

# CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E MINERALÓGICA DE ESTÉREIS E REJEITO DA MINERAÇÃO DE FERRO DA MINA DE ALEGRIA, MARIANA-MG<sup>1</sup>

Gilson Pereira Silva<sup>2</sup>, Maurício Paulo Ferreira Fontes<sup>3</sup>,  
Liovando Marciano da Costa<sup>3</sup> e Nairam Félix de Barros<sup>3</sup>

## ABSTRACT

CHEMICAL, PHYSICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERIZATION OF OVERBURDEN ROCK AND IRON MINE SPOIL AT ALEGRIA IRON MINE, MARIANA-MG

In the area under the Alegria iron mine influence (Mariana, Minas Gerais, Brazil), samples of four materials were collected, identified as phyllite, soil, overburden rock, and mine spoil, for chemical, physical, and mineralogical characterization. All four materials are poor in plant macro and micronutrients, presenting low amounts of organic carbon and physical characteristics which hinder the development of plant root system. The high bulk density and particle density values of all materials are related to the presence of heavy minerals, mainly Fe oxides. Except for phyllite, which presented considerable amounts of silt, the materials presented high amounts of sand: more than 50%. As far as water retention is concerned, the phyllite showed the highest retention but it could be detrimental to plant growth due to excess of water and surface sealing. The mineralogy of sand, silt, and clay fractions is basically constituted by goethite, hematite, and quartz, while phyllite presents, besides these minerals, kaolinite, microcline, gibbsite, and mica.

KEY WORDS: iron mining, mineralogical characterization, iron mine spoil.

## RESUMO

Em área sob influência da mineração de ferro, na Mina de Alegria, em Mariana-MG, coletaram-se amostras de quatro materiais, constituídos de três diferentes estéreis, que, para identificação, foram denominados filito, solo e saprolito e um rejeito da mineração, com o objetivo de caracterizá-los química, física e mineralogicamente. Os materiais (rejeito, solo, rocha e filito) são pobres em macro e micronutrientes, apresentam baixo teor de carbono orgânico e características físicas que dificultam o desenvolvimento do sistema radicular de plantas. Apresentaram altos valores de densidade do solo e de partículas, que estão relacionados à presença de minerais pesados em suas composições mineralógicas, principalmente os minerais de ferro. Os materiais estudados, à exceção do filito, apresentaram alta quantidade de areia: mais de 50% do total. O filito apresenta maior capacidade de retenção de água, mas, para revegetação pode proporcionar excesso de água, além de propiciar a formação de uma crosta na superfície devido ao alto teor de silte. A mineralogia das frações argila, silte e areia do saprolito, do solo e do rejeito é basicamente formada por goethita, hematita e quartzo. O filito apresenta, além destes minerais, caulinita, microclínio, gibbsite e mica.

PALAVRAS-CHAVE: mineração de ferro, caracterização de estéreis e rejeito.

## INTRODUÇÃO

Nos trabalhos executados com o objetivo de se recuperar áreas degradadas pela mineração, por meio de processos de revegetação, é de grande importância o conhecimento das características químicas, físicas e mineralógicas dos materiais que irão ser utilizados como substrato para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Para isso, devem ser identificadas previamente as características benéficas

e, ou, aquelas adversas para essas plantas (Fontes 1991, Dias 1998, Silva *et al.* 2004).

Existe uma designação particular para materiais que podem vir a ser utilizados como substrato para a revegetação da área sob influência da mineração. São chamados "estéreis da mina" os materiais (solo, subsolo, rocha) que ocorrem naturalmente na área, não aproveitáveis economicamente, dispostos em camadas (horizontais ou inclinadas), como corpos irregulares – ambos encaixados ou intimamente

1. Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal de Viçosa.

Trabalho recebido em jan./2005 e aceito para publicação em jan./2006 (registro nº 617).

2. Fesurv – Universidade de Rio Verde, Caixa Postal 104, CEP 75901-970, Rio Verde, GO. E-mail: gilson@fesurv.br

3. Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, MG. E-mails: mpfontes@ufv.br; nfbarrros@ufv.br.

ligados ao minério. Há também o chamado rejeito da mineração, que é o material proveniente do beneficiamento do minério de ferro, do qual já foi retirada a parte economicamente importante. Este rejeito pode estar na forma de fragmentos ou partículas secas, ou em via aquosa (Ibama 1990, Abrahão & Mello 1998), sendo isto dependente do tipo de beneficiamento do minério (Espósito 2000).

Na Mina de Alegria, em Mariana-MG, o rejeito da mineração é basicamente constituído por quartzo, com granulometria de areia fina, presente no resíduo seco, em torno de 80% (Samitri 1989). Os estéreis da mina têm, geralmente, composição variável, desde rocha até solo. Portanto, podem ser mais ou menos arenosos, com maior ou menor quantidade de nutrientes, de acordo com sua origem e condição de intemperismo.

O rejeito e o estéril da mina são geralmente dispostos em pilhas, que deverão ser posteriormente revegetadas. Nesse processo, tem sido usada a cobertura destas pilhas com o solo anteriormente existente na área, que contém maior quantidade de nutrientes e matéria orgânica (Dias & Griffith 1998). Há áreas, contudo, onde a quantidade de solo é insuficiente, tornando-se necessária a utilização de outros materiais, ou seja, outros tipos de estéreis da mina que não o solo, para o recobrimento das pilhas.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar química, física e mineralogicamente quatro materiais provenientes da mineração de ferro, sendo um rejeito da mineração e três estéreis da mina (filito, solo e saprolito), que podem vir a ser utilizados no processo de revegetação de pilhas de rejeito, em áreas de mineração de ferro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais foram coletados em vários pontos da Mina de Alegria (20°11'22" S, 43°28'22" W e altitude de 945 m), em Mariana-MG, pertencente a S.A. Mineração da Trindade (Samitri). A coleta foi feita em vários pontos das pilhas dos materiais, porém o solo que não estava disposto em pilhas, foi coletado *in situ*.

Coletaram-se três tipos diferentes de estéreis da mina que, para identificação, foram denominados de filito, solo e saprolito, sendo o rejeito da mineração de ferro denominado simplesmente de rejeito, com características descritas a seguir:

*Filito*: rocha metamórfica, já em avançado estado de intemperismo, encontrada com frequência na

área da Mina de Alegria. O material apresenta coloração acinzentada e, quando manuseado, desagrega-se com facilidade, tornando-se um pó fino.

*Solo*: material edafizado, de coloração vermelho-escuro, encontrado na área sob influência da mineração, contendo grande quantidade de petroplintita na fração cascalho. Apresenta profundidade efetiva em torno de 15 cm e logo abaixo dessa camada são encontrados grandes blocos de "canga". Embora a descrição morfológica do perfil de solo não tenha sido realizada, a observação local sugere tratar-se de um Neossolo. A cobertura vegetal original no local de coleta era uma mata, com árvores de grande porte.

*Saprolito*: rocha metamórfica muito intemperizada, encontrada junto ao minério de ferro (embora não tenha sido feita a identificação detalhada do material, este provavelmente seja de itabirito).

*Rejeito da mineração*: material proveniente da mineração de ferro, do processo denominado flotação; é constituído de material escuro, muito fino e com baixa coesão.

Após a secagem dos materiais, foram retiradas subamostras para as caracterizações química, física e mineralógica.

### Caracterização física dos materiais

A determinação da densidade do solo foi feita em amostras deformadas. Utilizou-se uma proveta de 500 mL, que foi cheia com o material, tendo sido pesada a seguir, fazendo-se então a relação massa/volume.

A densidade de partículas foi determinada, medindo-se o volume ocupado por 20 g de material fino seco em estufa, usando-se álcool etílico absoluto como líquido penetrante e balão aferido de 50 mL (Embrapa 1979). A condutividade hidráulica foi obtida em amostras deformadas, pelo método do permeâmetro (Fernandes *et al.* 1983), e a porosidade total pelo método indireto (Embrapa 1979).

Determinou-se o diâmetro de poros pelo modelo capilar, segundo o método da coluna de água suspensa em amostras deformadas (Bouma 1973), utilizando-se o método do funil. Os potenciais aplicados corresponderam a 20, 40, 60 e 100 cm de coluna de água (Fernandes *et al.* 1983). O diâmetro dos poros foi calculado pela seguinte equação:

$$D = 4 \times t / (p \times g \times h)$$

em que:

- D: diâmetro dos poros, em cm;
- t: tensão superficial da água, em dina cm<sup>-1</sup>;
- p: densidade da água, em g cm<sup>-3</sup>;
- g: aceleração da gravidade, em dina g<sup>-1</sup>; e
- h: altura da coluna de água, em cm.

Para a determinação da granulometria, foi utilizado o método da pipeta, com dispersão em NaOH 0,5 N e agitação mecânica (Embrapa 1979). As frações areia fina e areia grossa foram separadas por peneiramento e as frações silte e argila por meio da sedimentação das partículas na suspensão já dispersada e estabilizada. De acordo com a lei de Stokes, diferentes tempos de sedimentação e diferentes alturas de suspensão do solo são considerados para separar argila mais silte e, depois, argila (Medina 1972). Esta coleta adicional da suspensão (fração silte + fração argila) incrementa a exatidão da determinação (Ruiz 2005).

A capacidade de campo foi determinada pelo método da coluna transparente (Fernandes & Sykes 1968).

#### Caracterização química dos materiais

Para determinar o pH, empregou-se a relação 1:2,5 de material:água (Defelipo & Ribeiro 1981). Na determinação de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> (KCl 1 N); K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> (HCl 0,05 N) e H+Al (Acetato de Cálcio 1 N pH 7,0); P, Fe, Mn, Zn, Cu e Pb (Mehlich-1), utilizou-se a metodologia proposta pela Embrapa (1979); e o carbono orgânico pelo método de Walkley-Black, segundo Defelipo & Ribeiro (1981).

#### Caracterização mineralógica dos materiais

A mineralogia qualitativa das frações argila, silte e areia dos materiais foi avaliada por difratometria de raios-X. A lâmina orientada usada na difração foi preparada pela técnica do esfregaço (Theisen & Harward 1962). Obteve-se o difratograma, utilizando radiação monocromática de Cu-K, obtida pelo uso de filtro de níquel.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Caracterização física dos materiais

Os valores de densidade do solo do rejeito (Tabela 1) foram maiores do que normalmente se

encontram na maioria dos solos minerais, sendo que o filito apresentou valores dentro da amplitude encontrada para a maior parte dos solos minerais, entre 1,0 g cm<sup>-3</sup> e 1,4 g cm<sup>-3</sup> (Jorge 1986, Prevedello 1996). O solo estudado também apresenta densidade maior do que os valores encontrados em outros solos, provavelmente por influência de minerais presentes, de elevada densidade, como comprovam os altos valores de densidade de partículas. Esses minerais pesados são constituídos principalmente por oxi-hidróxidos de ferro, como a hematita, cuja densidade é de 5,26 g cm<sup>-3</sup>, e ainda a goethita, com 4,26 g cm<sup>-3</sup> (Schwertmann & Taylor 1989).

Na composição granulométrica da maioria dos materiais, à exceção do filito, que é constituído de partículas mais finas, a quantidade de areia excede a 50% do valor total (Tabela 1). Essa alta percentagem de areia deve reduzir a capacidade dos materiais em reter água. Teores de argila de rochas em avançado estado de intemperismo, semelhantes ao saprolito e filito, foram relatados por Silva (1990) e Sobreira (2001).

O saprolito e o filito apresentaram maior quantidade de argila do que o solo, mas os seus valores de CTC indicam que a argila desses materiais deve dispor de poucos sítios de troca, pois apresentam CTC bastante baixa. Por outro lado, o solo mostrou CTC consideravelmente mais alta, o que não se reflete na quantidade de argila obtida na análise granulométrica. Isso se explica pelo fato de que, devido ao alto teor de óxidos de ferro, sabidamente interferentes na agregação dos solos (Schwertmann & Taylor 1989), os valores de argila podem ter sido subestimados e os de silte e areia superestimados, já que a análise granulométrica foi à mesma usada para solos, sem qualquer pré-tratamento diferencial. Tem sido demonstrado que resultados mais acurados de análise granulométrica em Latossolos, especialmente aqueles

Tabela 1. Areia grossa, areia fina, silte, argila, densidade do solo e densidade de partículas do saprolito, do filito, do rejeito e do solo provenientes da Mina de Alegria, Mariana (MG)

Material	Composição granulométrica <sup>1</sup>				Densidade	
	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Solo	Partículas
	dag kg <sup>-1</sup>				g cm <sup>-3</sup>	
Saprolito	418	179	195	136	1,67	3,75
Filito	125	131	552	126	1,10	2,61
Rejeito	54	729	122	21	2,00	3,74
Solo	372	223	232	95	1,56	3,33

<sup>1</sup> Textura: Saprolito: franco-arenosa; Filito: franco-siltosa; Rejeito: areia-franca e Solo: franco-arenosa.

ricos em óxidos de Fe, depende de uma completa dispersão, que, por sua vez, é dependente de pré-tratamentos para reduzir a quantidade de pseudo-silte e pseudo-areia na amostra (Donagemma *et al.* 2003).

Vale ressaltar que a soma dos valores das frações, na composição textural dos materiais, não atinge o valor de 100%, faltando alguma parte que não foi possível detectar com o método utilizado. Tal fato pode estar relacionado à alta densidade de partículas dos materiais ou, também, a algum problema de floculação das frações silte e argila, em que devem ter ocorrido as diferenças, já que as demais frações foram obtidas por peneiramento. A metodologia utilizada foi originalmente desenvolvida para solos agrícolas e não para rejeitos e, ou, estéreis da mineração, mas, devido à inexistência atual de métodos específicos para caracterizar esses materiais, os resultados apresentados podem servir como referencial.

O filito apresentou condutividade hidráulica muito baixa (Tabela 2), provavelmente em razão do maior número de microporos e de sua textura mais fina, fato também relatado por Silva (1990) e Sobreira (2001). Isto significa que a água demora mais tempo a percolar no perfil, o que poderia provocar seu escoamento superficial, e a conseqüente desestabilização da pilha de rejeito, causando erosão.

Por apresentar boa capacidade de armazenamento de água (Tabela 2), o uso do filito puro, entretanto, poderia ser uma opção para o recobrimento da pilha de rejeito, no processo de revegetação, por ocasião da falta de outro material com melhores características de retenção de água. Mas, em razão de sua baixa condutividade hidráulica, os cuidados com a manutenção da estabilidade da pilha de rejeito teriam que ser redobrados, sendo, portanto, recomendável a utilização de uma mistura desse material com algum outro de maior condutividade hidráulica.

O rejeito da mineração, apesar de ser muito arenoso, apresenta condutividade hidráulica relativamente baixa, provavelmente em razão da presença de muita areia fina (Tabela 1). Isso é de interesse num processo de revegetação de áreas, pois pode significar a manutenção da umidade por um maior período de tempo. Manfredini *et al.* (1984) relatam que a areia fina pode aumentar a retenção de água para as plantas, em função da diminuição do volume de macroporos.

O solo e a rocha apresentam os maiores valores de condutividade hidráulica (Tabela 2). O material da rocha apresenta alto teor de areia grossa e suas partículas apresentam baixa coesão, o que redund

Tabela 2. Macroporosidade, microporosidade, porosidade total, condutividade hidráulica, e capacidade de campo do saprolito, do filito, do rejeito e do solo provenientes da Mina de Alegria, Mariana (MG)

Material	Macroporosidade %	Microporosidade %	Porosidade total %	Condutividade hidráulica cm h <sup>-1</sup>	Capacidade de campo %
Saprolito	36,5	18,8	55,3	20,90	18,80
Filito	15,5	42,3	57,6	0,13	31,80
Rejeito	7,8	38,5	46,3	3,40	13,30
Solo	23,0	30,0	53,0	19,10	25,30

em maior macroporosidade, facilitando a percolação mais rápida da água. Em função do alto teor de areia, o solo também apresenta alta condutividade hidráulica.

O alto valor de condutividade hidráulica dos dois últimos materiais significa percolação rápida da água, o que pode ocasionar problemas de déficit hídrico para as plantas e, também, maior lixiviação de nutrientes. O déficit hídrico pode ser contornado com o uso de irrigação da pilha de rejeito e a lixiviação de nutrientes, fazendo-se parcelamento da adubação.

O maior valor de capacidade de campo foi encontrado no filito (Tabela 2), em razão de seu elevado teor de argila; já o solo apresenta valor de capacidade de campo maior que a rocha, apesar de ambos terem praticamente o mesmo teor de argila, o que deve estar relacionado ao seu maior teor de matéria orgânica.

O rejeito, apesar de apresentar baixa capacidade de campo, tem baixa condutividade hidráulica, em razão da sua elevada quantidade de areia fina, que teria reduzido a macroporosidade, dificultando a percolação da água.

O maior valor de capacidade de campo para o filito, parece indicar maior quantidade de água disponível para as plantas. Contudo, esse substrato apresenta alguns inconvenientes relacionados com essa maior presença de água. A infiltração da água no material é lenta e, quando se faz irrigação, ocorre a formação de uma crosta na superfície. Isto deve estar relacionado à sua alta percentagem de silte (55,2%), que tem facilidade de se desprender pelo impacto das gotas da chuva e, ou, irrigação, produzindo um selamento superficial (Resende *et al.* 1999). Esses dois fatores podem provocar escoamento superficial da água, ocasionando o aparecimento de pontos de fraqueza nas pilhas de rejeito; podem também comprometer a emergência das sementes de espécies vegetais a serem utilizadas na revegetação. Assim, deve ser exercido rigoroso controle na estabilização da pilha de rejeito, quando se utilizar este material no seu recobrimento.

### Caracterização química dos materiais

O rejeito apresentou alto valor de pH (Tabela 3), o que deve estar relacionado à utilização de soda cáustica no processo de separação do minério (Samitri 1989). Os valores de pH dos demais materiais são próximos aos valores encontrados para a maioria dos solos.

Na recomendação de calagem para a revegetação das pilhas de rejeito deve-se levar em consideração esses valores de pH, para que não haja deficiências de nutrientes para as plantas. Pela observação dos resultados das análises químicas (Tabela 3), constata-se que os materiais são pobres em  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  (Alvarez *et al.* 1999). Assim, torna-se necessária a correção química dos materiais, para que permita um desenvolvimento satisfatório das plantas nas pilhas de rejeito. Este fato é corroborado pelos resultados do trabalho desenvolvido em casa-de-vegetação por Trindade *et al.* (1997).

Outro fator a ser observado é a baixa CTC da maioria dos materiais, o que determina baixa retenção de cátions básicos no complexo de troca e, conseqüentemente, problemas nutricionais para as plantas. O solo apresenta maior valor de CTC, provavelmente devido ao seu maior teor de carbono orgânico (Bayer & Mielniczuk 1999).

Os teores de P (Tabela 3) são baixos em todos os materiais analisados (Alvarez *et al.* 1999), devendo ser adicionados fosfatos para garantir o desenvolvimento satisfatório das plantas durante a revegetação. Estes baixos teores devem estar relacionados à fixação de fósforo por cargas positivas de micelas de óxi-hidróxidos de ferro e alumínio (Novais & Smyth 1999).

O teor de carbono orgânico nos materiais foi baixo (Tabela 3), à exceção do solo (Alvarez *et al.*

1999). Neste material houve maior disponibilidade de nutrientes porque a matéria orgânica possui cargas negativas, que contribuem para a retenção de íons e diminui as perdas por lixiviação. Assim, com este material a cobertura vegetal da pilha de rejeito deve ocorrer mais rapidamente, além de proporcionar a sua maior estabilização.

Os teores de Mn, Fe, Zn, Cu e Pb dos materiais também são baixos (Tabela 4). A exceção está no caso do solo que possui teores elevados de Fe e Mn (Galvão 2002), sem riscos, porém, a uma possível toxidez às plantas.

Enfim, constata-se que a adição de fontes de nutrientes em estéreis ou rejeitos da mineração é muito importante para o desenvolvimento das plantas no processo de revegetação, seja a fonte orgânica (Trindade *et al.* 1997) ou a mineral (Silva *et al.* 1995), devido à pobreza da maioria desses materiais.

### Caracterização mineralógica dos materiais

O saprolito apresenta praticamente a mesma composição mineralógica nas frações argila, silte e areia (Figura 1). A fração areia possui basicamente quartzo em sua composição; na fração silte, além do quartzo, ocorre a presença de goethita e hematita; e na fração argila, estão presentes apenas goethita e hematita. Isso deve estar relacionado ao desaparecimento dos minerais menos resistentes ao intemperismo, das amostras da rocha já alterada (Pötter & Kämpf 1981), ou pode ser resultante do predomínio de compostos de ferro nestas amostras.

A análise mineralógica do solo indica que sua fração argila é basicamente constituída de hematita e goethita. Sendo que as frações silte e areia, além dos minerais anteriormente citados, contêm também o quartzo (Figura 2). Esta composição foi influenciada

Tabela 3. Resultados das análises químicas dos materiais: saprolito (SAP), filito (FIL), rejeito (REJ), solo (SOL) e das misturas MI1 (50% filito + 50% rocha), MI2 (50% solo + 50% rocha) e MI3 (50% solo + 50% filito), provenientes da Mina de Alegria, Mariana (MG)

Material	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	T	SB	t	P	M	V	C
SAP	5,40	0,00 <sup>1</sup>	0,00 <sup>1</sup>	0,23	0,71	0,02	0,03	0,76	0,05	0,28	4,00	83,60	6,58	0,00
FIL	5,90	0,00	0,00	0,13	0,39	0,01	0,01	0,41	0,02	0,15	0,00	90,30	4,88	0,40
REJ	7,50	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,19	0,19	0,19	3,00	0,00	100,00	1,60
SOL	4,40	0,69	0,38	1,09	10,30	0,20	0,20	11,77	1,47	2,56	3,40	42,60	12,49	39,80
MI1	5,20	0,00	0,00	0,14	0,50	0,01	0,01	0,52	0,02	0,16	2,50	25,00	3,85	-
MI2	4,70	0,55	0,25	0,29	3,95	0,13	0,12	5,00	1,05	1,34	4,00	21,60	21,00	-
MI3	4,60	0,54	0,25	0,45	3,88	0,13	0,12	4,92	1,04	1,49	3,00	30,20	21,14	-

<sup>1</sup> Os valores 0,00 de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> nos materiais saprolito e filito devem estar relacionados ao extrator utilizado (KCl 1,0 N), que extrai apenas formas trocáveis.

Tabela 4. Teores disponíveis<sup>1</sup> de manganês, ferro, zinco, cobre e chumbo dos materiais: saprolito, filito, rejeito, solo e das misturas MI1 (50% filito + 50% rocha), MI2 (50% solo + 50% rocha) e MI3 (50% solo + 50% filito), provenientes da Mina de Alegria, Mariana (MG)

Material	Mn	Fe	Zn	Cu	Pb
	μg g <sup>-1</sup>				
Saprolito	0,24	60,60	tr <sup>2</sup>	tr	tr
Filito	tr	47,80	tr	tr	tr
Rejeito	21,30	54,30	tr	tr	tr
Solo	111,00	239,00	1,40	tr	tr
MI1	0,13	59,00	tr	tr	tr
MI2	33,40	221,00	1,37	tr	tr
MI3	30,40	217,00	0,88	tr	tr

<sup>1</sup> Não se realizou ataque ácido (ex. HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>3</sub> – 3:1), pois o objetivo do trabalho concentrava-se nas formas trocáveis e não no teor total.

<sup>2</sup> tr: apenas traços dos elementos.

pela constituição da rocha que lhe deu origem, visto que esta possui alto teor de ferro (Hernandez 2002). Além disso, solos pouco intemperizados, como neste caso, tendem a refletir a composição mineralógica do material de origem (Kämpf *et al.* 1997).

A composição mineralógica do rejeito indica a presença de pequena quantidade de caulinita nas frações silte e areia, e sua ausência na fração argila (Figura 3). Tal fato, provavelmente, está relacionado com a pequena quantidade de material da fração argila presente na lâmina, o que não possibilitou a detecção da caulinita nesta fração. Além disso, ocorre a presença de hematita e quartzo em todas as frações. Esta composição difere da apresentada por Pires *et*

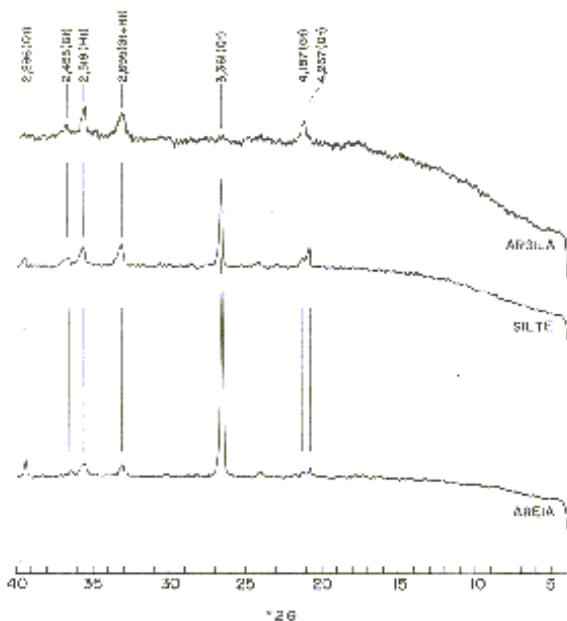


Figura 1. Difratoograma de raios-X das frações argila, silte e areia do saprolito proveniente da Mina de Alegria, Mariana, MG (Gt: Goethita, Ht: Hematita e Qt: Quartzo).

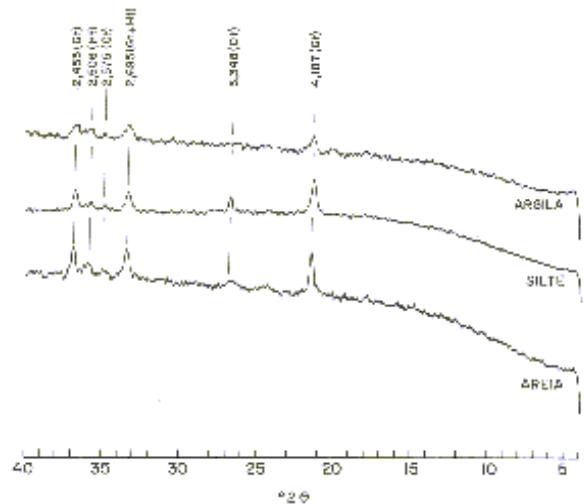


Figura 2. Difratoograma de raios-X das frações argila, silte e areia do solo proveniente da Mina de Alegria, Mariana, MG (Gt: Goethita, Ht: Hematita e Qt: Quartzo; Ct: Caulinita).

*al.* (2003), em análise de material semelhante, que constataram a presença de goethita nas diferentes frações.

O filito apresenta a maior variedade de minerais em sua composição, comparativamente aos demais materiais estudados (Figura 4). As frações silte e argila apresentaram maior diversidade de minerais e

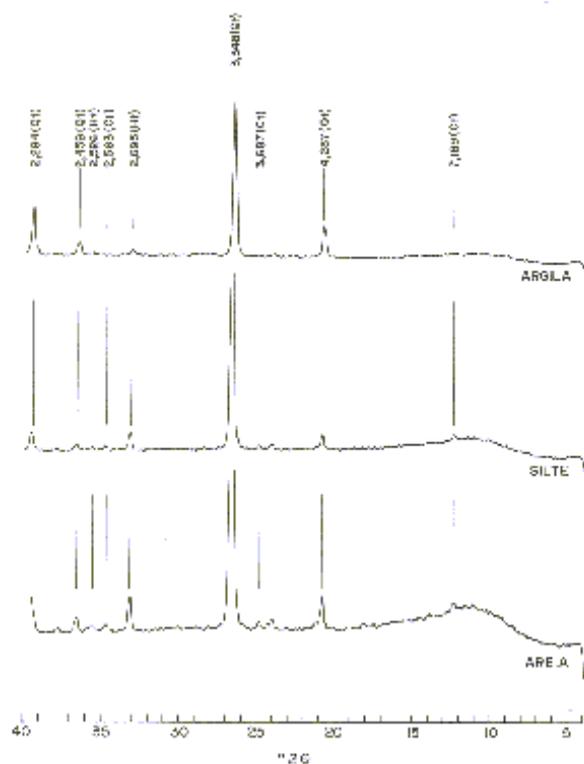


Figura 3. Difratoograma de raios-X das frações argila, silte e areia do rejeito da mineração de ferro proveniente da Mina de Alegria, Mariana, MG (Ct: caulinita, Ht: hematita e Qt: quartzo).

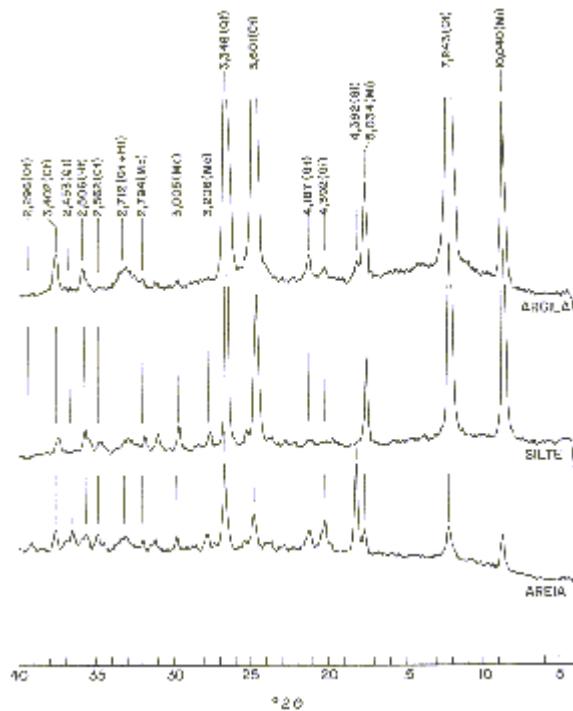


Figura 4. Difratograma de raios-X das frações argila, silte e areia do filito proveniente da Mina de Alegria, Mariana, MG (Ct: caulinita, Gi: gibbsita, Gt: goethita, Ht: hematita, Mc: microclínio, Mi: Mica e Qt: quartzo).

em maior quantidade, já que os reflexos dos picos são mais evidentes do que na fração areia. De modo geral, a mica, a caulinita, o microclínio e a hematita estão aí presentes. Na fração areia a gibbsita também está presente, em função do alto teor de alumínio na composição desse material. Embora com picos pequenos, a sua presença foi mais acentuada do que nos demais materiais, podendo provocar indisponibilidade do fósforo, pela fixação do nutriente.

### CONCLUSÕES

1. Os materiais estudados evidenciam alta limitações químicas e físicas para o seu uso em processo de revegetação de pilhas de rejeito, em áreas de mineração de ferro. Isso, principalmente devido aos baixos teores de macro e micronutrientes, alta densidade do solo e baixa retenção de água.
2. O filito, devido à sua menor condutividade hidráulica, apresenta maior retenção de água, mas, devido ao selamento superficial que provoca, pode trazer problemas de erosão nas pilhas de rejeito e afetar o desenvolvimento das plantas na revegetação.
3. À exceção do filito que contém mica, caulinita e microclínio em sua composição, os materiais estu-

dados não possuem grande diversidade mineral, sendo constituídos, principalmente, de hematita, goethita e quartzo.

### REFERÊNCIAS

- Abrahão, W. A. P. & J. W. V. Mello. 1998. Fundamentos de pedologia e geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada. p. 15-26. In L. E. Dias & J. W. V. Mello (Ed.). Recuperação de áreas degradadas. UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, Viçosa, Minas Gerais. 251 p.
- Alvarez V., V. H., R. F. Novais, N. F. Barros, R. B. Cantarutti & A. S. Lopes. 1999. Interpretação dos resultados das análises de solos. p. 25-32. In A. C. Ribeiro, P. T. G. Guimarães & V. H. Alvarez V. (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, Viçosa, Minas Gerais. 359 p.
- Bayer, C. & J. Mielniczuk. 1999. Dinâmica e função da matéria orgânica. p. 9-26. In G. A. Santos & F. A. O. Camargo (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Genesis, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 491 p.
- Bouma, J. 1973. Guide to the study of water movement in soil pedons above the water table. Madison, University of Wisconsin. 194 p.
- Defelipo, B. V. & A. C. Ribeiro. 1981. Análise química do solo: metodologia. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 71 p. (Boletim de Extensão 29)
- Dias, L. E. 1998. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. p. 27-44. In L. E. Dias & J. W. V. Mello (Ed.). Recuperação de áreas degradadas. UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, Viçosa, Minas Gerais. 251 p.
- Dias, L. E. & J. J. Griffith. 1998. Conceituação e caracterização de áreas degradadas, p. 1-7. In L. E. Dias & J. W. V. Mello (Ed.). Recuperação de áreas degradadas. UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas Viçosa, Minas Gerais. 251 p.
- Donagemma, G. K., H. A. Ruiz, M. P. F. Fontes, J. C. KER & C. E. G. R. Schaefer. 2003. Dispersão de Latossolos em resposta à utilização de pré-tratamentos na análise textural. Rev. Bras. Ci. Solo, 27 (4): 765-772.
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1979. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, RJ, não paginado. (Série Miscelânea 1).

- Espósito, T. J. 2000. Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeito construídas por aterro hidráulico. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília, Distrito Federal. 363 p.
- Fernandes, B., H. M. Galloway & R. D. Bronson. 1983. Condutividade hidráulica de solos saturados, em três sistemas de manejo. *Rev. Ceres*, 30 (3): 232-243.
- Fernandes, B. & D. J. Sykes. 1968. Capacidade de campo e a retenção de água em três solos de Minas Gerais. *Rev. Ceres*, 15 (1):1-39.
- Fontes, M. P. F. 1991. Estudo pedológico diminui impactos da mineração. *Ambiente*, 5 (1): 58-62.
- Galvão, E. Z. 2002. Micronutrientes. p. 185-226. In D. M. G. Sousa & E. Lobato (Ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. Embrapa Cerrados, Planaltina. 416 p.
- Hernandez, H. M. O. 2002. Caracterização geomecânica de rejeitos aplicada a barragens de aterro hidráulico. Tese de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, Distrito Federal. 174 p.
- Ibama. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. 1990. Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação. Ibama, Brasília. 96 p.
- Jorge, J. A. 1986. Física e manejo dos solos tropicais. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas. 328 p.
- Kämpf, N., P. Schneider & E. Giasson. 1997. Propriedades, pedogênese e classificação de solos construídos em áreas de mineração na bacia carbonífera do baixo Jacuá (RS). *Rev. Bras. Ci. Solo*, 21 (1): 79-88.
- Manfredini, S., P. P. Padovese, & J. B. Oliveira. 1984. Efeito da composição granulométrica da fração areia no comportamento hídrico de latossolos de textura média e areias quartzosas. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 8 (1):13-16.
- Medina, H. P. 1972. Constituição física. p. 11-20. In A. C. Moniz (Ed.). *Elementos de pedologia*. Universidade de São Paulo, São Paulo. 459 p.
- Novais, R. F. & T. J. Smyth. 1999. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, Viçosa. 399 p.
- Pires, J. M. M., J. C. Lena, C. C. Machado & R. S. Pereira. 2003. Potencial poluidor de resíduo da Samarco Mineração: estudo de caso da barragem de Germano. *Revista Árvore*, 27 (3): 393-397.
- Pötter, R. O. & N. Kämpf. 1981. Argilo-minerais e óxidos de ferro em cambissolos e latossolos sob regime climático térmico údico no Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 5 (3): 153-159.
- Prevedello, C. L. 1996. Física do solo com problemas resolvidos. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 446 p.
- Resende, M., N. Curi, S. B. Resende & G. F. Corrêa. 1999. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 3. ed. NEPUT, Viçosa. 338 p.
- Ruiz, H. A. 2005. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). *Rev. Bras. Ci. Solo*, 29 (2): 297-300.
- Samitri S. A. 1989. Mineração da Trindade. Mina de Alegria: Sistema de deposição de rejeitos sólidos. Aspectos ambientais do projeto. Enge-Rio, Rio de Janeiro. 39 p.
- Schertmann, U. & R. M. Taylor. 1989. Iron oxides. p. 379-438. In J. B. Dixon & S. B. Weed. (Ed.). *Minerals in soil environments*. SSSA Book Sr. 1. SSSA, Madison, WI. 1244 p.
- Silva, J. T. G. 1990. Preliminary engineering geologic maps of Belo Horizonte, São Sebastião das Águas claras, Nova Lima e Santa Luzia Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. Master of Engineering . Colorado School of Mines. Golden, Colorado, EUA. 147 p.
- Silva, K. E., A. B. Vale, N. F. Barros & R. Garcia. 1995. Níveis de N, P e K e calagem para revegetação de um rejeito da mineração de ferro. *Revista Árvore*, 19 (2): 135-148.
- Silva, S. R., S. O. Procópio, T. F. N. Queiroz & L. E. Dias. 2004. Caracterização de rejeito de mineração de ouro para avaliação de solubilização de metais pesados e arsênio e revegetação local. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 28 (1): 189-196.
- Sobreira, F. G. 2001. Susceptibilidade a processos geológicos e suas conseqüências na área urbana de Mariana, MG. *Geo.br*, 1 (1): 43-60.
- Theisen, A. A. & M. M. Harward 1962. A paste method for preparation of slides for clay mineral identification by X-ray diffraction. *Soil Sci. Am. Proc.*, 26 (1): 90-91.
- Trindade, A. V., A. C. P. Dias & I. Jucksch. 1997. Efeito de resíduos urbanos e de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de capim gordura *Melinis minutiflora* e cedro *Cedrela fissilis* em rejeito de mineração. *Revista Árvore*, 21(4): 575-582.