



Rem: Revista Escola de Minas

ISSN: 0370-4467

editor@rem.com.br

Escola de Minas

Brasil

Mello Filho, Carlos Henrique Ramos; Oliveira, José Roberto de; Espinosa, Denise Croce Romano;
Tenório, Jorge Alberto Soares

Caracterização e aplicação dos resíduos sólidos gerados na fabricação de precipitado de carbonato
de cálcio como corretivo da acidez do solo

Rem: Revista Escola de Minas, vol. 63, núm. 2, abril-junio, 2010, pp. 271-277

Escola de Minas

Ouro Preto, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56416596010>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Caracterização e aplicação dos resíduos sólidos gerados na fabricação de precipitado de carbonato de cálcio como corretivo da acidez do solo

(Characterization and application of the solid waste generated in the production of calcium carbonate precipitate as a corrective for the soil acidity)

**Carlos Henrique Ramos
Mello Filho**

Mestre pela REDEMAT, UFOP
E-mail: carloshenrique@redemat.em.ufop.br

José Roberto de Oliveira

*Professor, Doutor,
Coordenadoria de Metalurgia e
Materiais - PROPEMM IFES/ES*
E-mail: jroberto@cefetes.br

**Denise Crocce Romano
Espinosa**

*Professora, Doutora
Departamento de Metalurgia e
Materiais, USP*
E-mail: espinosa@usp.br

**Jorge Alberto Soares
Tenório**

*Professor, Doutor,
Professor Convidado da REDEMAT,
Ouro Preto*
*Professor Titular, Departamento de
Metalurgia e Materiais, USP*
E-mail: jtenorio@usp.br

Resumo

A indústria de carbonato de cálcio é uma atividade produtiva geradora de resíduos sólidos impactantes para o meio ambiente por conterem alta concentração de elementos alcalinos (CaO , CaCO_3 e Ca(OH)_2). Esse trabalho visa à caracterização e à classificação dos resíduos sólidos gerados no processo de hidratação de uma indústria de carbonato de cálcio, segundo as normas NBR série 10.000 da ABNT, e à determinação do potencial e à eficiência da utilização dos resíduos sólidos como corretivo da acidez do solo. Inicialmente os resíduos estudados foram submetidos à análise de massa bruta, à ensaios de lixiviação, solubilização, à ensaios de pH, à difratometria de raios X, à espectrometria de emissão atômica, via plasma indutivamente acoplado (ICP-AES), à análise granulométrica e à análise de teor de umidade. A determinação do potencial e da eficiência dos resíduos como corretivo da acidez do solo foi realizada através da análise dos atributos da qualidade dos corretivos do solo (PN, PRNT, teores de Ca e Mg, granulometria). Pelos resultados apresentados, os resíduos estudados podem ser utilizados como corretivo da acidez do solo, considerando que, para cada tipo de solo, uma composição típica de corretivo é necessária. É necessário realizar o beneficiamento do produto, fazendo a secagem e adequando o grau de moagem para as especificações exigidas pelo mercado consumidor.

Palavras-chave: Resíduos sólidos industriais, solos, acidez, corretivo.

Abstract

The calcium carbonate industry generates solid waste products which, because of their high alkaline content (CaO , CaCO_3 and Ca(OH)_2), have a substantial impact on the environment. The objectives of this study are to characterize and classify the solid waste products, which are generated during the hydration process of the calcium carbonate industry, according to ABNT's NBR 10.000 series, and to determine the potential and efficiency of using these solid residues to correct soil acidity. Initially, the studied residue was submitted to gross mass, leaching, solubility, pH, X-ray Diffractometry, Inductive Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES), granularity and humidity analyses. The potential and efficiency of the residue for correcting soil acidity was determined by analysis of the quality attributes for soil correctives (PN, PRNT,

Ca and Mg contents, granularity). Consequently, the results show that the studied residue may be used as a soil acidity corrective, considering that a typical corrective compound is recommended for each different type of soil. Additionally, the product must be further treated (dried and ground) to suit the specific requirements of the consumer market.

Keywords: Industrial solid waste, soil, acidity, correcting.

1. Introdução

A busca de fontes alternativas de insumos para a agricultura torna-se cada vez mais importante para o desenvolvimento sustentável desse setor da economia, principalmente nas regiões mais carentes (Fortes, 1993).

O emprego de alguns resíduos industriais, como fertilizantes e corretivos de solo na agricultura, tem-se mostrado uma alternativa viável para o aproveitamento desses materiais (Piau, 1995). O uso agrônomo e a maioria das pesquisas com escória de siderurgia, do tipo básica de alto-forno, especificamente no cultivo da cana-de-açúcar, começaram em 1966 (Prado & Fernandes, 2001). Apenas na década de 90, foram intensificados os trabalhos na região da Flórida nos Estados Unidos (Prado & Fernandes, 2000). Esses resíduos apresentam, geralmente, teores elevados de micronutrientes, aumentando o teor de silício no solo, em razão da sua constituição química, a base de silicato de cálcio, segundo Prado (1999). Entretanto, na utilização desses materiais, é necessário considerar-se, também, o teor de metais pesados, que, em níveis elevados, podem tornar-se tóxicos e limitar seu uso na atividade agrícola.

A indústria de carbonato de cálcio precipitado é uma atividade produtiva geradora de resíduos impactantes para o meio ambiente, gerando resíduos classificados como classe I. A matéria-prima para a fabricação desse produto de alta pureza (acima de 99 %) é a cal virgem

(CaO). Durante o processo de fabricação do precipitado, essa matéria-prima sofre algumas reações químicas ao ser misturada com alguns reagentes, que produzem, além do precipitado, resíduos, que foram denominados, devido a sua aparência granulométrica, por “polpa”, “areia”, “brita” e “mistura”, formados basicamente por $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaO , CaCO_3 e MgCO_3 .

2. Materiais e métodos

Inicialmente, foi desenvolvido um plano de amostragem definido pela norma NBR 10.007/2004 da ABNT, constando os objetivos da amostragem, número e tipos de amostras, amostradores, local de amostragem, frascos e preservação das amostras. O material amostrado teve como objetivo definir sua classificação e caracterização, bem como fornecer subsídios para a possível aplicação como corretivo da acidez do solo.

2.1 Caracterização física, química e mineralógica

2.1.1 Caracterização física

Para a caracterização física das amostras foram realizadas a análise granulométrica e a determinação da umidade.

Ensaio granulométrico

O método utilizado para efetuar a análise granulométrica foi o do peneiramento a seco. Para garantir a validade estatística da análise granulométrica, utilizou-se a determinação da massa da amostra a peneirar em função do maior elemento presente na mesma (Mello Filho, 2005).

Todas as amostras foram secas em estufa a 60°C. Após a secagem, as amostras foram pesadas e peneiradas por 20 (vinte) minutos, utilizando-se um peneirador vibratório de peneiras SOLOTEST. Após esse procedimento foram pesados os materiais retidos em cada uma das peneiras.

Determinação da umidade

As amostras foram colocadas em placas de Petri etiquetadas, pesadas em balança da marca DIGIMED, modelo KN 2000, e levadas à estufa por três dias a uma temperatura de 90°C. Depois de resfriadas, as amostras foram pesadas e determinou-se a umidade de cada amostra. O método utilizado foi através da determinação do fator de umidade correspondente à diferença entre o peso da amostra “in natura” e da amostra seca a 90°C. Tais amostras foram, então, acondicionadas em recipientes próprios e encaminhadas para as análises químicas.

2.1.2 - Caracterização química

Para a determinação da composição química das amostras dos resíduos, elementos maiores e elementos menores, foram realizadas análises por espectrometria de emissão atômica, via plasma indutivamente acoplado (ICP-AES), utilizando o equipamento SPECTRO CIRUS - CCD RADIAL. A metodologia, para a abertura das amostras, é a do procedimento operacional padrão para digestão total (Saville). Essa metodologia foi elaborada pelo responsável pelo laboratório de Geoquímica (DEGEO/UFOP) e foi modificada de Jacques Moutte, École des Mines de Saint Etienne - França.

2.1.3 Caracterização mineralógica

A determinação da composição mineralógica das amostras dos resíduos, seus minerais principais e minerais-traços, foi realizada utilizando-se o difratômetro de raios X marca RIGAKU, modelo D - MAX - B Series, nas condições de tubo de cobre, radiação 45 kV - 15 mA, com velocidade de varredura de 1,2°/minuto. As amostras foram, primeiramente, secas em estufa a 90°C durante três dias. Após isso, foram pulverizadas a pó total (granulometria menor que 0,063 mm) e retirada 1g, de cada amostra, para a prensagem em lâminas.

2.2 Ensaio de lixiviação

Com base nos resultados da espectrometria atômica por plasma (ICP-AES) das amostras “polpa” e “areia”, através dos quais foram detectados teores de 7801,0 ppm e 2699,0 ppm de estrôncio (Sr), respectivamente, procederam-se ensaios de lixiviação para averiguação da periculosidade dos resíduos em questão quanto ao Sr presente. A lixiviação é um processo para determinação da capacidade de transferência de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes no resíduo sólido, por meio de dissolução do meio extrator (NBR 10005/2004 da ABNT). A análise química do lixiviado foi processada por espectrometria de emissão atômica, via plasma indutivamente acoplado (ICP-AES), utilizando o equipamento SPECTRO CIRUS - CCD RADIAL.

2.3 Ensaio de solubilização

O ensaio de solubilização (NBR-10006/87 da ABNT) é realizado para diferenciar os resíduos das classes II e III, isto é, diferenciar os resíduos inertes dos não-inertes. Para o procedimento do ensaio, utilizou-se o agitador tipo “jar-test”, aparelho de filtração com filtro de 0,45 µm e balança de precisão de 0,01g. A análise química do solubilizado foi processada por espectrometria de emissão atômica, via plasma indutivamente acoplado (ICP-AES), utilizando o equipamento SPECTRO CIRUS - CCD RADIAL.

2.4 Ensaios de pH

O pH é um parâmetro importante de classificação dos resíduos sólidos e é definido como o logaritmo negativo da concentração de hidrogênio.

Esses ensaios seguiram as normas NBR 10004/2004, em seu item 4.2.1.2 Corrosividade, alínea a, numa mistura das amostras com água na proporção 1:1, em peso.

Foram utilizados vidro de relógio, becker, espátula, bastão de vidro, balança analítica PRECISA, modelo 205.ASCS com precisão de 4 (quatro)

casas, agitador magnético marca IKA da Labortechnik, modelo RH basic, e um peagômetro marca Hanna Instruments, modelo HI 9622. Para a realização dos ensaios foram pesadas alíquotas de 10g de cada amostra de resíduo e foi utilizada a mesma quantidade de água destilada (proporção 1:1, em peso, segundo NBR 10004/2004). Após esse processo, fez-se a homogeneização da mistura durante 2 minutos. A seguir, procedeu-se à leitura do pH.

2.5 Caracterização tecnológica para corretivo da acidez dos solos

Essa etapa, de caracterização tecnológica dos resíduos, foi desenvolvida nos laboratórios de análises de solos na EMBRAPA, em Sete Lagoas/MG.

Foram realizadas as análises para a determinação do potencial de utilização dos resíduos como corretivo da acidez do solo. Analisou-se, primeiramente, a natureza química dos constituintes presentes e, a seguir, efetuaram-se os ensaios para a determinação de Al_2O_3 , Zn, Fe, Cu, Mn, CaO, MgO.

Uma vez comprovado o potencial de utilização, ou seja, constatando-se que a soma percentual de CaO e MgO foi maior que o mínimo de 38% exigido pela legislação brasileira (Brasil, 1986), para que o material possa ser utilizado como corretivo da acidez do solo, passou-se, então para a realização dos testes para a determinação da eficiência do referido material. Foram analisados os atributos da qualidade como o Poder de Neutralização (PN), o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) e análise granulométrica dos resíduos. Todas as análises e todos os testes foram realizados seguindo a legislação vigente e adotando a metodologia da EMBRAPA para os procedimentos.

As análises de determinação do PN e PRNT foram efetuadas duas vezes. A primeira com a granulometria dos resíduos “in natura”, isto é, como originalmente amostrada na empresa e a segunda com a granulometria dos resíduos pulverizados a pó total, menor de 0.063 mm.

3. Resultados

Quando das realizações dos experimentos, estavam em vigor as normas técnicas da série NBR 10000/1987. Os resultados foram, também, analisados e discutidos segundo as normas técnicas da série NBR 10000/2004.

Os resultados das análises de difratometria de raios X representam os difratogramas das amostras analisadas Polpa, Areia, Brita e Mistura, através das quais foram determinadas as fases mineralógicas, mostradas na Tabela 1.

O resultado das análises por espectrometria de emissão atômica, via plasma, indutivamente acoplado (ICP-AES), estão relacionados nas Tabelas 2 e 3.

As análises para a determinação do potencial de utilização dos resíduos como corretivo da acidez do solo e da eficiência destes, encontram-se apresentadas nas Tabelas 4, 5 e 6. Primeiramente, foram analisadas as amostras “in natura”, isto é, com a granulometria original da fonte geradora (Tabela 5). Depois, foram analisadas as mesmas amostras com granulometria a pó total (<0,063 mm), como mostrado na Tabela 6.

Em todas as amostras analisadas, foram determinadas as fases cristalinas Calcita e Portlandita. Segundo Gaines et al. (1997), o mineral calcita ($CaCO_3$) é o principal mineral constituinte das rochas calcárias, insumo básico do processo de fabricação do carbonato de cálcio responsável pela geração dos resíduos. Outra fase presente em todas as amostras é a Portlandita [$Ca(OH)_2$], mineral associado ao processo de hidratação da cal, segundo Gaines et al. (1997), produto comum da hidratação do cimento Portland. A fase mineralógica do Quartzo foi detectada nas amostras Polpa e Areia (Tabela 1). Essa ocorrência, provavelmente, se deve às especificações físicas e químicas necessárias para a produção do carbonato de cálcio precipitado (Handbook, 1978).

A Tabela 2 mostra um teor de cálcio elevado, presente em todas as amostras dos resíduos analisados. Esses percentuais

tuais, 66,90% de CaO, para a amostra Polpa, 70,90%, para a amostra Areia, 59,90%, para a amostra Brita, e 64,30%, para a amostra Mistura, confirmam a origem desses resíduos, provenientes de rochas calcárias. A baixa presença de Mg apontada nos resultados das análises confirma que o material caracteriza como uma rocha calcária calcítica, segundo a classificação de Pettijohn (1976) e Bigarella (1985).

Teores Al_2O_3 , Zn, Fe, Cu, e Mn

Na Tabela 4 os teores de Al_2O_3 , Zn, Fe, Cu, e Mn apresentam-se baixos e, comparando esses mesmos resultados com os realizados por espectrometria de emissão atômica, via plasma (Tabelas 2 e 3), os valores encontrados apresentam-se semelhantes, exceto para o Zn, que, por espectrometria de emissão atômica via plasma, apresenta um valor de 341,2ppm para a amostra Polpa. Foi realizada uma segunda análise por espectrometria de emissão atômica via plasma. Nessa análise, os resultados para o Zn foram compatíveis. Em ambas as análises, os teores encontrados para o Al_2O_3 e o Mn foram baixos, não acarretando toxicidade para os resíduos.

Teores de CaO e MgO

Na Tabela 5, as análises foram realizadas com granulometria “in natura”. Os teores de óxido de cálcio (CaO) encontrados correspondem a 85,07%, para a amostra Polpa, 65,24%, para a amostra Brita, 58,33%, para amostra Mistura e 65,41%, para amostra Areia. Na Tabela 6, as análises foram realizadas com granulometria a pó total (<0,063mm). Os teores encontrados de óxido de cálcio (CaO) foram 61,42% para a amostra Polpa, 57,16%, para a amostra Brita, 58,84%, para amostra Mistura e 65,83%, para a amostra Areia. Para o óxido de magnésio (MgO), observa-se uma variação significativa do resultado da Tabela 5, para o resultado da Tabela 6, em relação às análises da amostra Polpa, que variou de 10,36% para 0,41%, respectivamente. O resultado da

Tabela 1 - Resultados da difratometria de raios X.

Amostras	Fases
Polpa	Portlandita- $Ca(OH)_2$, calcita- $CaCO_3$, quartzo- SiO_2
Areia	Portlandita- $Ca(OH)_2$, calcita- $CaCO_3$, quartzo- SiO_2
Brita	Portlandita- $Ca(OH)_2$, calcita- $CaCO_3$
Mistura (brita+areia)	Portlandita- $Ca(OH)_2$, calcita- $CaCO_3$

Tabela 2 - Resultado da espectrometria de emissão atômica por plasma - óxidos.

(%)	Polpa	Areia	Brita	Mistura
% Al_2O_3	0,42	0,54	0,04	0,12
% Fe_2O_3	0,15	0,17	0,02	0,04
%CaO	66,9	70,90	59,9	64,30
%MgO	0,35	0,24	0,12	0,18
% K_2O	0,13	0,12	0,02	0,03
% Na_2O	0,03	0,02	0,01	0,01
% TiO_2	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
%MnO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tabela 3 - Resultado da espectrometria de emissão atômica por plasma - elementos menores.

	Polpa	Areia	Brita	Mistura
V (ppm)	2,6	3,2	<1	1,0
Cr (ppm)	2,6	2,4	<1	1,1
Co (ppm)	<1	<1	2,5	<1
Ni (ppm)	5,3	4,5	4,0	3,4
Cu (ppm)	1,4	1,5	0,4	0,4
Zn (ppm)	341,2	8,9	1,9	61,1
Sr (ppm)	7801	2699	2766	2544
Y (ppm)	<1	<1	<1	<1
Zr (ppm)	3,1	2,2	<1	<1
Mo (ppm)	<5	<5	<5	<5
Ba (ppm)	83,7	<1	<1	<1
Li (ppm)	2,8	2,9	0,8	0,9
Be (ppm)	0,7	5,8	1,3	1,3
P (ppm)	900	316,9	161,5	206,7
Sc (ppm)	<1	<1	<1	<1
Th (ppm)	<1	<1	<1	<1

Tabela 4 - Resultados analíticos.

Identificação	Umidade	Al ₂ O ₃	Zn	Fe	Cu	Mn
Amostra Polpa	53,18	0,76	0,02	0,14	0,01	0,07
Amostra Mistura	14,46	0,76	0,01	0,18	0,01	0,03
Amostra Brita	-	0,76	0,01	0,02	0,02	0,06
Amostra Areia	51,47	0,76	0,02	0,08	0,01	0,06

Tabela 5 - Resultados analíticos - resíduos com granulometria natural.

Identificação	CaO (%)	MgO (%)	RI (%)	PN (%)	Peneira (mm)	Retido (gramas)	Passante (gramas)	PRNT (%)
Polpa	85,07	10,36	6,4	78,75	2,0(malha 10)	33,41	66,59	44,08
					0,841(malha 20)	9,13	57,46	
					0,297(malha 50)	6,69	50,77	
					Fundo	50,77		
Brita	65,24	0,36	1,6	52,5	2,0(malha 10)	93,41	6,59	1,32
					0,841(malha 20)	3,44	3,15	
					0,297(malha 50)	2,64	0,51	
					Fundo	0,51		
Mistura	58,33	0,16	*	23,5	2,0(malha 10)	41,15	58,85	9,47
					0,841(malha 20)	17,18	41,67	
					0,297(malha 50)	9,64	32,03	
					Fundo	32,03		
Areia	65,41	0,62	4,4	117,75	2,0(malha 10)	40,71	59,29	38,98
					0,841(malha 20)	20,71	38,58	
					0,297(malha 50)	19,26	19,32	
					Fundo	19,32		

análise da Tabela 5, para a amostra de Polpa, foi desconsiderados, pois não é compatível com a especificação do teor de Mg, para a rocha geradora desses resíduos, que deve ser menor que 1 %, o que classifica a rocha calcária como um calcário calcítico, segundo Pettijohn (1976) e Bigarella (1985), especificação básica para a produção do carbonato de cálcio precipitado (99,9% de pureza). As amostras Areia, Brita e Mistura apresen-

taram resultados, em ambas as tabelas, compatíveis quanto aos teores de MgO presentes, vindo a confirmar a natureza calcítica da rocha calcária utilizada no processo industrial do carbonato de cálcio precipitado. Os resultados apresentados na Tabela 2, por espectrometria de emissão atômica via plasma para CaO e MgO, condizem com os resultados obtidos nas Tabelas 5 e 6. Segundo Alcarde (2003), “(...) a identificação de

um produto como corretivo da acidez do solo é feita determinando-se também os teores de Ca e Mg. A ausência ou teores muito baixos desses elementos indicam que o produto não é corretivo de acidez do solo”. É importante observar que, para as respectivas análises de Ca e o Mg, em todas as amostras, os resultados da soma (% CaO + % MgO) são maiores que os valores mínimos exigidos pela legislação vigente. Os valores para a

Tabela 6 - Resultados analíticos - resíduos com granulometria a pó total (malha <0,063mm).

Identificação	CaO (%)	MgO (%)	RI (%)	PN (%)	Peneira (mm)	Retido (gramas)	Passante (gramas)	PRNT (%)
Polpa	61,42	0,41	-	110,5	2,0 (malha 10)	0,25	99,75	99,46
					0,841 (malha 20)	1,08	98,67	
					0,297 (malha 50)	17,76	80,91	
					Fundo	80,91		
Brita	57,16	0,25	-	102,5	2,0 (malha 10)	0,00	100,00	101,86
					0,841 (malha 20)	0,01	99,99	
					0,297 (malha 50)	1,24	98,75	
					Fundo	98,75		
Mistura	58,84	0,25	-	102,5	2,0 (malha 10)	0,00	100,00	98,08
					0,841 (malha 20)	0,00	100,00	
					0,297 (malha 50)	8,63	91,37	
					Fundo	91,37		
Areia	65,83	0,25	-	113	2,0 (malha 10)	0,11	99,89	101,27
					0,841 (malha 20)	1,16	98,73	
					0,297 (malha 50)	18,68	80,05	
					Fundo	80,05		

referida legislação são de 50% para cal hidratada agrícola e maiores que 43% para o calcário calcinado (Brasil, portaria nº 3, 1986). Essa constatação corrobora nos atributos da qualidade dos resíduos para uso como corretivo da acidez do solo.

não está em conformidade com a legislação vigente, e, pela análise da Tabela 6, nota-se que a granulometria a pó total (< 0,063 mm), apresenta-se em conformidade com a legislação em vigência.

Granulometria

A análise granulométrica realizada, para a verificação do potencial e eficiência do uso dos resíduos, como corretivo da acidez do solo foi determinada segundo a legislação vigente (Brasil, portaria nº 3, 1986) que diz no seu artigo 1º: “Os corretivos da acidez dos solo deverão possuir características mínimas: - passar 100% em peneira de 2 mm, ABNT-10; 70% em peneira de 0,84 mm, ABNT-20; e 50% em peneira de 0,30mm em peneira de 0,30mm, ABNT-50, sendo permitido uma tolerância de 5% na peneira ABNT-10”. Para o cumprimento dessa legislação e para efeito de pesquisa, foram analisadas, granulometricamente, as amostras com granulometria “in natura”, isto é, a granulometria original da fonte geradora dos resíduos, e a pó total granulometria menor que 0,063 mm. Pela análise da Tabela 5, nota-se que a granulometria “in natura”

Poder de Neutralização (PN)

Observa-se que o fator granulométrico, ou seja, a cominuição dos materiais analisados (os resíduos), exerceu forte influência nos resultados das análises do Poder de Neutralização (PN), confirmando estudos realizados por Natale et al. (1994), Bellingieri (1983), Alcarde e Rodella (2003). O fator granulométrico acarreta um aumento significativo nos índices do poder de neutralização (PN) da Tabela 5 para a Tabela 6, isto porque, com a diminuição do tamanho das partículas do material, a área superficial em contato com o solo aumenta, fazendo com que aumente a velocidade de reação do material, aumentando a capacidade de neutralização da acidez do solo devido à maior liberação das espécies neutralizantes (CaCO_3 , CaO , Ca(OH)_2 , etc.) presentes. Segundo Alcarde (2003), o PN indica a capacidade potencial, ou teórica do corretivo

em neutralizar a acidez do solo. O PN indica, apenas, que o produto é alcalino ou básico, não possibilitando caracterizar a natureza química do neutralizante, isto é, se é carbonato, óxido, hidróxido ou silicato (Mello Filho, 2005).

Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT)

Na Tabela 5, os resultados determinados nas análises do poder relativo de neutralização total (PRNT) foram 44,08%, para a amostra Polpa, 1,32%, para a amostra Mistura, 9,47%, para a amostra Brita, e 38,98%, para a amostra Areia. Nessa Tabela 5, as análises foram realizadas com a granulometria dos resíduos “in natura”, isto é, sem moagem prévia. Esse procedimento foi necessário para identificar se os resíduos poderiam ser utilizados como corretivo da acidez do solo no estado como se encontram, “in natura”, sem a necessidade da utilização de algum processo de beneficiamento para comercializá-los. Tal procedimento não ocorreu. O valor mínimo exigido pela legislação brasileira (Brasil, 1986), para o PRNT, é de 45%, sendo que o valor máximo encontrado foi na amostra Polpa com PRNT= 44,08%. Já, na Tabela 6, os resultados encontrados das análises do poder relativo de neutralização total (PRNT) foram 99,46%, para a amostra Polpa, 98,08%, para a amostra Mistura, 101,86%, para a amostra Brita e 101,27%, para a amostra Areia. Nessa Tabela 6, as análises foram realizadas com a granulometria dos resíduos a pó total, isto é, com granulometria <0,063mm. Esse procedimento foi necessário devido à necessidade de se obter o valor máximo, possível, do PRNT das amostras, sendo que tal fato ocorre quando diminuimos a granulometria do material corretivo do solo.

Observa-se que o fator granulométrico exerce muita influência nos resultados, apresentando um aumento significativo nos valores do poder relativo de neutralização total (PRNT). Segundo Alcarde (2003), o PRNT é um índice que relaciona o poder de neutralização (PN) e a reatividade (RE), possibilitando uma adequada avaliação da ação do corretivo do solo, lembrando que o PRNT é a fração do PN que agirá em três meses.

4. Conclusões

Através dos resultados das análises de caracterização e dos atributos da qualidade de corretivo do solo, para as amostras Polpa, Areia, Brita e Mistura, conclui-se que esses resíduos podem ser utilizados como corretivo da acidez do solo. As amostras dos resíduos analisadas com granulometria mais fina (<0,063mm) foram as que apresentaram melhores resultados de PN e PRNT. As 4 (quatro) amostras de resíduos analisadas apresentaram-se com granulometria < 0,063 mm, taxa de reatividade alta. Segundo Alcarde (2003), todos os resíduos que tiverem sua fração granulométrica menor que

0,30mm reagem totalmente em três meses. Portanto, estes resíduos podem ser misturados, por exemplo, com resíduos da extração de calcário (subproduto do pó calcário) para serem adequados às especificações do mercado consumidor, que exige um efeito residual do produto, de acordo com as condições do solo e de plantio.

5. Referências bibliográficas

- ALCARDE, J. C., RODELLA, A. A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. *Tópicos em Ciências do Solo*. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Editora Viçosa/MG, v. 3, 2003. p.291-333.
- BELLINGIERI, P.A. *Avaliação em laboratório da eficiência de diferentes frações granulométricas de calcários agrícolas*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1983. (Tese de Doutorado em Agronomia - Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas).
- BIGARELLA, J. J., LEPROVOST, A., BOLSANELLO, A. *Rochas do Brasil*. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1985. cap. 27. 311p.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Fiscalização Agropecuária. Portaria nº 1, de 4 de março de 1983.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Fiscalização Agropecuária. Portaria nº 3, de 12 de junho de 1986.
- FORTES, J.L.O. *Eficiência de duas escórias de siderurgia, do Estado do Maranhão, na correção da acidez do solo*. Viçosa: UFV/MG, 1993. (Dissertação de Mestrado).
- GAINES, R.V. et al. *Dana's New Mineralogy*. (8. ed.). Wiley. 1997.
- HANDBOOK OF GEOCHEMISTRY. New York: Heidelberg, Springer-Verlag Berlin. v. I, n. 2-4, krypton 38, 1978.
- MELLO FILHO, C.H. *Estudo de caracterização e aplicação dos resíduos sólidos gerados na fabricação de precipitado de cálcio, como corretivo da acidez do solo*. Ouro Preto: REDEMAT/ Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP, 2005. (Dissertação de Mestrado - Área de Concentração: Caracterização e Seleção de Materiais).
- NATALE, W., COUTINHO, E.L.M. Avaliação da eficiência agromineral de frações granulométricas de um calcário dolomítico. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. Editora Viçosa/MG, n. 18, p. 55-62, 1994.
- PETTIJOHN, J. J. *Rocas Sedimentarias*. (3. ed.). Buenos Aires: Edigraf, 1976. p.419-420.
- PIAU, W.C. *Efeitos de escória de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (Zea mays L.)*. Piracicaba: CENA, Universidade de São Paulo, 1995. 124p. (Tese de Doutorado).
- PRADO, R. M., FERNANDES, M. F. Eficiência da escória de siderurgia em latossolo vermelho na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. *STAB*. v.19, n.4, p.26-29, março/abril, 2001.
- PRADO, R. M., FERNANDES, M. F. Escória de siderurgia e calcário na taxa de folhas senescentes da cultura da cana-de-açúcar. *Revista de Agricultura, Piracicaba*, v. 75, fascículo 3, 2000.
- PRADO, R. M., FERNANDES, M. F. Efeito do calcário e da escória de siderurgia na disponibilidade de fósforo em latossolo vermelho-escuro e em areia quartzosa. *Revista de Agricultura, Piracicaba*, v.74, fascículo 2, 1999.

Artigo recebido em 09/08/2007 e aprovado em 04/11/2009.