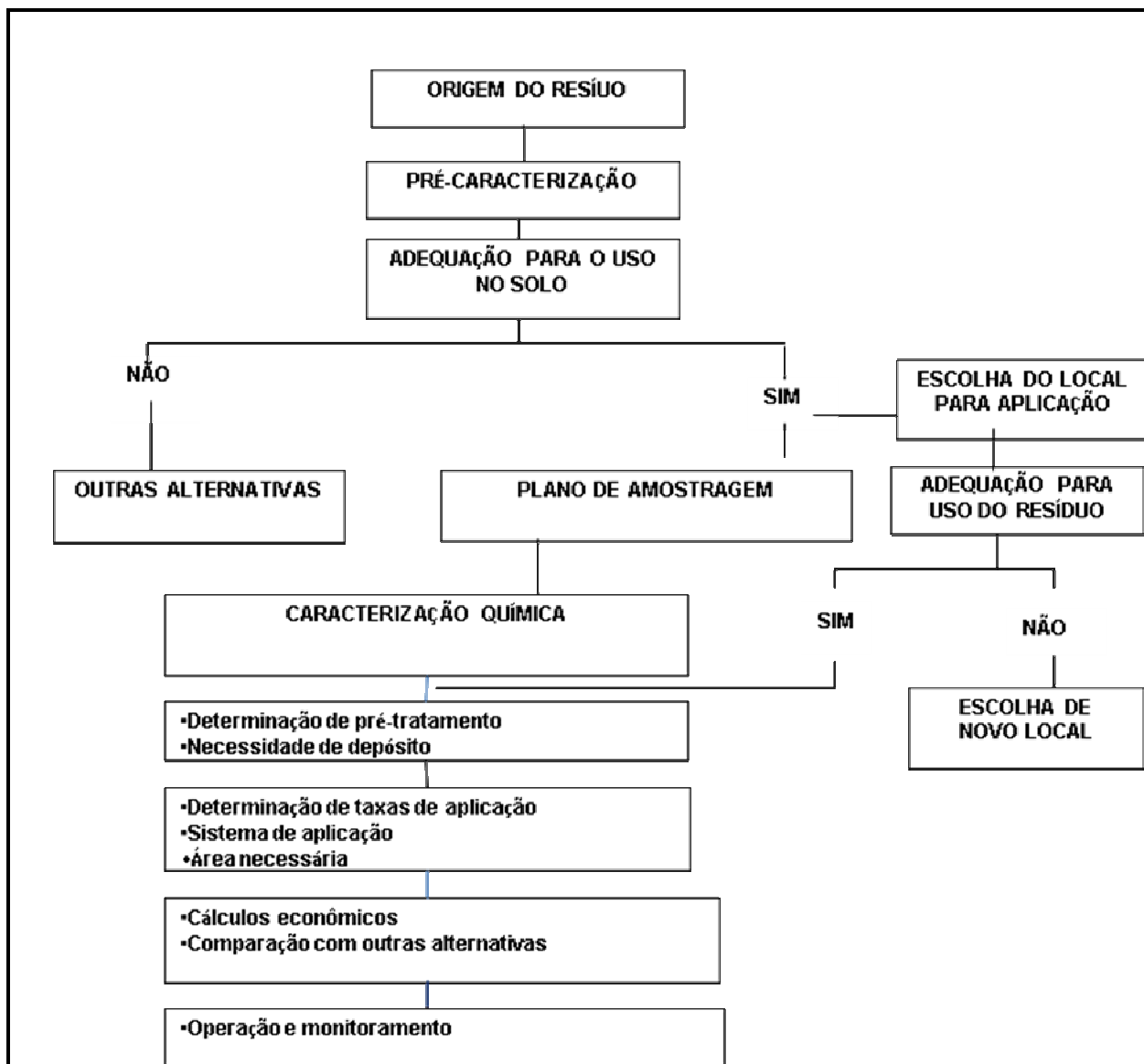


FIGURA 5 - Fluxograma de procedimentos para uso de resíduos nos solos

FONTE: Adaptado de GLÓRIA (1992).

Glória (1992) acrescenta que o uso dos resíduos no solo deve ser conduzido no sentido de não só eliminar a sua nocividade, mas também tornar atraente o seu uso, quer como

fonte de nutrientes para as culturas, ou como condicionador do solo. Nesses casos é possível que o resíduo se torne um sub-produto, devido a passar a ter um valor de comércio. Uma vez decidida a implantação do sistema, passa-se as fases de execução e operacionais, compreendida pelo preparo das áreas de aplicação e do funcionamento do sistema de aplicação. Já a operacionalização não deve compreender apenas o transporte e aplicação, sendo fundamental o acompanhamento do processo, através do monitoramento das condições do solo e das águas subterrâneas e/ou adjacentes ao local(is) de aplicação.

#### **2.4 A Calagem como método de correção da acidez do solo**

Segundo Quaggio (2000), aproximadamente 70% do Brasil é composto por solos ácidos, capazes de reduzir o potencial produtivo das culturas em cerca de 40%. Geralmente, a perda da potencialidade produtiva do solo ocorre devido à baixa disponibilidade de nutrientes no solo e à elevada concentração de alumínio em solução. A presença de alumínio tóxico em níveis elevados provoca menor crescimento e engrossamento das raízes (TAYLOR, 1988). Com isso, o sistema radicular limita-se a explorar uma menor área de solo, o que ocasiona uma menor absorção de nutrientes e água. À medida que o pH do solo diminui aumenta a atividade do alumínio no solo e, conseqüentemente, ocorre potencialização dos efeitos nocivos às culturas. O calcário tem sido o material mais utilizado para a neutralizar o efeito tóxico do alumínio no solo. O processo de recomendação de calagem baseia-se em duas etapas. A primeira refere-se à tomada de decisão da necessidade de aplicação (NOLLA, 1995), ou não, de calcário em determinada área. Para isso, são utilizados índices de acidez (pH, saturação por bases e por alumínio, alumínio trocável), que são estipulados valores referenciais pré-determinados que indicam a necessidade de correção da acidez do solo. A segunda etapa refere-se à dosagem de calcário necessária para restabelecer o potencial produtivo do solo. De maneira geral, o cálculo da dose de calcário necessária é baseada na acidez potencial, tem como objetivo a neutralização da acidez do solo.



## 2.5 Elementos essenciais à composição dos vegetais

A seguir na TAB 3 Malavolta (1980) enumera os elementos essenciais à composição dos vegetais

TABELA 3 - Funções e compostos

Nutriente	Função	Compostos
N	Importante no metabolismo como composto orgânico; estrutural	Aminoácidos e proteínas, amins, amidas, aminoaçúcares, purinas e pirimidinas, alcalóides. Coenzimas, vitaminas, pigmentos
P	Armazenamento e transferência de energia; estrutural	Ésteres de carboidratos, nucleotídeos, e ácidos nucléicos, coenzimas, fosfolipídios.
K	Abertura e fechamento de estômatos, síntese e estabilidade de proteínas, relações osmóticas, síntese de carboidratos	Predomina em forma iônica, compostos desconhecidos.
Ca	Ativação enzimática, parede celular, permeabilidade.	Pectato de cálcio, fitato, carbonato Oxalato
Mg	Ativação enzimática, estabilidade de ribossomos, fotossíntese.	Clorofila
S	Grupo ativo de enzimas e coenzimas.	Cisteína, cistina, metionina e taurina, Glutatione, glicosídeos e sulfolipídios, coenzimas.
B	Transporte de carboidratos Coordenação com fenóis	Borato; Compostos desconhecidos
Cl	Fotossíntese	Cloreto; Compostos desconhecidos
Co	Fixação de N <sub>2</sub>	Vitamina B <sub>12</sub>
Cu	Enzima Fotossíntese	Polifenoloxidase; plastocianina, Azurina, estelacianina; umecianina
Fe	Grupo ativo em enzimas e em transportadores de elétrons	Citrocromos, ferredoxina, catalase, peroxidase, reductase de nitrato, nitrogenase; reductase de sulfito
Mn	Fotossíntese, metabolismo de ácidos orgânicos	Manganina
Mo	Fixação do N <sub>2</sub> , redução do NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Reductase de nitrato; nitrogenase
Zn	Enzimas	Anidrase carbônica, aldolase

FONTE :Malavolta (1980).

Conforme demonstrado por Malavolta (1980) na TAB 3 os vegetais contêm na sua composição elementos essenciais, úteis e tóxicos, que são definidos, da seguinte maneira:

- essenciais: são os elementos nutrientes minerais da planta (carbono, hidrogênio e oxigênio são considerados elementos – nutrientes orgânicos), sem os quais ela não vive;
- úteis: não são essenciais, a planta pode viver sem eles; entretanto, sua presença é capaz de contribuir para o crescimento, produção ou para a resistência a condições desfavoráveis do meio (clima, pragas e doenças, compostos tóxicos do solo ou do ar);
- tóxicos: quando são prejudiciais às plantas e não se enquadram nas classes anteriores.

## **2.6 Metais Pesados no solo e suas influências nas plantas**

Consideram-se metais pesados os elementos químicos pertencentes ao grupo de transição da tabela periódica e que apresentam peso atômico e densidade, altos. Os metais pesados são muito estáveis na natureza, apresentando grande persistência, e são, conseqüentemente, acumulados no solo e, ou, em sistemas biológicos, a partir dos níveis inferiores da cadeia alimentar (BITTELL & MILLER, 1974 e LAGERWERFF, 1977).

Os metais pesados, TAB 4, são provenientes de várias fontes, destacando-se, principalmente, os aerossóis urbano-industriais, os rejeitos líquidos e sólidos de animais, do homem, das minerações, da indústria, da agroindústria e os agrotóxicos (BRAILE & CAVALCANTI, 1979).

A grande preocupação quando se pretende fazer aplicação de resíduos no solo é o seu conteúdo de metais pesados e, suas presenças em níveis excessivos podem inviabilizar a sua aplicação ou exigir pré-tratamentos para sua redução e posterior uso. A preocupação com o nível de metais pesados advém da capacidade de retenção dos mesmos pelo solo, sua movimentação no perfil do solo ,a

possibilidade de atingir o lençol freático e a biodisponibilidade para os diferentes vegetais.

TABELA 4 - Metais Pesados

METAIS	CTC do solo (e.mg/100g)		
	<i>kg/ha</i> <sup>(2)</sup>		
<b>Pb</b>	600	1200	2400
<b>Zn</b>	300	600	1200
<b>Cu</b>	150	300	600
<b>Ni</b>	150	300	300
<b>Cd</b>	6	12	24

FONTE: Adaptada de Fuller e Warrick(1985)

## 2.7 Dendrometria e inventário florestal

### 2.7.1 Dendometria

Dendrometria (Dendro = árvore e metria = medição) palavra de origem grega que representa um ramo da ciência florestal que trata da medição da árvore tanto do ponto de vista individual quanto coletivo conforme definição de Soares *et al.* (2006). A palavra dendrometria é também conhecida como: dasometria, medição florestal, mensuração florestal e silvimetria:

#### 2.7.1.1 Objetivos da aplicação da dendometria

A seguir Soares *et al.* (2006) enumera os objetivos da aplicação da dendometria:

- **objetivos comerciais** - visando estimar com precisão o que se retira das florestas na compra e venda de material.
- **objetivos de ordenamento** - na exploração do produto florestal, deve-se ter em mente o rendimento sustentado, onde o que se retira deve equivaler ao que cresce na mesma área. Para atingir este objetivo deve-se elaborar planos de

ordenamento florestal a longo prazo, e para isso é preciso conhecer o desenvolvimento da floresta, por espécies e locais.

- **objetivos de pesquisa** - para se determinar com precisão o desenvolvimento de uma floresta usa-se técnicas especiais que avançam sem parar em outras condições, o que exige a pesquisa detalhada sobre a sua adaptabilidade ou a busca de novas técnicas de aplicação específica.

#### 2.7.1.2 Tipos de medidas

Os tipos de medida utilizadas na dendometria são definidas a seguir, segundo Soares *et al.* (2006):

- **Medida direta** - refere-se às medidas feitas diretamente sobre a árvore, como o DAP (Diâmetro à altura do peito), a CAP (Circunferência à altura do peito), o comprimento de toras, a espessura de casca, e outras. Estamos nesse caso fazendo uma determinação, que é diferente de estimação que implica em medição indireta ou estimativa.
- **Medida indireta** - são medidas que estão fora do alcance do medidor, muitas vezes feita com auxílio de instrumentos óticos, como a altura da árvore em pé, a área basal e o diâmetro a várias alturas, usando o relascópio de Bitterlich, e outras.
- **Medida estimada** - são medidas baseadas em métodos estatísticos, feitas na árvore ou no povoamento. É bastante usada, pelo fato de ser econômica e de ganhar tempo, pois são feitas em amostras, que estimam o todo, através de curvas, equações e tabelas.

#### 2.7.2 Inventário florestal

De acordo com Husch *et al.*(1993) citado por Soares *et al.* (2006),os inventários florestais "são procedimentos para obter informações sobre quantidades e qualidades dos recursos florestais e de muitas características das áreas sobre as quais as árvores estão crescendo".

### **2.7.2.1 Tipos de inventário florestal**

Soares et al (2006) classificam os inventários segundo os seguintes tipos:

- Inventário pré-corte: realizado antes da exploração com alta intensidade amostral.
- Inventário florestal convencional: realizado para obtenção do estoque de volume de madeira.
- Inventário florestal contínuo: realizado com o objetivo de verificar as mudanças ocorridas em uma floresta, em um determinado período de tempo.
- Inventário para planos de manejo: realizado com alto grau de detalhamento, chegando às estimativas por classe de diâmetro, por espécie.

Inventário de sobrevivência: realizado após o plantio, com o objetivo de verificar o percentual de falhas/sobrevivência das mudas no campo

### **2.7.2.2 Classificação dos inventários florestais quanto à forma**

Os inventários podem ser classificados quanto à forma, conforme descrito por Soares et al (2006):

- Enumeração ou censo: todos os indivíduos são observados e medidos. Nos inventários (completos ou 100%), obtêm-se os verdadeiros valores dos parâmetros da população.
- Amostragem: constituem a maioria dos inventários realizados em todo o mundo. Nesses inventários observa-se parte da população, obtendo estimativas dos seus parâmetros.

### **3 METODOLOGIA**

O presente trabalho se desenvolveu por meio dos seguintes itens:

- Tipo de pesquisa realizada e natureza do estudo
- Objeto de pesquisa, método de coleta dos dados e a interpretação das informações adquiridas.

#### **3.1 Tipo de pesquisa e natureza do estudo**

A pesquisa científica resulta de uma investigação. Seu objetivo é resolver problemas e solucionar dúvidas, utilizando-se procedimentos científicos. Na investigação, estudam-se, observam-se e experimentam-se os fenômenos, destacando-se compreendê-los como resultantes de apreensões superficiais, subjetivas e imediatas (BARROS; LEHFELD, 1990). Para o presente trabalho, foram utilizados os métodos de estudo de caso, pesquisa quantitativa, descritiva, bibliográfica. Segundo Gil (2002) o estudo de caso é caracterizado pela análise exaustiva de um ou de mais objetos, de modo a permitir o conhecimento mediante os outros delineamentos considerados. E ainda, a aplicação do “estudo de caso têm como vantagens o estímulo a novas descobertas, a ênfase na totalidade e a simplicidade dos procedimentos” (RAUEN, 1999,).

Richardson (1999) afirma que, conforme o próprio nome indica, o método quantitativo caracteriza-se pelo emprego da quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas, desde as mais simples como percentual, média, desvio-padrão, às mais complexas, como coeficiente de correlação, análise de regressão etc.

Para Gil (1986), as Pesquisas Descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, ainda, o estabelecimento de relações entre as variáveis. A Pesquisa Descritiva aborda quatro aspectos: descrição, registro, análise e interpretação de fenômenos atuais, objetivando o seu funcionamento no presente, segundo Lakatos e Marconi (1986).

Gil (1991) define Pesquisa Bibliográfica como sendo a pesquisa elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet.

## **3.2 Objeto de pesquisa**

O estudo foi realizado em uma empresa de mineração de grafite natural cristalino. O objeto de pesquisa foi o resíduo gerado no sistema de neutralização de efluente ácido, oriundo do processo de concentração química da empresa. Tal resíduo é classificado como resíduo industrial e pertencente à classe II-B (resíduos inertes).

### **3.2.1 Origem do resíduo estudado**

A empresa de mineração geradora do resíduo estudado lava e beneficia minério de grafita em três unidades industriais, localizadas nas cidades de Salto da Divisa, Pedra Azul e Itapeçerica, todas nos estado de Minas Gerais e sua produção é comercializada no Brasil e em vários países no mundo. Em sua unidade localizada em Itapeçerica MG, a empresa produz grafite para aplicação em vários seguimentos de indústria, sendo o principal deles o de baterias alcalinas, que requer alto grau de pureza do grafite produzido, tendo em sua especificação elementos contaminantes controlados em ppm. Para a obtenção do produto que obedeça tal especificação é necessário que o grafite obtido no processo de concentração mecânica, representado pelo fluxograma na FIG 6, reaja com ácido sulfúrico para solubilizar suas impurezas, para que posteriormente essas impurezas sejam removidas através de lixívia com água, em um processo de concentração química, representado pelo fluxograma na FIG 7.

## FLUXOGRAMA DA CONCENTRAÇÃO MECÂNICA

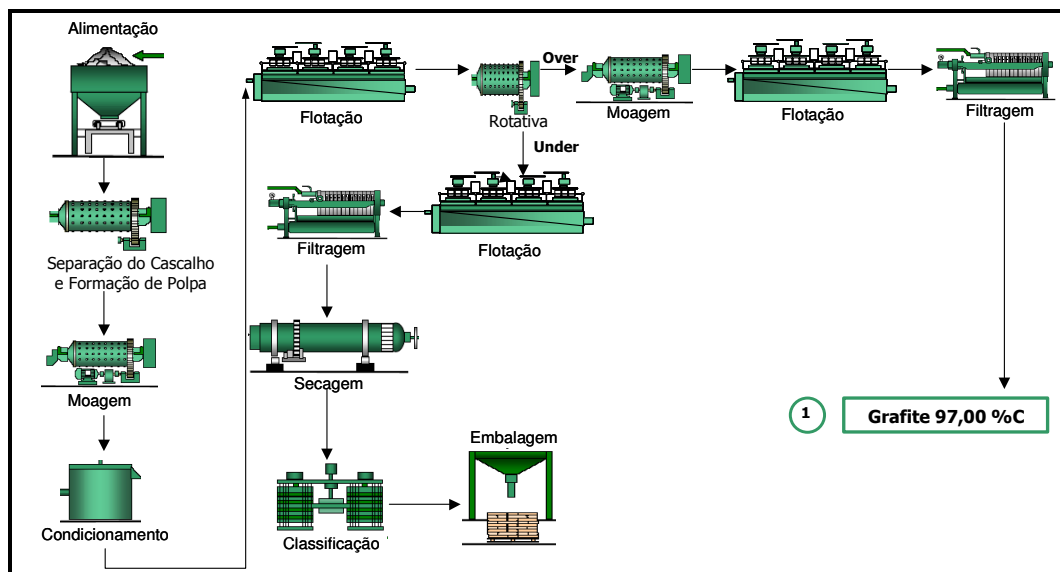


FIGURA 6 – Fluxograma da concentração mecânica – Ita

## FLUXOGRAMA DA CONCENTRAÇÃO QUÍMICA

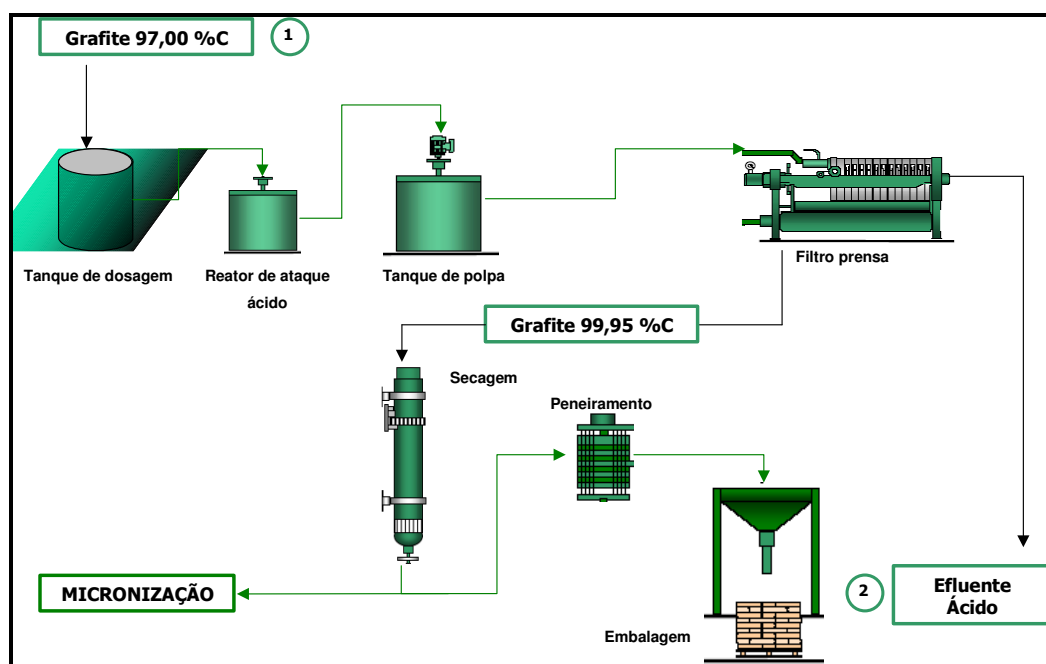
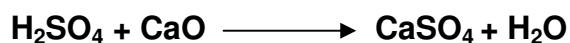


FIGURA 7 – Fluxograma da concentração química



Deste processo é gerado um efluente ácido, que é neutralizado com cal em uma estação de tratamento de efluente químico FIG.8, conforme representado no fluxograma do sistema de tratamento de efluentes FIG 9, resultando a formação de gesso, demonstrado na reação a seguir:



Ácido sulfúrico + Cal

Gesso + Água

**FLUXOGRAMA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE QUÍMICO (ETQ)**

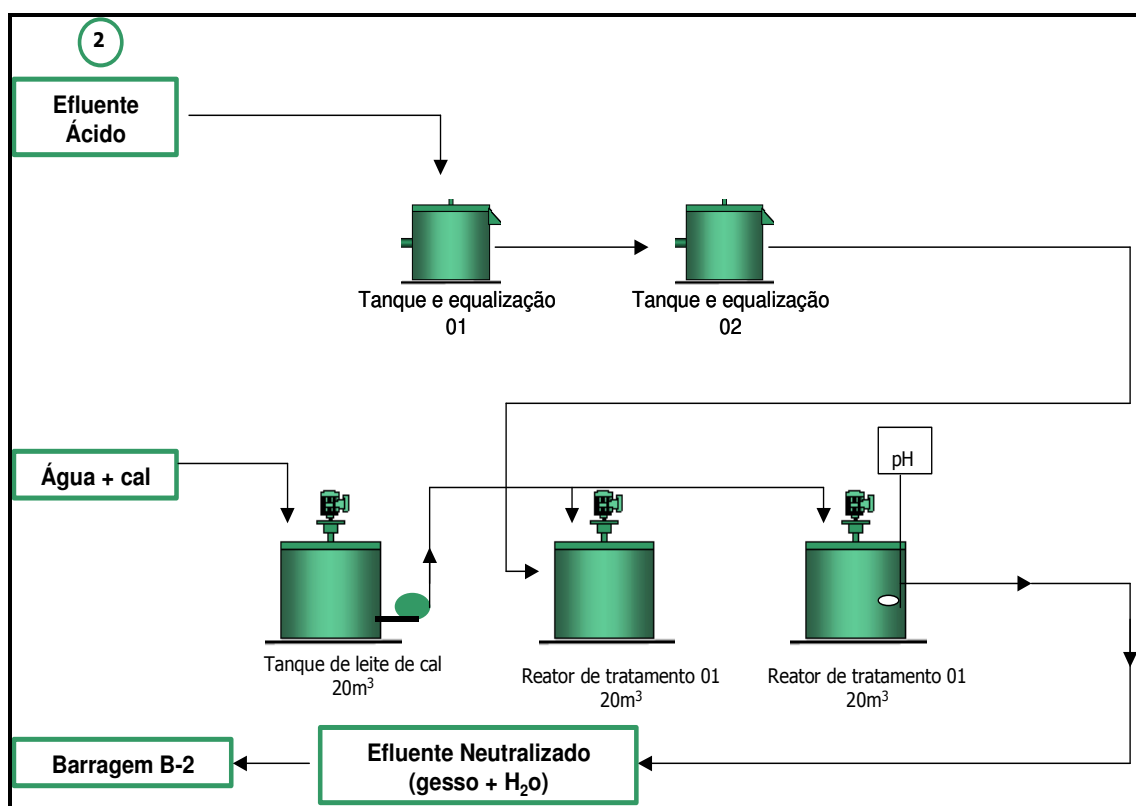


FIGURA 8 - Fluxograma do sistema de tratamento de efluentes

No processo de neutralização são utilizadas mensalmente 100,00 toneladas de cal virgem, formando uma polpa a 0,75% de sólidos. Esta polpa é lançada na barragem de rejeitos B2 FIG. 10, que está em fase final de sua capacidade de armazenamento. O resultado dessa neutralização é a geração de 243,00 toneladas mensais de gesso em base seca.



FIGURA 9 – Estação de Tratamento de Efluente Químico (ETEQ)

FONTE: Dados da pesquisa 2009



FIGURA 10 – Barragem de armazenagem dos resíduos – B2  
FONTE: Dados da pesquisa 2009

### 3.3 Coleta dos dados

Utilizando-se do fluxograma de procedimentos para uso de resíduos nos solos, proposto por Glória (1992), o trabalho se desenvolveu em duas etapas distintas. Primeiramente, o resíduo em estudo, pertencente à classe II-B (resíduos inertes), foi amostrado na praia da barragem da empresa mineradora, para análise em um laboratório especializado. O objetivo dessa análise foi de caracterizá-lo, de maneira a conhecer seu potencial em fornecer nutrientes para as plantas, fazendo-se também a previsão de possíveis problemas ambientais, advindos de seu uso. Posteriormente, foi realizado um experimento através do plantio de mudas de eucalipto, na área de reflorestamento da empresa, utilizando-se o calcário comum, gesso comercial e o resíduo como corretivos do solo, onde foram plantadas as mudas, comparando-se o crescimento ente elas, tratadas com cada um dos referidos insumos, afim de se avaliar o potencial do resíduo como corretivo agrícola.

### 3.4 Amostragem do resíduo

A amostragem do resíduo na barragem da empresa foi feita coletando-se amostras de aproximadamente 1 kg cada, aleatoriamente, em vários pontos e profundidades da praia formada pelo resíduo sedimentado no depósito. O material coletado foi homogeneizado e quarteado sucessivamente, até se obter quatro amostras individuais consideradas representativas do resíduo depositado. Essas amostras, depois de secas foram embaladas e remetidas para o laboratório de análises de solo especializado, onde foram analisados os elementos listados na TAB 5.

TABELA 5 - Elementos analisados

<b>Nutrientes</b>	<b>Metais Pesados</b>
Nitrogênio	Ferro
Fósforo	Cobre
Potássio	Zinco
Cálcio	Manganês
Magnésio	Cromo
Enxofre	Níquel
	Cádmio e Chumbo

FONTE: Dados da pesquisa 2009

### 3.5 Experimento - Plantio de eucalipto

A empresa utiliza eucalipto como combustível das caldeiras para secagem da produção de concentrado de grafite e conta com 1.310,00 ha de área de reflorestamento, para plantio do eucalipto utilizado nesse processo, em suas três unidades de produção FIG 11.





FIGURA 11 - Área de reflorestamento da empresa

FONTE: Dados da pesquisa 2009

O experimento se deu através do plantio de mudas de eucalipto na área de reflorestamento da empresa FIG 12, onde foram utilizados como corretivo do solo, gesso comercial, calcário e o resíduo estudado, a fim de se comparar o desenvolvimento das plantas tratadas com cada um dos diferentes corretivos, durante um período de 180 dias



FIGURA 12 – Plantio das mudas de eucalipto  
FONTE: Dados da pesquisa 2009

A área utilizada para esse experimento foi de 600 m<sup>2</sup>, suficiente para o plantio de 90 mudas, sendo 30 mudas para cada um dos corretivos utilizados. As atividades de pré-plantio constaram de:

- Amostragem do solo para cálculos de adubação e correção
- Marcação das linhas de plantio em nível. FIG 13





FIGURA 13 - Preparo do solo para o plantio

FONTE: Dados da pesquisa 2009

- Capina somente da área da linha de plantio, com roçada manual (foice) do restante da área.
- Abertura manual das covas nas dimensões 40x40x40cm, no espaçamento 3x2 metros
- Adubação FIG 14



FIGURA 14 - Adubação

FONTE: Dados da pesquisa 2009

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultados das análises laboratoriais do resíduo amostrado na barragem B2.

A seguir foram apresentados os resultados das análises do resíduo, realizadas no laboratório de solos contratado e a comparação desses resultados com alguns fertilizantes e corretivos mais utilizados no Estado de Minas Gerais, tanto para metais pesados quanto para nutrientes.

### 4.2 Análise de metais pesados

A TAB 6 apresenta os resultados para teores de metais pesados das amostras analisadas pelo laboratório especializado.

TABELA 6 – Resultado para teores de metais pesados

Manganês	Níquel	Cádmio	Chumbo	Zinco	Cobre	Ferro	Cromo
$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$							
nd	22.33	nd <sup>(2)</sup>	nd <sup>(2)</sup>	nd <sup>(2)</sup>	nd <sup>(2)</sup>	nd <sup>(2)</sup>	nd <sup>(2)</sup>

FONTE: Dados da pesquisa 2009

Observa-se que o único metal pesado detectado no resíduo foi o níquel na quantidade de 22,33  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

A TAB 7 apresenta os teores de metais pesados em alguns corretivos de solo mais utilizados no estado de Minas Gerais AMARAL SOBRINHO (1992) Pode-se observar que quatro produtos [Fórmula (NPK + Zn) 2-28-8 +0,5%, Termofosfato Yoorin, Apatita-de-Araxá e Superfosfato triplo + Cu], apresentaram valores acima (30,3; 3.300; 117,7 e 24,6  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ; respectivamente), ou seja, valores superiores ao encontrado no resíduo estudado.



TABELA 7 – Teores de metais pesados em fertilizantes de Minas Gerais

Produto	Manganês	Níquel	Cádmio	Chumbo	Zinco	Cobre	Ferro	Cromo
	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$							
Calcário Unai (MG)	91	16,4	3,2	23,3	12,5	4,8	4.085	0,4
Calcário Arcos (MG)	53	8	2,4	27,3	78,1	2,6	981	0,3
Calcário Itaipava (RJ)	46	11,5	3	26,2	15,2	4,3	614	0,3
Calcário Pote (MG)	149	19	2,6	23,3	35,7	11	4.599	0,3
Calcário Coromandel (MG)	188	17,1	3,1	27,9	12,5	4,8	3.965	0,6
Calcário Bocaiúva (MG)	201	12,3	3,4	27,2	39,9	2,6	452	0,1
Calcário Formiga (MG)	221	10,7	2,3	25,3	17	2,5	376	0,3
Corretivo resíduo Paracatu (MG)	2.867	11,4	51,9	2.817,00	10.220,00	121,7	31610	0,6
Fórmula (NPK + Zn) 0-30-15 +0,2%	306	20,6	5,4	55,4	1220	32,6	6.61	0,4
Fórmula (NPK + Zn) 0-20-20 +0,4%	176	13,8	2,7	37,7	3.115,00	33,6	3.545	0,6
Fórmula (NPK + Zn) 2-28-8 +0,5%	792	30,3	14,6	275	5.385,00	72,9	9.225	1,6
Termofosfato Yoorin	2.22	3.300,00	3,1	65,3	374,5	44,1	38.41	9,7
Apatita-de-Araxá	3.915	117,7	6,7	36,1	740,5	72,1	29.59	1,9
Superfosfato triplo + Cu	300	24,6	4,4	17,9	810	4.265,00	6.565	0,9
Resíduo NGL – Gesso <sup>(1)</sup>	Nd	22,33	nd <sup>(2)</sup>	nd <sup>(2)</sup>	nd <sup>(2)</sup>	nd <sup>(2)</sup>	nd <sup>(2)</sup>	nd <sup>(2)</sup>

FONTE: AMARAL SOBRINHO, *et al.*, 1992.

A TAB 8 apresenta as faixas de concentração típicas de metais pesados em fertilizantes fosfatados, calcários e rochas fosfatadas, de várias partes do mundo, também, comparando-os com os teores encontrados no resíduo.

TABELA 8 -. Faixas de concentrações típicas de metais pesados em fertilizantes fosfatados, calcários e rochas fosfatadas

Produto	Ni	Cd	Pb	Zn	Cu
	g.g <sup>-1</sup> μ				
Rochas Fosfatadas da Flórida EUA <sup>(2)</sup>	39	6,8	15	94	14
Rochas Fosfatadas de Kola URSS <sup>(2)</sup>	2	1	2,4	94	14
Rochas Fosfatadas do Marrocos <sup>(2)d</sup>	69	11	3,2	222	39
Rochas Fosfatadas de Israel <sup>(3)</sup>	...	23	...	...	...
Rochas Fosfatadas do Togo <sup>(3)</sup>	...	65	...	...	...
Rochas Fosfatadas do Senegal <sup>(3)</sup>	...	75	...	...	...
Rochas Fosfatadas da Tunísia <sup>(3)</sup>	...	30	...	...	...
Rochas Fosfatadas da África do Sul <sup>(3)</sup>	...	3	...	...	...
<b>Resíduo estudado - Gesso <sup>(1)</sup></b>	<b>22,33</b>	<b>nd<sup>(2)</sup></b>	<b>nd<sup>(2)</sup></b>	<b>nd<sup>(2)</sup></b>	<b>nd<sup>(2)</sup></b>

FONTE: <sup>(2)</sup>FORSTNER & WITTMANN (1981); <sup>(3)</sup>SAUERBECK (1984).

Para o níquel, verifica-se que o valor encontrado está rigorosamente dentro da faixa de variação encontrada para materiais utilizados no mundo todo, somente as Rochas Fosfatadas de Kola URSS apresentam valores menores.

A seguir apresenta-se, no TAB 8, a quantidade de níquel que é incorporada, por hectare de solo, pela aplicação de alguns fertilizantes e corretivos comumente utilizados no Estado de Minas Gerais, comparativamente ao resíduo estudado.

Observações:

1. Os valores apresentados para os produtos "Calcário de Arcos, Apatita de Araxá, Termofosfato Yoorin e NPK + Zn 2-28-8 + 0,5%" foram compilados de AMARAL SOBRINHO *et al.* 1992 enquanto que os valores para o resíduo em estudo são resultados de análises realizadas no presente trabalho pelo laboratório de solos contratado.

2. <sup>(1)</sup> Os números entre parêntesis significam incremento no solo em ppm, considerando a densidade aparente de 1,0 g.cm<sup>-3</sup>, valor comumente encontrado para os horizontes superficiais dos Latossolos do Estado de Minas Gerais;
3. As quantidades aqui utilizadas, bem como a metodologia de utilização, são as comumente adotadas pelos agricultores de Minas Gerais.
4. (\*)Análise realizada pelo laboratório de solos contratado

A TAB 9 mostra que, comparativamente a alguns produtos comercializados na agricultura em Minas Gerais, o resíduo estudado , incorporará menor quantidade de níquel, no solo que alguns materiais considerados de uso comum pelos agricultores mineiros.

TABELA 9 - Quantidade de níquel incorporada por hectare de solo

Elemento	Unidade	Produto				
		Calcário de Arcos	Apatita de Araxá	Termofosfato Yoorin	NPK + Zn (2-28-8 + 0,5%)	Resíduo Estudado(*)
Ni	g ha <sup>-1</sup>	36(0,018)	11,8(0,12)	1320(1,32)	11(0,22)	22,23(0,011)

FONTE AMARAL SOBRINHO (1990)

(\*) Resultado de análise do laboratório contratado

A seguir a TAB 10 apresenta o número de aplicações do resíduo que seria necessário para se atingir o valor crítico para o elemento Ni, considerando-se uma aplicação de 1t ha<sup>-1</sup> incorporadas até 20 cm de profundidade.

TABELA 10 – Aplicações necessárias para se atingir o valor crítico

Valores para o nível crítico metal níquel ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )		Número de aplicações necessárias para se atingir o valor crítico mínimo para o Ni	Anos necessários para se atingir o nível crítico mínimo para o Ni
Mínimo <sup>(1)</sup>	Máximo <sup>(2)</sup>		
50	100	4.545,00	18.180,00

Observações:

- (1) Concentrações típicas de níquel em solos agricultáveis. Adaptado de ALLOWAY, 1990;
- (2) Nível crítico refere-se à faixa da concentração (total), acima da qual a toxicidade é considerada possível. Dados de KABATA-PENDIAS & PENDIAS (1984) para o Ni;

Nota-se que o resíduo estudado, se aplicado ao solo na dosagem de 1t ha<sup>-1</sup>, necessitaria de 4.545 reaplicações para atingir o nível crítico mínimo para o Ni, isto admitindo-se zero a absorção pelas plantas. Considerando-se que a reaplicação de corretivos é feita em média a cada quatro anos, seriam necessários então 18.180 anos para atingir o nível crítico mínimo para Ni utilizando-se o resíduo como corretivo. Conclui-se então que o teor de níquel encontrado no resíduo é insignificante.

#### 4.3 Resultado das análises para macronutrientes presentes no resíduo.

A TAB 11 apresenta os macronutrientes presentes no resíduo segundo resultado das análises realizadas pelo laboratório contratado.

TABELA 11 - Comparativo dos macronutrientes do resíduo estudado e gesso comercial

	N	P	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	S
	dag/kg <sup>(1)</sup>					
Resíduo estudado – Gesso <sup>(1)</sup>	0,0	0,0108	0,07	24,232	0,272	6,167
Gesso comercial <sup>(2)</sup>	NA <sup>(3)</sup>	0,3056	NA	20	0,12	14

<sup>(1)</sup> dag/kg = %

<sup>(2)</sup> Fonte: CFSEMG, 1999(Fosfogesso)

<sup>(3)</sup> +NA: não apresentado

Comparando-se os resultados acima, observa-se que o resíduo, uma mistura de gesso e cal hidratada, é bastante semelhante ao gesso comercial (fosfogesso) apresentado e discutido pela Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais e que, assim, pode ser utilizado agricolamente. Deve-se ressaltar que a legislação brasileira não estabelece padrões de referência para gesso agrícola. Pode-se observar que o resíduo é mais rico em magnésio que o fosfogesso. Esta característica que lhe dá melhor qualidade como fertilizante.

#### 4.4 Resultado do experimento de campo – medição das árvores

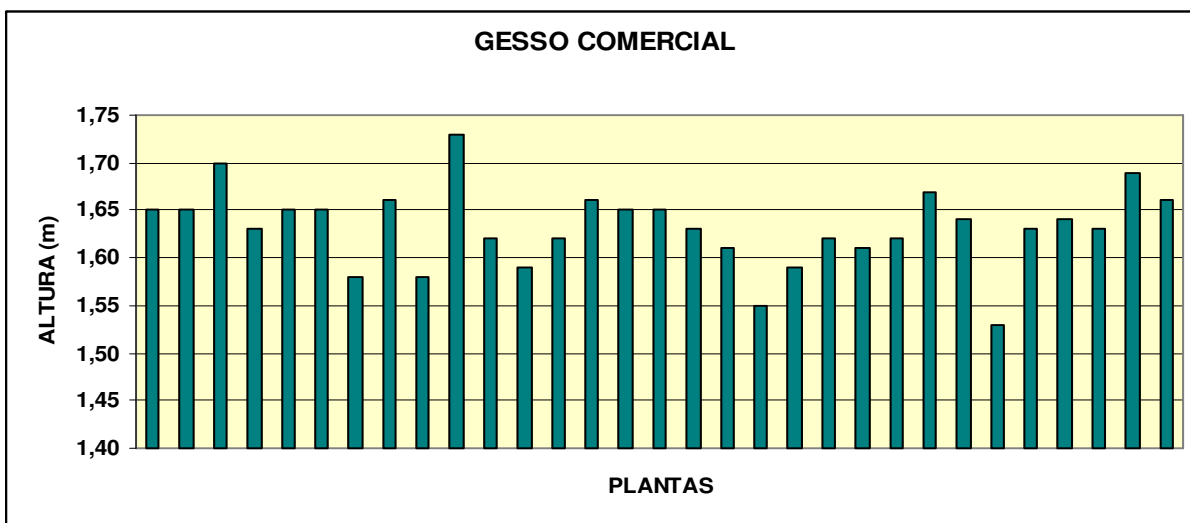
A seguir foram apresentados os resultados do experimento de campo, por meio das medições das mudas de eucalipto, após seis meses de vida. Paralelamente ao experimento foram realizadas as mesmas medidas em plantas de cultivo regular da empresa, que foram estabelecidas no campo seguindo metodologia tradicional que ela adota. As medições foram baseadas nos princípios da dandometria, para os parâmetros altura, diâmetro do tronco e diâmetro à altura do peito (DAP) e foram tabeladas e apresentadas em gráficos para melhor visualização e entendimento. Os dados foram coletados segundo inventário florestal de sobrevivência e suas coletas segundo o método de enumeração ou censo, por se tratar de uma população com pequeno número de indivíduos (SOARES, 2006).

TABELA 12 - Medições das altura das plantas

	<b>GESSO COMERCIAL</b>	<b>CALCÁRIO</b>	<b>RESÍDUO</b>	<b>PLANTIO REGULAR</b>
	1,65	1,64	1,62	1,75
	1,65	1,60	1,73	1,62
	1,70	1,70	1,65	1,74
	1,63	1,62	1,60	1,66
	1,65	1,58	1,72	1,65
	1,65	1,64	1,56	1,74
	1,58	1,70	1,66	1,60
	1,66	1,65	1,62	1,70
	1,58	1,55	1,60	1,65
	1,73	1,71	1,73	1,70
	1,62	1,55	1,60	1,70
	1,59	1,58	1,64	1,54
	1,62	1,54	1,63	1,68
	1,66	1,72	1,59	1,66
	1,65	1,61	1,60	1,75
	1,65	1,58	1,70	1,56
	1,63	1,65	1,61	1,63
	1,61	1,53	1,71	1,59
	1,55	1,50	1,59	1,55
	1,59	1,55	1,56	1,66
	1,62	1,52	1,60	1,74
	1,61	1,59	1,59	1,65
	1,62	1,60	1,65	1,60
	1,67	1,63	1,70	1,68
	1,64	1,54	1,71	1,68
	1,53	1,50	1,54	1,56
	1,63	1,59	1,62	1,68
	1,64	1,63	1,60	1,70
	1,63	1,65	1,58	1,65
	1,69	1,68	1,65	1,73
	1,66	1,60	1,73	1,66
<b>MÉDIA</b>	1,647	1,656	1,655	1,666
<b>DESVIO PADRÃO</b>	0,031	0,031	0,029	0,032

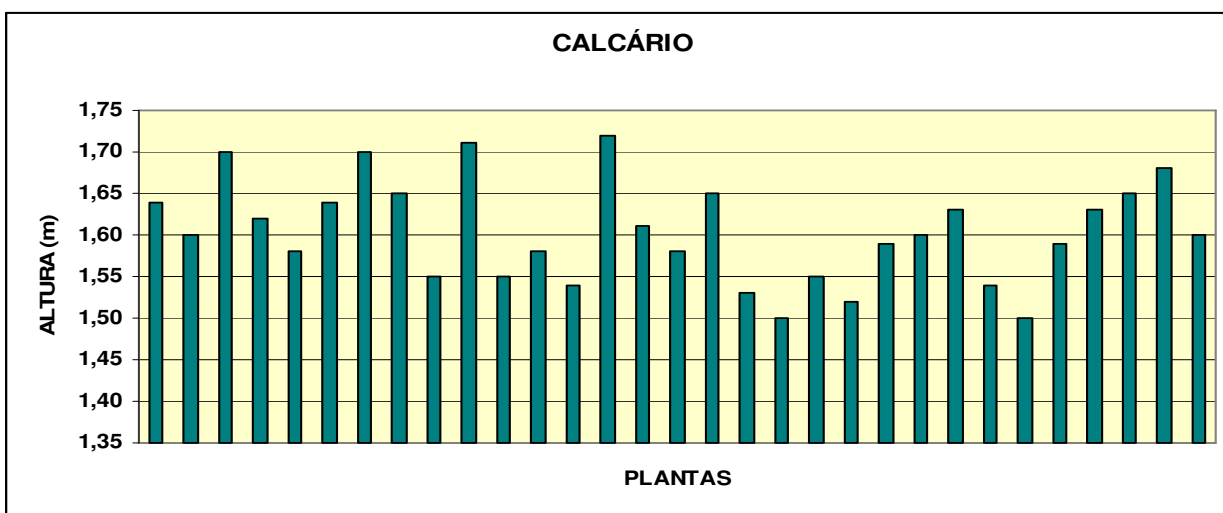
FONTE: Dados da pesquisa 2009

GRÁFICO 1 – Medições de altura das plantas tratadas com gesso comercial



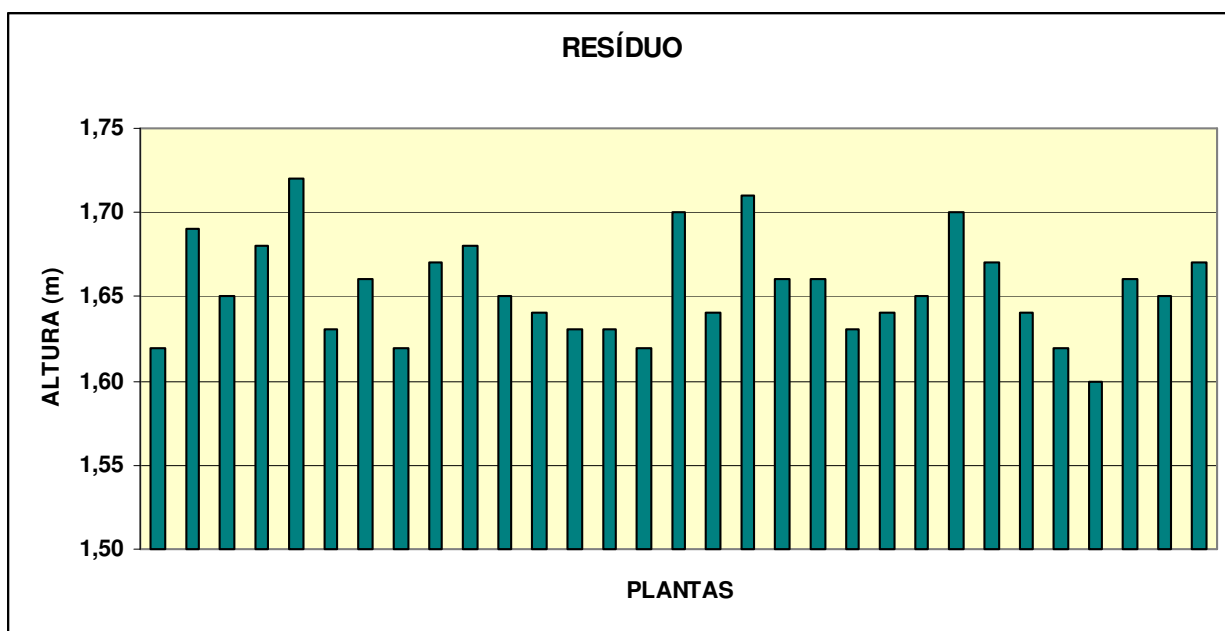
FONTE: Dados da pesquisa 2009

GRÁFICO 2 – Medições de altura das plantas tratadas com calcário



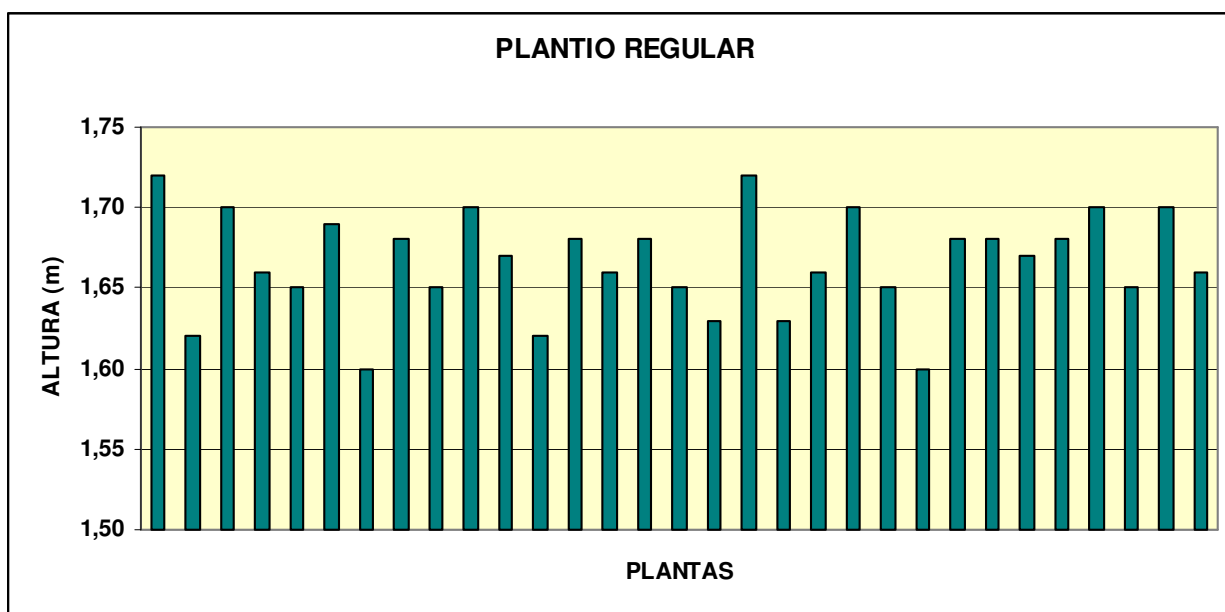
FONTE: Dados da pesquisa 2009

GRÁFICO 3 – Medições de altura das plantas tratadas com o resíduo



FONTE: Dados da pesquisa 2009

GRÁFICO 4 – Medições de altura das plantas do plantio regular



FONTE: Dados da pesquisa 2009

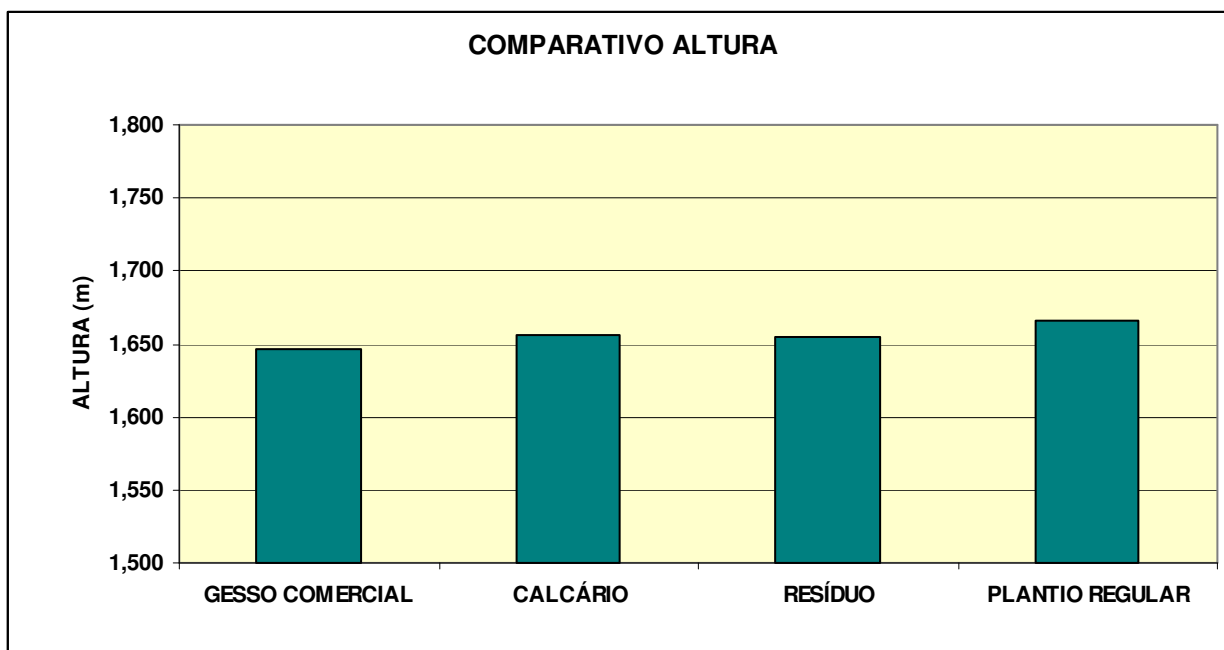


TABELA 13 - Comparativo entre as alturas médias das plantas

MATERIAL	Gesso	Calcário	Resíduo Estudado	Plantio Regular
ALTURA (m)	1,647	1,656	1,655	1,666

FONTE: Dados da pesquisa 2009

GRÁFICO 5 – Comparativo entre as alturas médias das plantas



FONTE: Dados da pesquisa 2009

Conforme demonstrado pelos gráficos acima não houve diferença significativa entre às alturas das plantas. .As plantas do plantio regular tiveram uma ligeira vantagem em relação às plantas do experimento.

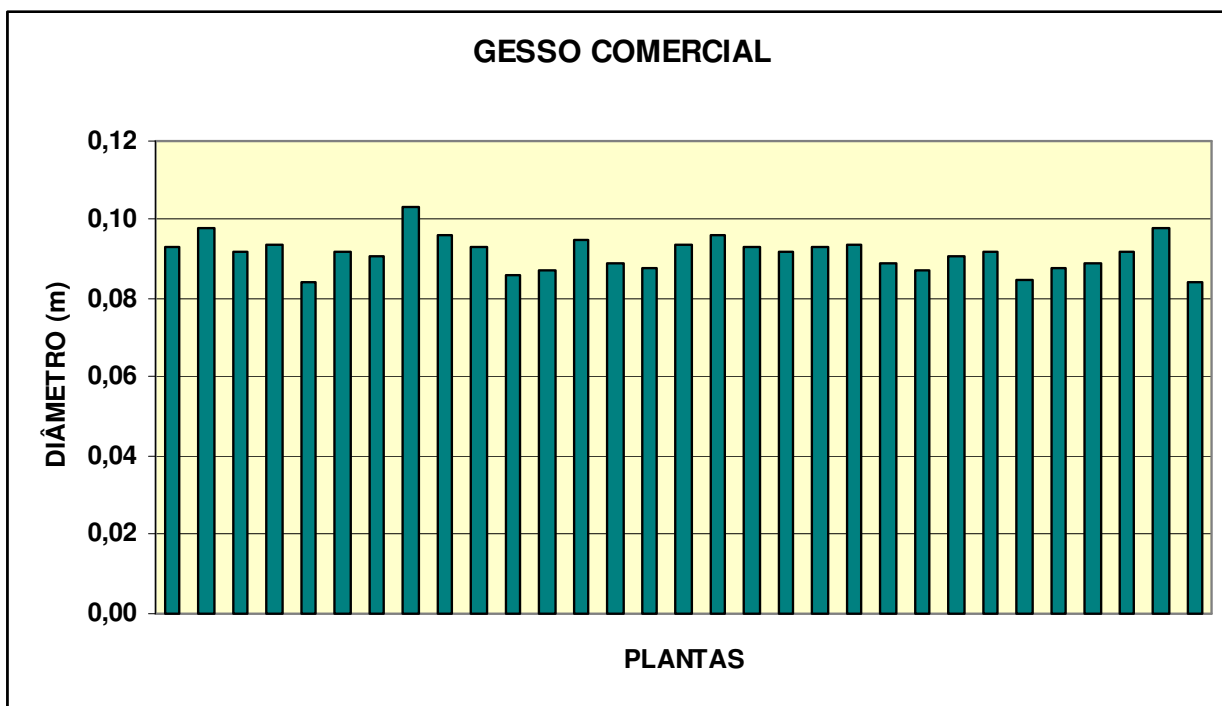
A seguir foram apresentadas as medições dos diâmetros dos troncos das plantas .

TABELA 14- Medições dos diâmetros dos troncos

	<b>GESSO COMERCIAL</b>	<b>CALCÁRIO</b>	<b>RESÍDUO</b>	<b>PLANTIO REGULAR</b>
	0,093	0,082	0,092	0,104
	0,098	0,104	0,087	0,102
	0,092	0,103	0,088	0,085
	0,094	0,094	0,094	0,094
	0,084	0,082	0,085	0,085
	0,092	0,085	0,097	0,093
	0,091	0,091	0,091	0,091
	0,103	0,103	0,103	0,103
	0,096	0,100	0,094	0,094
	0,093	0,093	0,082	0,104
	0,086	0,088	0,085	0,085
	0,087	0,094	0,084	0,084
	0,095	0,100	0,094	0,092
	0,089	0,097	0,082	0,087
	0,088	0,091	0,085	0,088
	0,094	0,103	0,084	0,094
	0,096	0,094	0,092	0,101
	0,093	0,094	0,087	0,097
	0,092	0,104	0,082	0,091
	0,093	0,085	0,091	0,103
	0,094	0,084	0,103	0,094
	0,089	0,092	0,094	0,082
	0,087	0,087	0,082	0,091
	0,091	0,084	0,085	0,103
	0,092	0,094	0,088	0,094
	0,085	0,082	0,092	0,082
	0,088	0,085	0,094	0,085
	0,089	0,084	0,082	0,102
	0,092	0,092	0,091	0,092
	0,098	0,105	0,103	0,087
	0,084	0,082	0,082	0,088
<b>MÉDIA</b>	0,0915	0,0922	0,0895	0,0928
<b>DSEVIO PADRÃO</b>	0,0044	0,0077	0,0064	0,0071

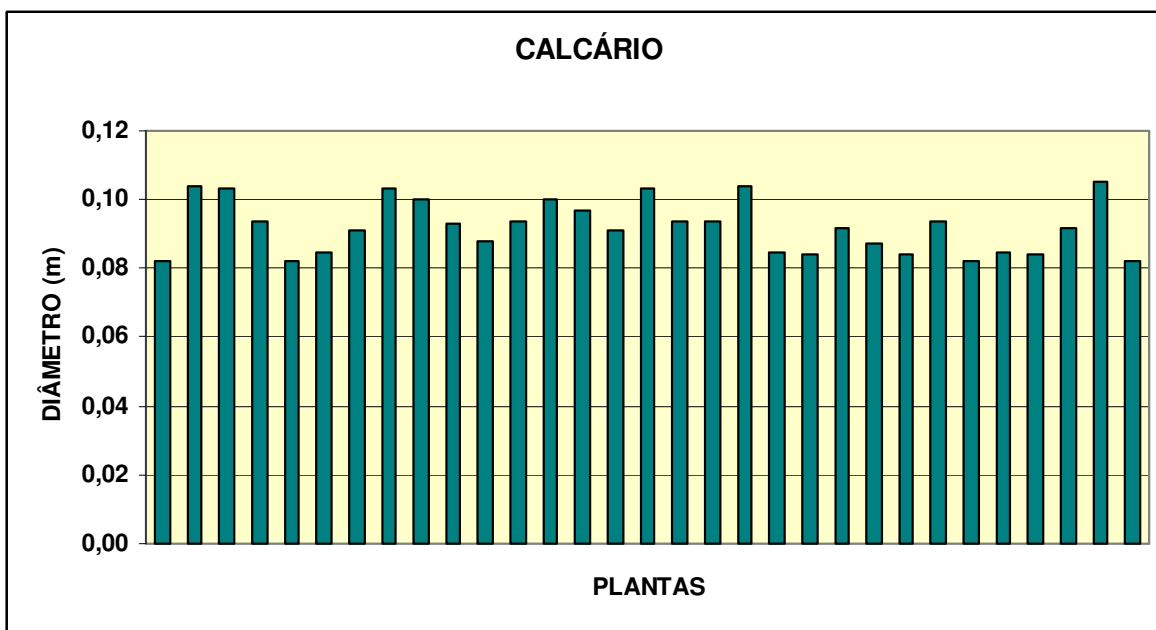
FONTE: Dados da pesquisa 2009

GRÁFICO 6 – Medições do diâmetro do tronco das plantas tratadas com gesso comercial



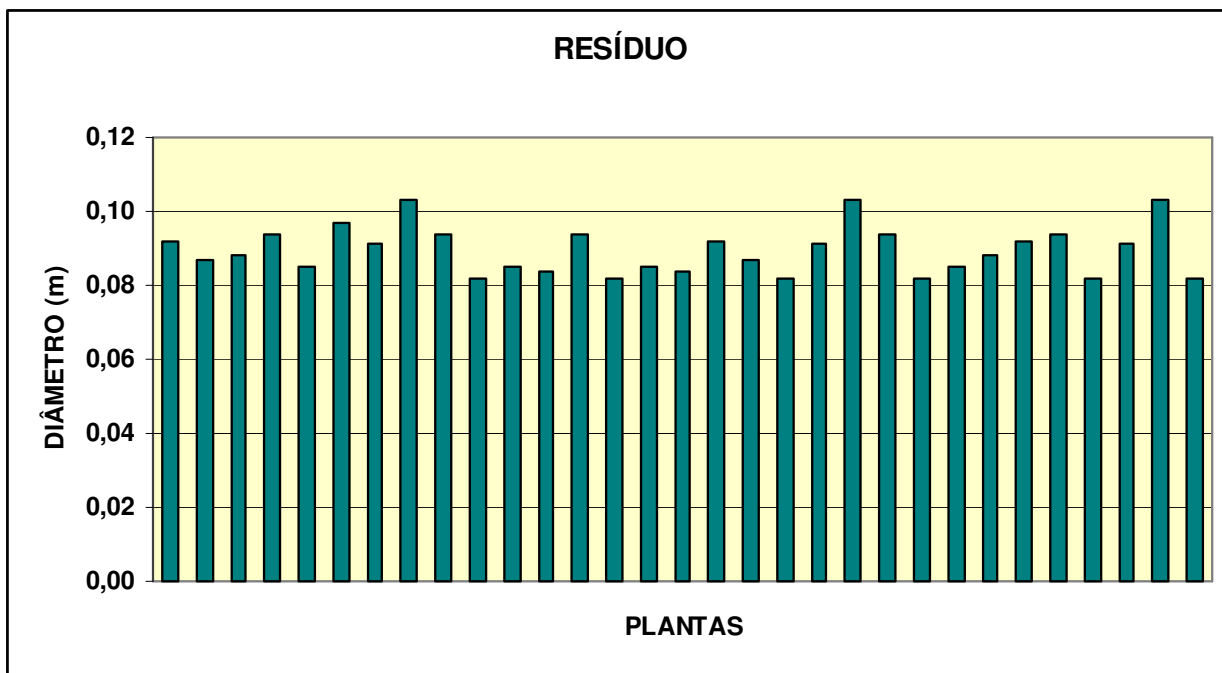
FONTE: Dados da pesquisa 2009

GRÁFICO 7 – Medições do diâmetro do tronco das plantas tratadas com calcário



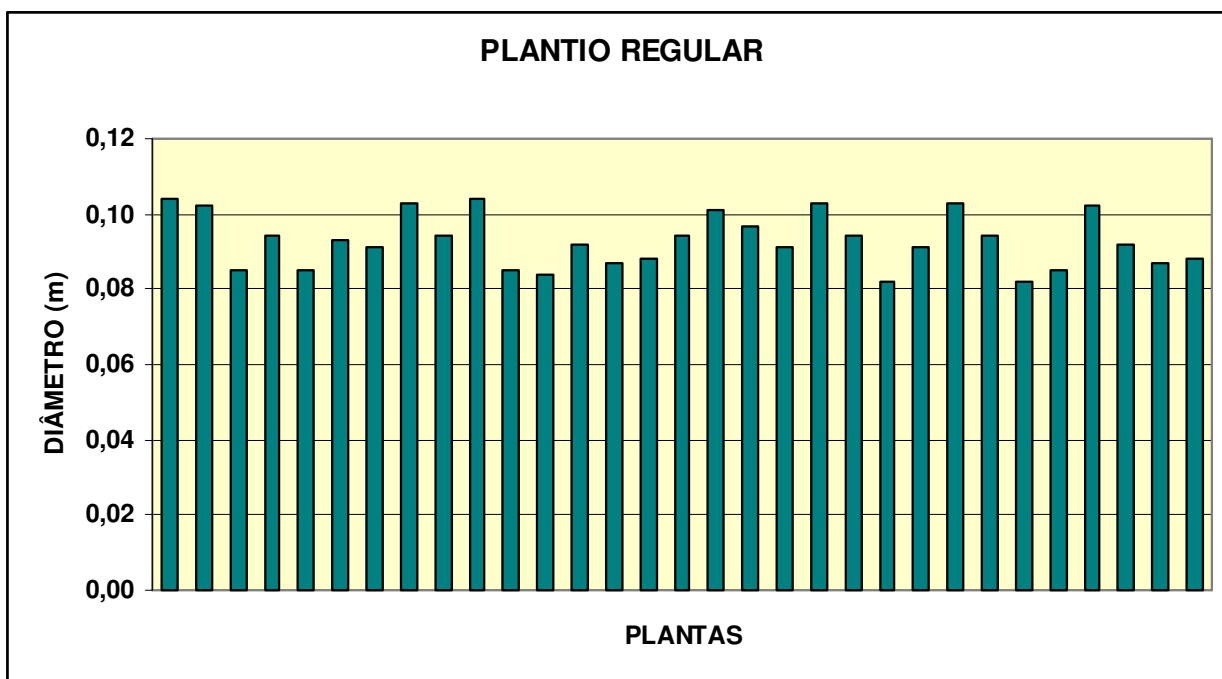
FONTE: Dados da pesquisa 2009

GRÁFICO 8 – Medições do diâmetro do tronco das plantas tratadas com o resíduo



FONTE: Dados da pesquisa 2009

GRÁFICO 9– Medições do diâmetro do tronco das plantas do plantio regular



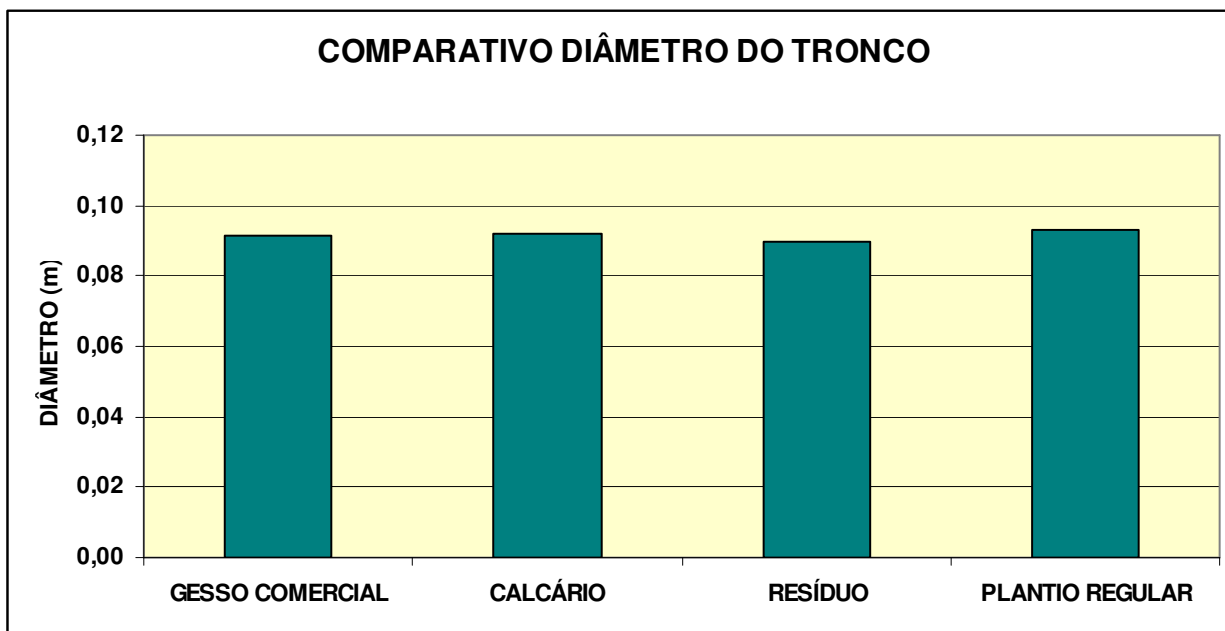
FONTE: Dados da pesquisa 2009

TABELA 15 - Diâmetro do tronco

MATERIAL	Gesso	Calcário	Resíduo Estudado	Plantio Regular
DIÂMETRO (m)	0,0915	0,0922	0,0895	0,0928

FONTE: Dados da pesquisa 2009

GRÁFICO 10 – Comparativo entre os diâmetros médios dos troncos das plantas



FONTE: Dados da pesquisa 2009

Observa-se também que os diâmetros dos troncos das plantas estudadas quase não apresentaram diferenças em suas medições.

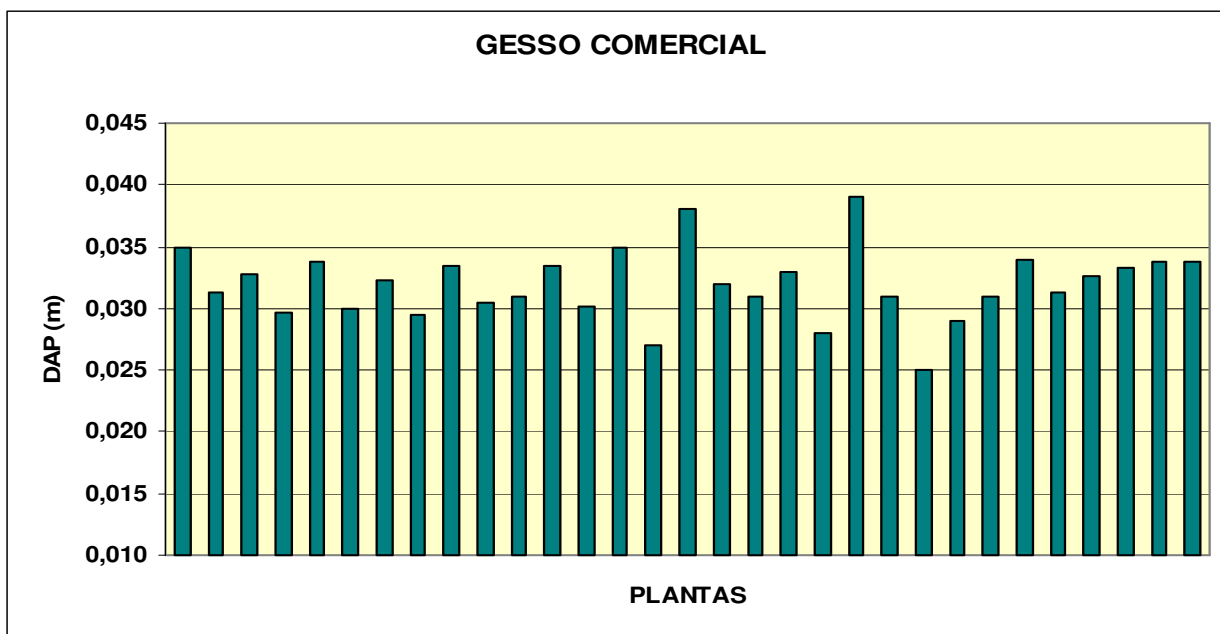
Por fim foram analisados os diâmetros das plantas à altura do peito.

TABELA 16 - Medições dos diâmetros à altura do peito

	<b>GESSO COMERCIAL</b>	<b>CALCÁRIO</b>	<b>RESÍDUO</b>	<b>PLANTIO REGULAR</b>
	0,0349	0,0333	0,0335	0,0330
	0,0313	0,0303	0,0295	0,0310
	0,0327	0,0346	0,0360	0,0333
	0,0296	0,0288	0,0295	0,0280
	0,0337	0,0355	0,0320	0,0390
	0,0300	0,0305	0,0300	0,0310
	0,0323	0,0285	0,0320	0,0250
	0,0294	0,0300	0,0310	0,0290
	0,0334	0,0302	0,0330	0,0273
	0,0304	0,0301	0,0280	0,0322
	0,0309	0,0333	0,0390	0,0323
	0,0334	0,0303	0,0310	0,0325
	0,0301	0,0346	0,0325	0,0310
	0,0350	0,0288	0,0310	0,0290
	0,0270	0,0355	0,0324	0,0333
	0,0380	0,0305	0,0292	0,0303
	0,0320	0,0285	0,0338	0,0346
	0,0310	0,0300	0,0295	0,0288
	0,0330	0,0302	0,0347	0,0355
	0,0280	0,0301	0,0307	0,0305
	0,0390	0,0357	0,0287	0,0285
	0,0310	0,0318	0,0330	0,0355
	0,0250	0,0318	0,0280	0,0305
	0,0290	0,0300	0,0390	0,0285
	0,0310	0,0328	0,0310	0,0300
	0,0340	0,0297	0,0250	0,0302
	0,0313	0,0342	0,0297	0,0301
	0,0327	0,0291	0,0333	0,0357
	0,0332	0,0351	0,0328	0,0318
	0,0337	0,0306	0,0351	0,0355
	0,0337	0,0300	0,0285	0,0290
<b>MÉDIA</b>	0,0319	0,0317	0,0318	0,0322
<b>DSEVIO PADRÃO</b>	0,0029	0,0024	0,0036	0,0030

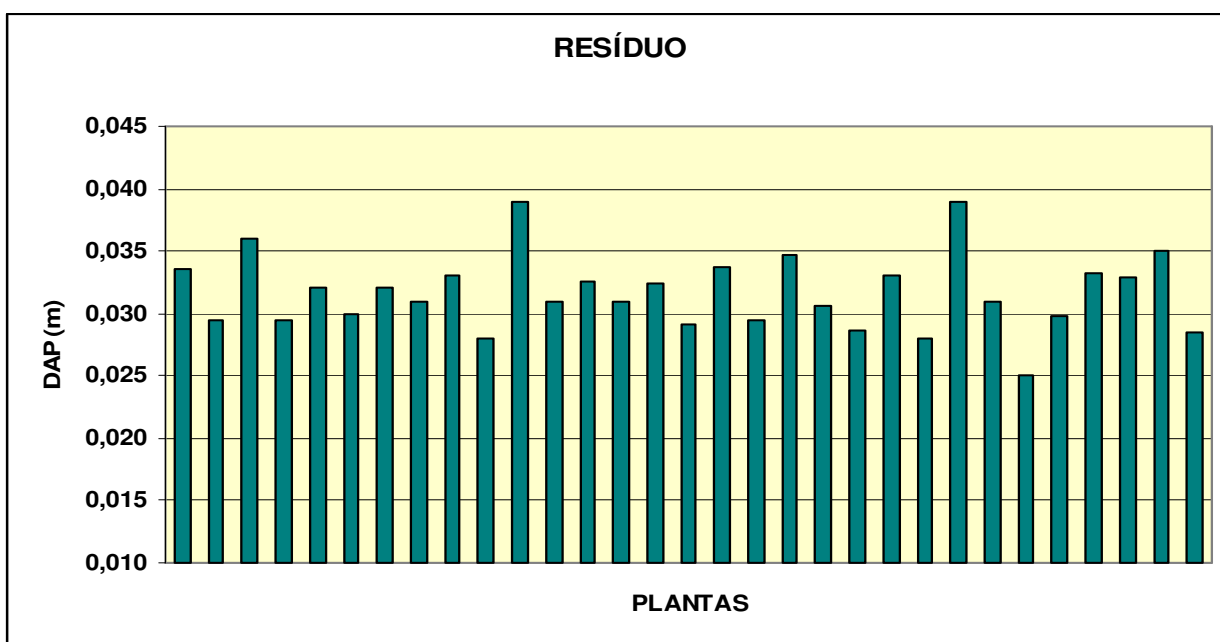
FONTE: Dados da pesquisa 2009

GRÁFICO 11– Medições do diâmetro à altura do peito (DAP) das plantas tratadas com gesso comercial.



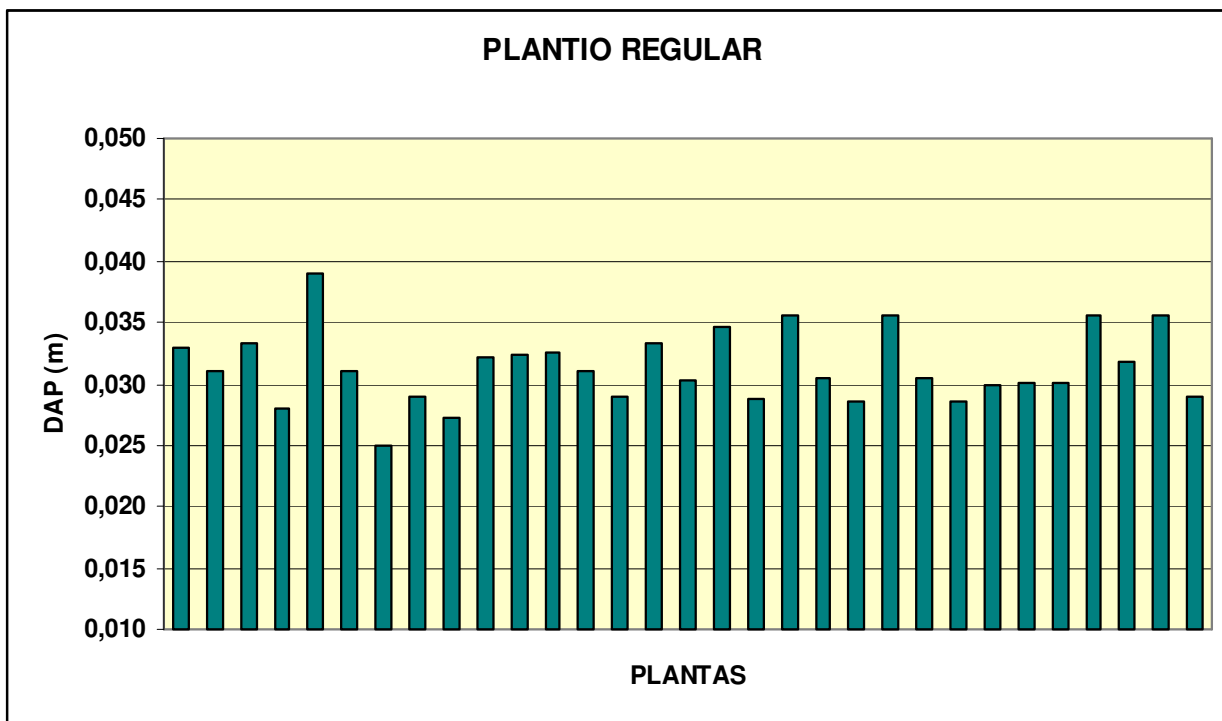
FONTE: Dados da pesquisa 2009

GRÁFICO 12– Medições do diâmetro à altura do peito (DAP) das plantas tratadas com o resíduo



FONTE: Dados da pesquisa 2009

GRÁFICO 13 – Medições do diâmetro à altura do peito (DAP) das plantas do plantio regular.



FONTE: Dados da pesquisa 2009

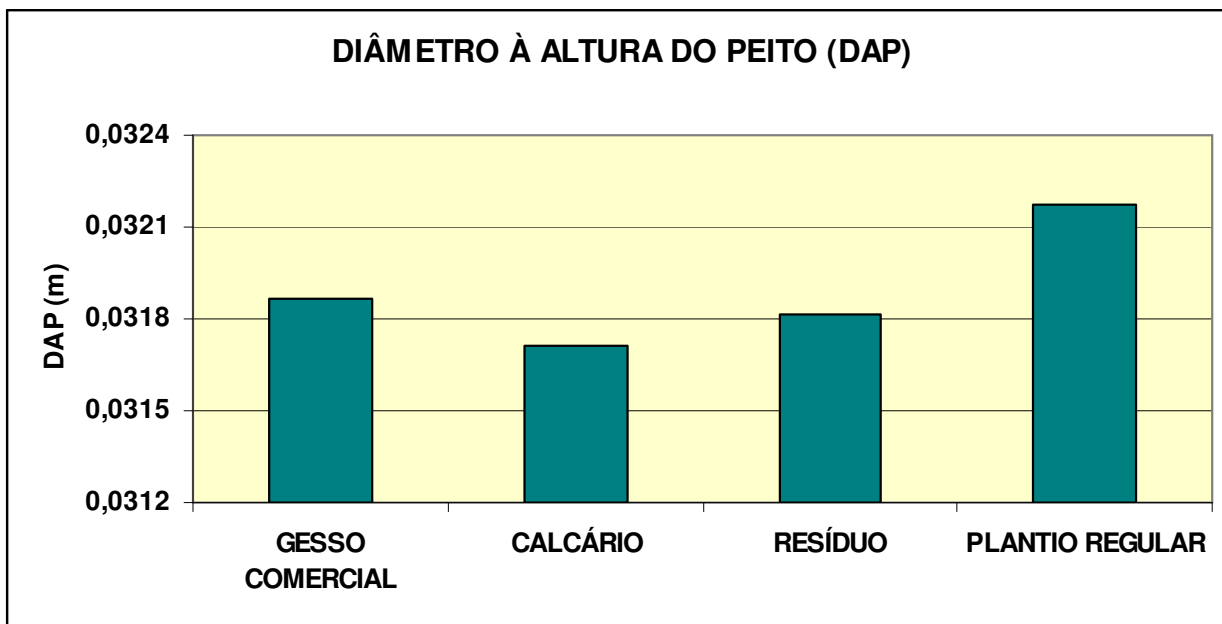
TABELA 17 - Diâmetro à altura do peito DAP

MATERIAL	Gesso	Calcário	Resíduo Estudado	Plantio Regular
DAP (m)	0,03	0,03	0,03	0,04

FONTE: Dados da pesquisa 2009



GRÁFICO 14 – Comparativo entre os diâmetros médios à altura do peito das plantas



FONTE: Dados da pesquisa 2009

Também não foram observadas diferenças significativas para esse parâmetro, sendo que as plantas do plantio regular da empresa tiveram um desempenho um pouco melhor. Vale lembrar que o plantio regular foi estabelecido no mês de dezembro, propício para o plantio, devido à boa incidência de chuvas nesse período.

## CONCLUSÃO

Concluí-se que o resíduo estudado tem características que o viabilizam como gesso agrícola e como tal pode ser conduzida a sua utilização, tendo em vista os resultados das análises do resíduo e do experimento de campo, considerando-se os seguintes fatores:

- Comparativamente a outros produtos comercializados no Estado de Minas Gerais, utilizados na agricultura como corretivos e fertilizantes, o resíduo apresenta menor quantidade de metais pesados;
- O Resíduo estudado apresenta potencial para ser utilizado na agricultura, por apresentar os macronutrientes cálcio, magnésio e enxofre em níveis adequados à aplicação e promover a diminuição da toxidez por alumínio;
- Analisando-se as plantas tratadas com o resíduo e as tratadas com os demais materiais, verifica-se que não houve diferença significativa entre as mesmas, todas apresentando excelentes taxas de crescimento para os parâmetros analisados. Comparando-as ainda, com as plantas do plantio regular, também não foram observadas diferenças relevantes. Admitindo-se que o plantio do experimento ocorreu em época pouco propícia ao estabelecimento de plantas no campo (abril), pode-se supor que o resíduo é passível de ser utilizado nas áreas de plantio da empresa. Durante o período de amostragem, que compreendeu aproximadamente 180 dias, as plantas tratadas com o resíduo atingiram em média 1,66 m de altura, ou seja, 0,92 cm por dia o que é considerada uma excelente taxa de crescimento.

Destacam-se ainda as seguintes vantagens econômicas para a viabilização do resíduo como gesso agrícola:

- A empresa utiliza, em suas três unidades industriais, eucalipto como combustível das caldeiras destinadas à secagem da produção do grafite beneficiado, sendo que a área total de reflorestamento utilizada para este fim

é de 1.310,00 ha, consumindo anualmente 680,00 t de calcário. O custo da tonelada do calcário é de R\$40,00 totalizando-se um gasto anual de R\$27.200,00. Conforme dito anteriormente, o resíduo é lançado na barragem de rejeitos B2, em forma de polpa, com percentual de sólidos de 0,75%. Para sua utilização como corretivo agrícola será necessária a instalação de um sistema de filtragem, na saída da estação de neutralização, utilizando-se de filtros prensa, que são equipamentos próprios para promover o seu desaguamento, até que se atinja a umidade que possibilite o seu manuseio (40,00% de H<sub>2</sub>O) para posteriormente reduzir sua umidade a 20,00% de H<sub>2</sub>O, que é a umidade mínima para sua utilização. Tais operações somadas ao transporte do resíduo até as áreas de plantio da empresa, resultarão em um custo médio, segundo levantamento preliminar, de R\$ 15,00 por tonelada produzida. Sendo assim, caso haja interesse da empresa, o resíduo poderá ser utilizado em substituição ao calcário, atualmente utilizado em suas áreas de reflorestamento, resultando uma economia anual de R\$ 17.000,00.

- Com o aproveitamento do resíduo a construção de uma nova barragem deverá ser evitada deixando-se de gastar aproximadamente 3,00 milhões de reais com sua construção.
- Como a quantidade produzida do resíduo, cerca de 2.916,00 toneladas por ano, é muito superior à quantidade necessária à aplicação como corretivo de solo das áreas de reflorestamento da empresa (680,00t/ano), a produção excedente poderá ser comercializada para os agricultores da região, o que deverá se viabilizar a um custo inferior ao do calcário comumente utilizado. Contudo, para isso, estudos complementares devem ser realizados.

#### 4 REFERÊNCIAS

<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&conteudo=./residuos/residuos.html> Acessado em 08/12/2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. **Resíduos sólidos**: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ALLOWAY, B. J. **The origin of heavy metals in soils**. In: ALLOWAY, B. J., ed. Heavy metals in soils. New York, John Wiley & Sons, 1990.

AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; COSTA, L. M.; OLIVEIRA, C.; VELLOSO, A. C. X. **Metais Pesados em Alguns Fertilizante e Corretivos**. R. Bras. Ci. Solo, 16: 271 - 76, 1992.

ARAUJO, Cecília Bhering. **Estudo do Comportamento de Barragens de Rejeito de Mineração**. Disponível em: <[www.coc.ufrj.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=3306&Itemid=190](http://www.coc.ufrj.br/index.php?option=com_content&task=view&id=3306&Itemid=190)>. Acesso em 23/09/2009.

BARROS, Aidil Jesus Paes de , LEHFELD, Neide Aparecida de Souza, **Fundamentos de Metodologia**. São Paulo, McGraw-Hill, 1986.

BELTRANE, K. G.; CARVALHO, F. J. C. **Comparação de qualidade de compostos**

BITTELL & MILLER, cadmium and calcium selectivity coefficients on montmorillonite, illite and kaonite, journal of environment quality 3 (1974) (3), pp – 250-253.

BRAILE, P. M. & CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. CETESB, São Paulo: 1979.

CETESB. **Resíduos Sólidos Industriais**, Vol. 1, São Paulo: CETESB/ASCETESB. 1985.

CHAMMAS, Ribeiro. **Nota de Aula do Curso de Barragens de Contenção de Rejeitos**. Ouro Preto-MG, 1989.

CHAVES, A. P. et al. **Tecnologia Mineral e suas Aplicações na Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição**. In: 61º Congresso Anual da ABM , Rio de Janeiro, 2006.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas gerais**, Edição Viçosa MG, 1999, 359p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul: EMBRAPA/CNPT, 1995. Antonio Nolla e Ibanor Anghinoni 109

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. **Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências** - Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 ago. 2006. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506/normas\\_01.htm](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506/normas_01.htm)>.

Acesso em: 30 set 2009

DIAS, Renato Feliciano. **Controle Ambiental de Mineração. “Deposição de Rejeitos de Mineração”**. Ed. Do Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, 1985, v.2, p. 148-151, 1985.

GIL, A. C. **Técnicas de pesquisa em economia**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1986.

GIL, A C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GLÓRIA, N.A. **Uso agrônômico de resíduos**. In: SIMPÓSIO DA REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 195-212.

GRANDI, Luiz Alfredo. **Placas Pré-moldadas de Argamassas de Cimento e Pó de Serra. Tese (Doutorado)**. Universidade Estadual de Campinas, 1995, 128p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa,, elaboração, análise e interpretação de dados**. São Paulo: Atlas, 1986

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas. Agronômica Ceres**, São Paulo: 1980, 251p

MELLO, P. M.; ANDRADE, F. **Adequação do apoio financeiro. Rumos do Desenvolvimento**. Rio de Janeiro, (s.v.:s.n), nov./dez./1978. p. 30-33.

PEREIRA E.L., RIBEIRO, L.F.M., MARTINS, P.M., ALBUQUERQUE FILHO, L.H., GOMES, R.C (2004) **Avaliação de Liquefação um Rejeito de Minério de Ferro através de Ensaio de Laboratório e de Campo**. In : Simpósio Brasileiro de Jovens Geotécnicos, Geo-Jovem, 1, São Carlos. CD-ROM

PIRES, A. M. M. **Aspectos legais da disposição de resíduos na agricultura In: Curso de reciclagem de resíduos urbanos e industriais no solo agrícola**. Instituto Agrônomo, Campinas, Palestras, p.sn, 2006.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2000.

RAUEN, F. J. **Elemento de iniciação à pesquisa: incluindo orientação para a referência de documentos eletrônicos**. p. 31 1 ed. Rio do Sul: Nova Era, 1999.

RIBEIRO-FILHO, M. R.; CURTI, N.; SIQUEIRA J. O.; MOTTA P. E. F. **Metais pesados em solos de área de rejeitos de indústria de processamento de zinco**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.453-464, 1999.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SILVEIRA, T; GIRODO, A. **Métodos e equipamentos de mineração com vistas à melhoria da produtividade**. Diamantina: UFMG, 1991. 74p (mimeo)

TAYLOR, G.J. **The physiology of aluminum phytotoxicity**. In: SIEGAL, H.; SIEGAL, A. (Eds.) *Metals Ions in Biological Systems*. New York: Marcel Dekker, p. 123-163, 1988.

VITTI, G.C. **Uso eficiente do gesso agrícola na agropecuária**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2000. 30p.