



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO - CEPRO**



**ESTUDO DO POTENCIAL DA PEDRA SABÃO DA REGIÃO DE OURO PRETO –
MG PARA POSSÍVEL USO COMO FERTILIZANTE**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANTÔNIA AUXILIADORA FERREIRA GOMES

OURO PRETO, 2018

ANTÔNIA AUXILIADORA FERREIRA GOMES

**ESTUDO DO POTENCIAL DA PEDRA SABÃO DA REGIÃO DE OURO PRETO –
MG PARA POSSÍVEL USO COMO FERTILIZANTE**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Máximo Eleotério Martins.

Ouro Preto

Escola de Minas – UFOP

2018

G633e Gomes, Antônia Auxiliadora Ferreira.
Estudo do potencial da pedra sabão da região de Ouro Preto - MG para possível uso como fertilizante [manuscrito] / Antônia Auxiliadora Ferreira Gomes. - 2018.

57f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Máximo Eleotério Martins.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Pedra sabão. 2. Esteatito. 3. Fertilizantes. 4. Sustentabilidade. I. Martins, Máximo Eleotério. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 658.5



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Departamento Engenharia de Produção, Administração e Economia

ATA DE DEFESA

Aos 28 dias do mês de Março de 2018, às 15:00h, no Auditório Fundação Gorceix na Escola de Minas – Campus Morro do Cruzeiro foi realizada a defesa de monografia pela aluna **ANTÔNIA AUXILIADORA FERREIRA GOMES**, sendo a banca examinadora constituída pelos professores: **Prof. Máximo Eleotério Martins** (orientador), **Profa. Samantha Rodrigues de Araújo** e **Prof. Yã Grossi Andrade**. A aluna apresentou a monografia intitulada: **“ESTUDO DO POTENCIAL DA PEDRA SABÃO DA REGIÃO DE OURO PRETO – MG PARA POSSÍVEL USO COMO FERTILIZANTE”**. A banca examinadora deliberou, por unanimidade, pela aprovação da candidata. Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca examinadora e pela aluna.

Ouro Preto, 28 de março de 2018.


Prof. Máximo Eleotério Martins
Professor Orientador/ Presidente


Profa. Samantha Rodrigues de Araújo
Membro


Prof. Yã Grossi Andrade
Membro


Antônia Auxiliadora Ferreira Gomes
Aluna

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tornar esse sonho realidade. “Até aqui a Tua mão me sustentou”!

À minha mãe Elizabeth, pelo apoio incondicional, orações e companheirismo em todos os momentos. Esta conquista também é sua!

Ao meu irmão William (in memorian) e à minha tia Geralda (in memorian) por intercederem a Deus por mim. Com certeza estão felizes com a realização deste sonho que também era deles!

Aos meus familiares, que mesmo de longe torceram por mim, rezaram e me incentivaram.

Aos amigos que conquistei durante esse percurso e aos amigos antigos que estiveram comigo durante todo esse tempo. Vocês foram fundamentais. Obrigada pelos momentos de descontração e inúmeras risadas e rocks, e também pelo apoio nos momentos de dificuldade.

Agradeço ainda a todos os professores da UFOP pelos ensinamentos, principalmente àqueles do DEPRO. Em especial ao professor Máximo, pela oportunidade e por todo conhecimento adquirido nesse projeto.

À cidade de Ouro Preto por me proporcionar a realização de mais este sonho. Pela acolhida e pelos inúmeros momentos que levarei comigo por toda a minha vida.

À UFOP e à gloriosa Escola de Minas pelo ensino de qualidade.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para que eu vencesse mais esse desafio.

Muito obrigada!

“Combati o bom combate, acabei a carreira, guardei a fé.”

(2 Timóteo. 4:7)

RESUMO

Neste trabalho foi analisada a possibilidade de transformação dos resíduos da rocha esteatito da região de Ouro Preto, mais conhecida como pedra sabão, em fertilizante. A atividade artesanal da região gera uma quantidade considerável de resíduos e a sua má administração culmina no surgimento de danos ambientais decorrentes da lavra da matéria prima, como assoreamentos e contaminação do ambiente em consequência da acomodação de grandes volumes de sedimentos no solo e em cursos d'água, além de ser prejudicial à saúde. A pesquisa teve como principal objetivo a caracterização química e mineralógica desses resíduos para obtenção da comprovação da viabilidade ou não de uso desse material para a produção de fertilizantes. Isso se deu através da confrontação dos dados obtidos em laboratórios com os dados disponíveis na literatura. É importante dizer que ao se aplicar o que foi estudado, haverá um ganho socioambiental. Primeiramente foi realizada a análise granulométrica da rocha a fim de verificar o tipo de granulometria presente no material e suas frações em porcentagem, para definir quais delas se adequam a certos tipos de fertilizantes. Na sequência, foi feita a análise de difração de raios-x na qual se buscava encontrar resultados que fornecessem a composição química e mineralógica do resíduo, ou seja, para verificar a predominância do talco e demais minerais e elementos que compõem o esteatito, uma vez que há a possibilidade de uso do talco em substituição do caulim para reduzir a higroscopicidade apresentada por determinados tipos de fertilizantes. Por último, foi realizada a análise de ICP-OES para identificar os elementos químicos presentes na rocha, com o intuito de observar quais deles possuem características relacionadas aos fertilizantes. Acredita-se que os resíduos da rocha podem ser utilizados para a produção de fertilizantes tanto em pó quanto granulado. Foi observada a predominância do mineral talco no material. E também foram encontrados elementos químicos com potencialidade para fertilização.

Palavras-chave: Pedra sabão, esteatito, fertilizantes, sustentabilidade.

ABSTRACT

In this work the possibility of transforming the residues of steatite rock from the Ouro Preto region, better known as soapstone, into fertilizer was analyzed. The artisanal activity of the region generates a considerable amount of waste and its poor management culminates in the appearance of environmental damages resulting from silting of the raw material, silting and contamination of the environment as a consequence of the accommodation of large volumes of sediments in the soil and as well as being harmful to health. The main objective of the research was the chemical and mineralogical characterization of these residues to obtain the confirmation of the feasibility or non-use of this material for the production of fertilizers. This was done by comparing the data obtained in laboratories with the data available in the literature. It is important to say that when applying what was studied, there will be a socio-environmental gain. Firstly, the granulometric analysis of the rock was carried out in order to verify the type of granulometry present in the material and its fractions in percentage, to determine which of them are suitable for certain types of fertilizers. The X-ray diffraction analysis was carried out in which the results were obtained that provided the chemical and mineralogical composition of the material, that is, to verify the predominance of the mineral talc and other minerals and elements that composed the steatite, since it is possible to use talc instead of kaolin to reduce the hygroscopicity of certain types of fertilizers. Finally, the analysis of icp-oes was performed to identify the chemical elements present in the rock and their corresponding quantities, in order to observe which of them have characteristics related to fertilizers. It has been found that rock waste can be used for the production of fertilizers in both powder and granulate. The predominance of the talc mineral in the material has been proven. And also chemical elements with potentiality for fertilization.

Keywords: Soapstone, steatite, fertilizers, sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Principais localidades produtoras de artesanato de pedra sabão em Minas Gerais.	12
Figura 2.1 – Estrutura cristalográfica do talco.	16
Figura 2.2 – Mina de Bandeirinhas, Santa Rita de Ouro Preto.	21
Figura 3.1 – a) Localização do distrito Santa Rita de Ouro Preto. b e c) Fonte e acomodação das amostras para transporte.	29
Figura 3.2 – Fluxograma apresentando a execução deste trabalho.	30
Figura 3.3 – Lei de Bragg.	33
Figura 4.1 – Curva granulométrica da pedra sabão	39
Figura 4.2 – Difratomogramas das amostras da pedra sabão.	40
Figura 4.3 – Difratomogramas de cada amostra	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Usos e especificações do talco.....	18
Tabela 2.2 – Quadro comparativo entre produção fim de tubo e produção mais limpa.....	24
Tabela 3.1 – Peneiras da série Tyler.....	31
Tabela 4.1 – Referência de padrões identificados.	42
Tabela 4.2 – Percentuais em média dos constituintes da pedra sabão.....	42
Tabela 4.3 – Quantificação dos elementos químicos.	42
Tabela 7.1 – Granulometria por sedimentação.....	51
Tabela 7.2 – Massa específica do sólidos.....	53
Tabela 7.3 – Parâmetros da análise de DRX.	53
Tabela 7.4 – Lista dos picos analisados na amostra 01.	54
Tabela 7.5 – Lista dos picos analisados na amostra 02.	55
Tabela 7.6 – Lista de picos analisados na amostra 03.....	56
Tabela 7.7 – Lista de picos analisados na amostra 04.....	57
Tabela 7.8 – Lista de picos analisados na amostra 05.....	58

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	12
1.1 – Objetivo geral	13
1.2 – Objetivos específicos	13
1.3 – Justificativa.....	14
2 - REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 – A pedra sabão	15
2.2 - Talco.....	16
2.3 – Artesanato de pedra sabão e o meio ambiente.....	20
2.4 – Resíduos Sólidos	21
2.5 – Produção mais limpa	23
2.6 – Produção Fim de Tubo em relação à Produção Mais Limpa.....	23
2.7 – Fertilizantes	25
2.8 – Rochagem	27
3 – METODOLOGIA.....	29
3.1 – Análise granulométrica.....	31
3.2 – Análise de difração de raios-x	33
3.1 – Análise de ICP-OES	34
4 – RESULTADOS	37
4.1 – Análise granulométrica.....	37
4.2 – Análise de difração de raios-x	40
4.3 – Análise de ICP-OES	42
5 – CONCLUSÃO.....	44
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
7 – ANEXOS	51

1 - INTRODUÇÃO

Praticamente tudo o que é utilizado pelos seres humanos provém de um bem mineral, como por exemplo, artefatos culinários, cosméticos, tintas, papéis, tecidos, etc. Muitos desses bens minerais são abundantes em determinadas regiões. A pedra sabão é abundante na região de Ouro Preto e o artesanato relacionado ao seu uso gera resíduos que são prejudiciais ao ambiente. Na figura 1.1 são apresentadas algumas regiões de Minas Gerais onde a pedra sabão pode ser encontrada. A dificuldade de transformação desse material sem que existam perdas desnecessárias que posteriormente trarão danos à sociedade e ao ambiente é um dos grandes desafios da atualidade.



Figura 1.1 – Principais localidades produtoras de artesanato de pedra sabão em Minas Gerais.
Fonte: Santos (2009).

De acordo com Santos (2009), é importante diferenciar o esteatito da pedra sabão. Uma vez que, esteatito é nome técnico e pedra sabão é a denominação utilizada para a comercialização do bem mineral. A única diferença se encontra nas denominações, pois, possuem as mesmas características. Apresentam propriedades semelhantes às de um sabão, daí um dos motivos de o nome popular ser associado ao mesmo. O mineral talco é o principal constituinte do esteatito. A rocha resulta de um processo metamórfico, no qual foi submetida a altas temperaturas e pressões. A forma de uso da pedra sabão vai depender da maneira como será beneficiada e da sua formação geológica.

Para Carneiro et. al (2010), a atividade artesanal é prejudicial à saúde. Os artesãos correm o risco de serem acometidos por doenças pulmonares. O principal componente da rocha é um filossilicato de magnésio hidratado e pode ser encontrado associado ao asbesto, à sílica livre cristalina e a outros minerais. Dependendo da localização das oficinas, os danos podem ser ainda maiores devido à alta ou constante exposição dos trabalhadores ao material. Uma vez que, as oficinas se localizam próximo ou até mesmo dentro das residências dos artesãos. O artesanato em pedra sabão é algo que é passado de pai para filho no decorrer dos anos e movimenta grande parte da economia da cidade e das comunidades vizinhas.

Este trabalho analisa o potencial dos resíduos da pedra sabão para uso na indústria de fertilizantes, pois, a comunidade relata a eficácia desses resíduos na adubação de suas plantas e hortas. Foram executadas as análises laboratoriais de granulometria, difração de raios-x e ICP-OES no estudo da validação desse relato.

A análise granulométrica forneceu uma curva de classificação granulométrica que possibilitou o entendimento a respeito da granulometria que poderá ser usada na produção de determinados tipos de fertilizantes e seus respectivos percentuais. A análise de difração de raios-x forneceu difratogramas que contém a composição mineralógica e química do material. E por fim, a análise de ICP-OES quantificou os elementos químicos presentes na amostra para que fosse investigada a presença ou não de determinados elementos químicos que possuem potencial para fertilização. Todos os resultados encontrados estão em conformidade com o previsto.

1.1 – Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar as possibilidades de transformar resíduos gerados nas atividades artesanais que envolvem a pedra sabão da região de Ouro Preto – MG em fertilizante.

1.2 – Objetivos específicos

- Melhorar o processo de produção artesanal da pedra sabão incorporando os resíduos gerados à rochagem;

- Minimizar os danos causados ao ambiente pela geração dos resíduos;
- Caracterizar a granulometria e a densidade do resíduo;
- Utilizar a difração de raios-x para obter a composição química e mineralógica dos resíduos;
- Quantificar os elementos químicos com potencial para fertilizar, fazendo uso da técnica ICP-OES.

1.3 – Justificativa

A pesquisa foi inicialmente motivada através de relatos da comunidade no 1º Fórum de Resíduos Sólidos da UFOP. Esses relatos foram feitos acerca da eficiência dos resíduos da pedra sabão quando utilizados de forma rudimentar na adubação de suas plantas e hortas. Neste sentido, este trabalho se justifica por:

- i) Possível utilização do método de Rochagem dadas às características do material estudado e as vantagens oferecidas pelo método, justificando o seu uso aliado às técnicas convencionais.
- ii) O volume de resíduos gerados nas oficinas dos distritos é bastante significativo, daí a necessidade de se desenvolver técnicas para dar uma destinação adequada a esse material.
- iii) Risco de contaminação dos lençóis freáticos e doenças respiratórias. Muitas das vezes, o material é disposto de maneira inadequada e atinge os lençóis freáticos, contaminando-os. Devido às pilhas de material que se amontoam próximo das oficinas, os artesãos e pessoas das comunidades do entorno são contaminadas através da aspiração do pó da pedra sabão e são acometidas por doenças respiratórias e pulmonares.
- iv) A geração de renda através da atividade artesanal diversifica a economia da região. A possibilidade de reaproveitar a parte que é descartada traz uma alternativa a mais para aquecer os dois vieses.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentado um estudo preliminar que serviu de base para o desenvolvimento deste trabalho. Para tal, foi feita uma revisão bibliográfica sobre a pedra sabão, o principal mineral constituinte da pedra sabão (talco), o mineral substituto do talco, a definição e classificação dos resíduos sólidos segundo a ABNT, conceitos de produção mais limpa e tecnologias fim de tubo, a elucidação e classificação dos fertilizantes e finalmente a descrição de rochagem.

2.1 – A pedra sabão

De acordo com Bezerra (2002), no Brasil há a ocorrência do agalmatolito e o esteatito que são dois tipos de rochas metamórficas, diferentes em sua estrutura química e mineralógica, que se denominam pedra sabão. O mineral talco é o principal constituinte do esteatito ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$), já o agalmatolito é constituído por aproximadamente 90% de pirofilita, silicato de alumínio hidratado.

Segundo Ferreira (2013, apud Pinheiro, 1973), a rocha esteatito pode ser encontrada nos tons de cinza, cinza-esverdeado, cinza-azulado, apresenta-se nos tons creme ou creme-avermelhado quando em processo de intemperização. É uma rocha de granulação fina, podendo ser riscada pela unha, é compacta, plástica e possui dureza baixa. O seu principal constituinte é o mineral talco, que possui a fórmula $3(MgO).4(SiO_2).H_2O$, que é um filossilicato de magnésio hidratado.

Para que uma rocha possa ser denominada esteatito, a pedra sabão deve apresentar no máximo, 4% de Al_2O_3 , 1,5% de CaO e 1,5% de $FeO + Fe_2O_3$ (Ferreira 2013, apud Pinheiro 1973). Os materiais rochosos que possuem o talco como um de seus constituintes, têm em sua composição alguns minerais acessórios, como calcita, dolomita, tremolita, piroxênios, serpentinita, anfibólios, pirita e hematitalimonita. O seu ponto de fusão é cerca de $1320^{\circ}C$, podendo variar com o teor de impureza (Ferreira 2013, apud Pinheiro 1973).

2.2 - Talco

Para Rodrigues (2010), o talco é um mineral cuja composição é basicamente constituída por tetraedros de silício e oxigênio, formando camadas exteriores para octaedros de magnésio e hidroxila, como pode ser observado na figura 2.1. As forças que unem essas camadas são do tipo van der Waals. Em decorrência disso, é caracterizado como um mineral que não possui um arranjo de cargas superficiais padronizadas, ou seja, é um mineral anisotrópico e suas partículas apresentam diferentes extremidades e planos basais. Pode ser encontrado de formas variadas, isso muda de acordo com a sua localização geográfica, em geral se apresenta nas formas, lamelar, granular e acicular. Quando utilizado para usos comerciais, a forma mais compatível é a lamelar.

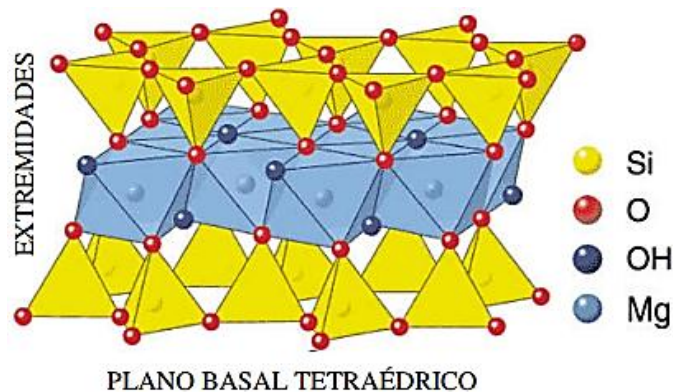


Figura 2.1 – Estrutura cristalográfica do talco.
Fonte: Nunes (2018).

Segundo Pontes e Almeida (2008), inércia química, alvura, baixas condutibilidade térmica e elétrica, resistência ao choque térmico, alta capacidade de absorção de óleos e graxas, alto poder lubrificante, suavidade ao tato, alta área de superfície podem ser citadas como propriedades tecnológicas do talco. A aplicabilidade do mineral para os mais variados usos está ligada diretamente à composição química, alvura, mineralogia e granulometria.

De acordo com Campos (2001), os ramos industriais de maior importância que utilizam o talco como matéria-prima são o de tinta e verniz, borrachas, papel, cerâmica, têxteis, produtos alimentares, plásticos, perfumaria, produtos farmacêuticos e defensivos agrícolas. Na fabricação de tintas e verniz, o talco é utilizado como carga e corante, quando se encontra na forma lamelar. É geralmente usado como agente de suspensão, quando se encontra na forma fibrosa. Na produção de borrachas, o talco impede que os moldes se juntem aos produtos

durante a manufatura, dessa forma, é usado na indústria borracheira como agente pulverizador.

A abrasividade, composição, propriedades químicas, alvura e geometria das partículas do talco, são características importantes para produção de papel (Campos, 2001). Além disso, para assegurar a opacidade, o talco deve ter alto índice de refração e pureza. Como é utilizado como carga e corante alvejante, tem que apresentar inércia química (Campos, 2001). Na indústria ceramista, as resistências (mecânica, ao choque térmico, ao ataque de álcalis e elétrica em altas temperaturas), aumentam com o uso do talco. Já a temperatura de maturação de massa, a perda dielétrica, a expansão por absorção de água e a contração de queima, diminuem.

Na produção têxtil, o mineral é usado para alvejar e dar peso aos tecidos, fios e barbantes (Campos, 2001). Já para fabricação de produtos alimentares, o talco serve para clarificar óleos comestíveis e é utilizado como agente em pó na produção de doces e balas, usado também na fase de beneficiamento do arroz para polimento (Campos, 2001). Na manufatura de utensílios plásticos variados, o talco é usado como carga e reforço, baquelite, massa plástica e polipropileno. Para isso, sua granulometria deve ser estipulada anteriormente e ter baixo teor de Fe_2O_3 . No reparo de imperfeições em artefatos de poliamida injetada, é utilizado como carregamento (Campos, 2001).

Conforme Campos (2001), os ramos da perfumaria, sabão e velas requerem material puro. Então, faz-se necessária a criação de tecnologias para que sejam atendidas as exigências relacionadas à qualidade dos produtos, uma vez que a maior parte do mineral que vai para essas indústrias passa por técnicas de beneficiamento. Por ser fluido e adsorvente, é destinado ao uso como suporte para corantes orgânicos e inorgânicos. Na indústria farmacêutica, o talco é utilizado na confecção de cápsulas, drágeas e comprimidos, e utilizado como carga para cremes, pós, granulados e pomadas. E finalmente, para produção de defensivos agrícolas tem seu uso em inseticidas, especialmente como carga inerte.

Na tabela 2.1 são apresentadas as especificações de talco que resultaram de contatos com consumidores e produtores, onde os mesmos utilizam-se do mineral como matéria-prima nos mais diversos ramos da indústria, devido a uma padronização internacional (Santos 2010, apud Pontes e Almeida, 2005).

Tabela 2.1 – Usos e especificações do talco.
 Fonte: Santos (2010), apud Pontes e Almeida (2005).

Usos	Tamanho	Composição Química	Alvura (ISO*)	Mineralogia	Propriedades	Outros
Tintas (Espalhador)	100% < 200# 96,5% < 325#	SiO ₂ +MgO ≥ 75% Al ₂ O ₃ ≤ 2% H ₂ O+M. Vol. ≤ 1% Perda ao fogo ≤ 7%	65 – 87	Partículas lamelares	Inércia química, Hidrofobicidade, Alvura	Peso Específico 2,8 a 2,9
Tintas (Pigmentos)	100% < 325#	SiO ₂ : 50 a 65% MgO: 24 a 32% MgO + SiO ₂ ≥ 88% CaO ≤ 9%; CO ₂ ≤ 1% Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ ≤ 6% H ₂ O+MV ≤ 1% Perda ao Fogo ≤ 7%	77 – 78	Partículas fibrosas (tremolítico)	Alvura Inércia química Adsorção de óleos 27 a 31%	Peso Específico 2,8 a 2,9
Cosméticos (Carga)	99,6% < 325#	Chumbo < 20ppm Fe ₂ O ₃ < 0,75 Solução Ac. < 2% Sol. H ₂ O < 0,2% As < 3 ppm pH: 6,5 até 9,5 % Sol. CaO < 1,5% Perda ao Fogo: 3 a 8%	82 – 89,5	Ausência tremolita e carbonatos	Hidrofobicidade natural, Leveza, Lisura, Maciez, Inércia química, Alvura	X
Papel (Cobertura)	96,8% a 99,9% < 325#	CaCO ₃ < 4% Fe ₂ O ₃ ≤ 2% MgO: 30,7 a 31,7% SiO ₂ : 47,4 a 58,2% CaO: 0,3 a 1% Al ₂ O ₃ : 0,4 a 1% PF: 6,9 a 20,3%	74 – 84	Isto de tremolita	Hábito placóide, Inércia química, Alvura	Peso específico 2,8 a 2,9 Partículas lamelares
Cerâmica (Branca)	97% < 325#	Fe ₂ O ₃ ≤ 1,5% CaO ≤ 1,5 Al ₂ O ₃ ≤ 4	> 77	Minerais que não o talco: Máx. 5 a 10%	Fundente	MgO o mais alto possível

Continuação da tabela 2.1:

Usos	Tamanho	Composição Química	Alvura (ISO*)	Mineralogia	Propriedades	Outros
Borracha (Lubrificante)	99% < 325#	SiO ₂ =60 a 63% MgO=26 a 33% Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ ≤2% Mn<0,01% Cu<0,002% Perda ao fogo=5%	Branco	X	Hidrofobicidade Inércia química	Umidade 3%
Sabão 1ª Linha Sabão 2ª Linha	99% < 325#	Al ₂ O ₃ =5% MgO≥30,6% SiO ₂ =54% Fe ₂ O ₃ =0,8% CaO=0,1%	Claro (1ªLinha) Escuro (2ªLinha)	X	Inércia química, Alvura	Umidade <1% Perda ao fogo 3%
Inseticidas	90% < 325#	pH8	X	X	Inércia química	Adsorção
Têxteis	Sem resíduos arenosos	X	X	Sem minerais de alta dureza	Alvura	X
Papel (Carga)	95% < 400#	X	54 a 75	X	Inércia química, Hidrofobicidade	X
Rações (Veículo)	95% < 200#	X	X	Sem minerais de dureza >4	Inércia química	Umidade de 3 a 5%
Fertilizantes	95% < 200#	X	X	X	Inércia química	Umidade de 3 a 5%
Plástico (carga e reforço)	100% < 200#	X	≥74	Talco ou pirofilita	Inércia química, Alvura	Isento de umidade
Plástico (Anti-aderente)	100% < 325#	X	≥74	Talco ou pirofilita	Inércia química, Alvura	Acidez baixa

*(ISO) – International Standard Organization.

2.3 – Artesanato de pedra sabão e o ambiente

Para Castilhos et al. (2006), o artesanato advindo da exploração da pedra sabão na região é uma das fontes de renda da maioria dos moradores da cidade e das pequenas comunidades no entorno. Muitas famílias sobrevivem através da produção e venda de objetos de decoração, esculturas, artefatos culinários, entre outros. Essa atividade é tradicional da região e está vinculada ao sucesso obtido pelo mestre Aleijadinho, no período Barroco. O sucesso das peças fabricadas na região atinge vários mercados, inclusive o internacional. A rocha possui dureza baixa, isso proporciona uma maior facilidade para os artesãos no trabalho que é basicamente manual. A atividade artesanal é a principal atividade das pequenas comunidades. Algumas pessoas prestam serviços às mineradoras de pedra sabão e talco, extração de carvão vegetal e serviços domésticos, podendo ser serviços temporários ou não.

De acordo com Bacci et al. (2006), a prática relacionada à exploração mineral pode gerar grandes impactos ao meio ambiente, sendo que a maioria deles podem ser irrecuperáveis. Com o passar dos anos, essas atividades vêm sendo evidenciadas pelo seu potencial de gerar empregos e desenvolvimento para a região onde são executadas, além de favorecer donos de pequenas propriedades rurais como fonte de rendas extras, principalmente em regiões menos favorecidas socialmente.

Para Cabral, (2012) da perspectiva ambiental, o uso exploratório dos bens minerais se caracteriza essencialmente como algo não sustentável. Uma vez que, para a sua prática é crucial a remoção dos recursos naturais do meio ambiente, contribuindo assim para o esgotamento da extensão, visto que muitos dos recursos não são renováveis. Dessa forma, faz-se necessária a utilização de métodos que visem à redução dos impactos das atividades antrópicas. Pode-se citar como exemplos de intervenções para a reparação de áreas degradadas, preservação da fauna e da flora por meio da manutenção da cobertura vegetal, assim como o controle sobre disposição de dejetos e poluição sonora.

Segundo Silva et al. (2014), a atividade mineral no distrito de Santa Rita de Ouro Preto é tipicamente desenvolvida por pessoas pertencentes aos mesmos grupos familiares, e em pequena proporção. A localidade se encontra na área rural do município de Ouro Preto, situado a 30km do mesmo. Estima-se uma população de 4.588 indivíduos (IBGE, 2014). Em decorrência da mineração, da extração das rochas, as paisagens vêm sofrendo alterações

significativas, onde antes predominavam as montanhas, hoje sobressaem os taludes. Além disso, a paisagem também é modificada através de alterações de cursos naturais d'água, e em consequência disso, a criação de cursos d'água superficiais. Dessa forma, redefinindo a paisagem natural da região, ou seja, modificando as formas geológicas. Por outro lado, a geração de renda e empregos caracteriza um impacto socioambiental favorável. As figuras 2.2 a e b mostram como é feita a exploração da pedra sabão em uma mina em Ouro Preto.



a)
b)
Figura 2.2 – Mina de Bandeirinhas, Santa Rita de Ouro Preto.
Fonte: Silva et. al (2014).

2.4 – Resíduos Sólidos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT define resíduos sólidos como aqueles decorrentes de práticas originárias da indústria, dos hospitais, do comércio, da agricultura, do meio doméstico, de serviços e de varrição, que se encontram na forma sólida e semissólidas. Os lodos oriundos de sistemas de tratamento de água, assim como os que são produzidos em instrumentos e instituições que atuam no controle de poluição, e ainda os líquidos cujas características específicas façam com que o seu lançamento nos corpos hídricos ou rede pública de esgotos acarretem em uma prática inviável, ou que para que isso ocorra seja necessária a implementação de procedimentos tecnológicos não viáveis economicamente.

Na norma 10004 (ABNT, 1987), que diz respeito à classificação de periculosidade dos resíduos, são levados em consideração aspectos que oferecem riscos consideráveis ao ambiente e à saúde pública. Esses riscos são classificados em classe I, II e III.

Na classe I estão os resíduos perigosos que apresentam uma ou mais características, tais como, reatividade, toxicidade, inflamabilidade, patogenicidade e corrosividade. São ameaças ao meio ambiente quando manuseados de forma incorreta. São responsáveis por gerar ou evidenciar, de maneira expressiva, um incremento na mortalidade ou ocorrência de doenças, apresentando dessa maneira, riscos à saúde pública. Os resíduos sólidos industriais perigosos podem ser citados como exemplo de classe I.

Na classe II estão os resíduos não inertes caracterizados por apresentarem solubilidade em água, biodegradabilidade e combustibilidade, e podem apresentar características que não se incluem nas classificações de resíduo I ou III. Os resíduos sólidos domésticos exemplificam a classe II.

E por fim, na classe III os resíduos inertes são aqueles que não possuem nenhum de seus elementos solubilizados em concentrações acima das estipuladas pelos moldes de potabilidade de água. Material cerâmico, vidros, borrachas e determinados tipos de plásticos que não são imediatamente decompostos, são exemplos da classe III.

De acordo com Sautner e Soares (2000), as empresas que souberem aproveitar o potencial competitivo que está relacionado com as novas práticas sustentáveis, ou seja, as que souberem aliar os benefícios ambientais e sociais decorrentes disso ao marketing do meio ambiente, obterão maiores lucros se comparadas às que não o fizerem. Devido à ênfase na preservação ambiental, conseqüentemente, o meio ambiente, as empresas, os funcionários, os consumidores e a sociedade serão beneficiados.

Para Brollo (2001), a má administração dos resíduos sólidos pode culminar em degradação ao meio ambiente, problemas relacionados à saúde pública, os quais são riscos não desejáveis pelas comunidades. O estudo dos métodos de degradação ambiental e das maneiras de preservar e recuperar o ambiente devem ser levados em conta, a fim de caracterizar e nomear práticas estratégicas para que se possa efetuar a gestão dos resíduos. De maneira semelhante, devem-se procurar adquirir conhecimento sobre como prevenir ou corrigir problemas relacionados à saúde. Na hora de fazer a escolha do local para acomodação dos resíduos, devem ser observados os fatores ligados à saúde pública, preservação do meio ambiente, fatores econômicos, sociais e administrativos, e a estética local que abrangem a gestão de resíduos.

2.5 – Produção mais limpa

Segundo Pereira e Sant'Anna (2012), as empresas começaram a se conscientizar a respeito dos cuidados com o ambiente, intermediadas pelas autoridades ambientais. Impulsionadas pelo fato de que todo resíduo gera custos, resolveram mudar seu modo de gestão. Focaram em uma gestão ambiental voltada para a prevenção, mas sempre com o objetivo de aumentar sua lucratividade aliado à criação de uma imagem que lhes garantisse uma maior credibilidade perante à comunidade. A produção mais limpa é uma das abordagens que foram criadas a fim de atender a essas necessidades, e é a mais adotada pelas empresas (Pereira e Sant'Anna, 2012). Objetiva pela erradicação dos resíduos durante o processo produtivo, e não após o seu término.

De acordo com Pimenta e Gouvinhas (2012), a produção mais limpa surge num contexto onde a busca por práticas que agridam menos ao ambiente é crescente, tanto por parte das empresas, que buscam por menor desperdício e maior rentabilidade, quanto por parte dos consumidores, que desejam consumir produtos que não resultem em agressões ao meio ambiente e em desperdícios. A produção mais limpa baseia-se em aplicar de forma contínua uma estratégia ambiental preventiva incorporada aos processos e produtos, objetivando a redução de custos e desperdícios, dos riscos ao meio ambiente e à sociedade, tornando a empresa competitiva e inovadora perante o mercado, e por fim, a otimização dos processos industriais (Pimenta e Gouvinhas, 2012).

Para Oliveira (2006), a produção mais limpa é caracterizada pela sua facilidade de implantação e aplicabilidade. Portanto, dessa forma, tem sido implantada por empreendimentos de pequeno e médio porte com êxito. Não necessita de grandes investimentos em estruturas, consultorias e mecanismos. As condições de trabalho são melhores e há o comprometimento da equipe com o processo produtivo, resultando em mudanças no clima organizacional e melhor qualidade dos produtos.

2.6 – Produção Fim de Tubo em relação à Produção Mais Limpa

Mello (2002) define as tecnologias fim de tubo como tecnologias utilizadas no reparo dos processos industriais. Ou seja, no tratamento dos fatores causadores da poluição e não na sua prevenção, como acontece com a produção mais limpa. Tais tecnologias são usadas para

minimizar e tornar inertes os resíduos, efluentes e emissões, e também são utilizadas no seu tratamento. As estações de tratamento de efluentes (ETE), as tecnologias de tratamento de resíduos sólidos, os filtros de emissões atmosféricas, são exemplos de tecnologias fim de tubo. A tabela 2.2 faz uma comparação entre os pilares que sustentam a produção fim de tubo e a produção mais limpa.

Tabela 2.2 – Quadro comparativo entre produção fim de tubo e produção mais limpa.
Fonte: Oliveira (2006), apud Greenpeace (2005).

O enfoque do Controle de Poluição Fim de Tubo	O enfoque da Prevenção à Poluição Produção Mais Limpa
Poluentes são controlados por filtros e métodos de tratamento do lixo	Poluentes são evitados na origem, através de medidas integradas
O controle de poluição é avaliado depois do desenvolvimento de processos e produtos e quando os problemas aparecem	A prevenção é parte integrante do desenvolvimento de produtos e processos
Controles de poluição e avanços ambientais são sempre considerados fatores de custos pelas empresas	Poluição e rejeitos são considerados recursos potenciais e podem ser transformados em produtos úteis e subprodutos desde que não tóxicos
Desafios para avanços ambientais devem ser administrados por peritos ambientais tais como especialistas em rejeitos	Desafios para avanços ambientais deveriam ser de responsabilidade geral na empresa, inclusive de trabalhadores, designers e engenheiros de produto e de processo
Avanços ambientais serão obtidos com técnicas e tecnologias	Avanços ambientais incluem abordagens técnicas e não técnicas
Medidas de avanços ambientais deveriam obedecer aos padrões definidos pelas autoridades	Medidas de desenvolvimento ambiental deveriam ser um processo de trabalho contínuo visando a padrões elevados
Qualidade é definida como ‘atender as necessidades dos usuários’	Qualidade total significa a produção de bens que atendam às necessidades dos usuários e que tenham impactos mínimos sobre a saúde e o ambiente

De acordo com Oliveira (2006, apud CNTL, 2005), quando confrontada com as tecnologias da produção fim de tubo, a produção mais limpa apresenta vantagens como, competência para solucionar de forma econômica a redução da quantidade de energia e insumos utilizados e também é considerada um fator facilitador para que se obtenha um crescimento econômico mais sustentado.

2.7 – Fertilizantes

De acordo com Camargo (2012), os fertilizantes desempenham um papel fundamental na produção agrícola do mundo, uma vez que se trata da produção dos alimentos que serão consumidos pelos seres vivos. A população mundial vem crescendo com o passar dos anos, e é cada vez mais necessário aumentar a produção em áreas menores. Através do uso dos fertilizantes podem-se obter vantagens relacionadas à redução de emissão de gases de efeito estufa, desmatamento, erosão, poluição da água. E, além disso, dão um retorno rápido no crescimento da produtividade.

Os nutrientes provindos da água e do ar são classificados como orgânicos (carbono, hidrogênio e oxigênio). Já os nutrientes minerais, são aqueles disponibilizados através da fertilização, no momento em que o solo já não possui quantidades capazes de dar o estímulo necessário para que as plantas cresçam e se desenvolvam (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, cobre, zinco, molibdênio, boro) de acordo com Camargo, (2012).

De acordo com o Boletim Técnico do Governo do Brasil (2012), as plantas necessitam de um ou mais nutrientes para crescerem e se desenvolverem. Os fertilizantes são responsáveis por fornecer a elas essas substâncias. Os esterco, resíduos de plantas e os fertilizantes industriais, são os mais procurados para uso. Com o intuito exclusivo de fertilizar plantas, os fertilizantes minerais (industriais), são desenvolvidos através de técnicas utilizadas nas indústrias. Os fertilizantes industriais atuam na recuperação dos solos, repondo os nutrientes que foram perdidos durante o cultivo das plantas.

Os fertilizantes são classificados segundo suas características físicas e químicas. No que diz respeito aos critérios químicos, os fertilizantes minerais podem ser classificados em simples, mistos e complexos. Os fertilizantes simples são aqueles cuja composição é formada por somente um composto químico, envolvendo um ou mais nutrientes. Já os fertilizantes mistos são aqueles que resultam da combinação física de dois ou mais fertilizantes simples, complexos ou ambos. E por fim, os fertilizantes complexos são aqueles constituídos por dois ou mais compostos químicos, os quais são obtidos através da reação química de seus elementos, e têm a capacidade de conter dois ou mais nutrientes (Boletim Técnico do Governo do Brasil, 2012).

Segundo o Boletim Técnico do Governo do Brasil (2012), de acordo com os critérios físicos, os fertilizantes são classificados em pó, mistura de grânulos, mistura granulada, complexo granulado, líquidos ou fluidos, soluções, suspensões e gasosos. São classificados como pó, quando as partículas são apresentadas na forma de pó ou possuem dimensões pequenas. A mistura de grânulos é uma combinação física de insumos que foram granulados anteriormente. É dado pela composição de duas ou três variedades de grânulos diversos entre si, que se encontram na mistura. Enquanto a mistura granulada é a combinação dos materiais que se encontram na forma de pó após serem granulados, visando à obtenção de diversos nutrientes em um mesmo grânulo. Os elementos da mistura não reagem. Já o complexo granulado é uma combinação de insumos que têm por finalidade a criação de novos compostos químicos.

Os fertilizantes líquidos ou fluidos são os fertilizantes que se apresentam na forma de líquido. Separados em soluções e suspensões. As soluções caracterizam-se como soluções verdadeiras, ou seja, não contém substâncias no estado sólido e as suspensões são assim denominados por apresentarem duas fases, uma sólida e uma líquida. Ou seja, se apresentam em suspensão. Os gasosos são os fertilizantes que se apresentam na forma de gás, nas condições normais de temperatura e pressão (Boletim Técnico do Governo do Brasil, 2012).

Conforme Alcarde et.al (1992), a higroscopicidade é uma característica apresentada por alguns fertilizantes e está relacionada com a sua capacidade de absorção de água atmosférica. Em decorrência disso, apresentam dificuldades de “escoamento” (fluidez) e manuseio, diminuições no teor dos nutrientes, tendência de empedramento, entre outros. A granulação (aumento do tamanho do grânulo), o revestimento dos grânulos com determinados materiais, como por exemplo a uréia formaldeído, e boas condições de armazenamento são formas de minimizar e prevenir os efeitos causados pela higroscopicidade. Novotny et.al (2015), sugere o uso do caulim, enxofre, parafina, fosfatos naturais e polímeros para revestir os grânulos.

De acordo com Pontes e Almeida (2005), o caulim é um dos principais minerais e materiais alternativos ao talco. Pode-se citar o uso do caulim em substituição ao talco nas indústrias cosmética, farmacêutica e na indústria de papel.

Segundo Pontes e Almeida (2005) e Silva (2001), o talco e o caulim apresentam algumas características em comum, como baixa condutibilidade térmica e elétrica, alvura, inércia

química. Podem ser encontrados na cor branca e possuem baixa dureza. As principais aplicações comuns aos dois minerais no ramo industrial são indústria de papel, refratários, plásticos, cerâmica, tintas, borrachas, inseticidas, farmacêutica e cosmética.

2.8 – Rochagem

Segundo Reis (2015), os remineralizadores (RM) denominados em geral por pó de rocha, são resultantes da moagem e peneiramento de rochas que não passaram por nenhum tipo de modificação química. O estudo dos RMs tem a finalidade de reduzir o volume de rejeito advindo das indústrias de pedreiras e mineração, e vislumbra também a diminuição da dependência externa de fertilizantes.

De acordo com Beneduzzi (2011), a demorada dissolução dos minerais que compõem os pós de rochas pode auxiliar para o aumento do estoque nutricional do solo. O Brasil ainda carece de informações e estudos confiáveis, no sentido de quais são os tipos de rochas mais adequadas para tal finalidade.

Para Theodoro e Leonardos (2011), o uso dos fertilizantes do tipo NPK (compostos por Nitrogênio, Fósforo e Potássio) agride ao ambiente contaminando os rios, pois, o K não dissipado é lixiviado nos rios auxiliando na eutrofização dos mesmos. Com a rochagem não há a possibilidade de contaminação de corpos hídricos e solos. Em relação ao P, a situação é mais grave, as argilas que possuem Fe e Al em abundância, retêm o P na sua estrutura. E finalmente, o N libera óxido nitroso, contribuindo dessa forma com o aumento do efeito estufa.

A rochagem faz com que o desempenho das culturas de ciclo longo seja superior quando comparado ao desempenho obtido utilizando a adubação tradicional. Com relação ao fato de as argilas reterem água, o teor de umidade dos solos onde se utiliza o pó de rocha é maior. O perfilhamento das plantas é melhor e a quantidade de massa verde apresentada por elas é maior. Comparado à adubação tradicional, as raízes são mais desenvolvidas e se mostram em quantidade maior. Os custos com o uso da rochagem são 70% menores que os custos quando se utiliza adubos químicos.

Cola e Simão (2012) apontam como uma limitação grave do uso da rochagem, o fato da demora na solubilização dos minerais que constituem a rocha e conseqüentemente um retardo na liberação dos nutrientes para as plantas. Outro fator negativo está relacionado aos desafios a serem enfrentados no que se refere à complexidade das variáveis que envolvem a rochagem. Alguns dos desafios estão ligados com a procura de técnicas que contribuam para a melhor acomodação do potássio no solo. A rochagem requer estudos constantes, a fim do aprimoramento e conhecimento mais aprofundado da técnica para obtenção de resultados cada vez melhores.

3 - METODOLOGIA

A amostragem foi realizada em Cafundão no distrito Santa Rita de Ouro Preto, localizado conforme mostrado na figura 3.1 a. As amostras foram coletadas manualmente nos montes de resíduos como mostra a figura 3.1 b, advindos da atividade artesanal e acondicionados em sacos plásticos descrito na figura 3.1 c. O material encontrava-se a princípio na forma de blocos maciços com um pequeno percentual de pó solto. Por isso, a forma de acondicionamento para transporte até o local de análise das amostras é adequado.

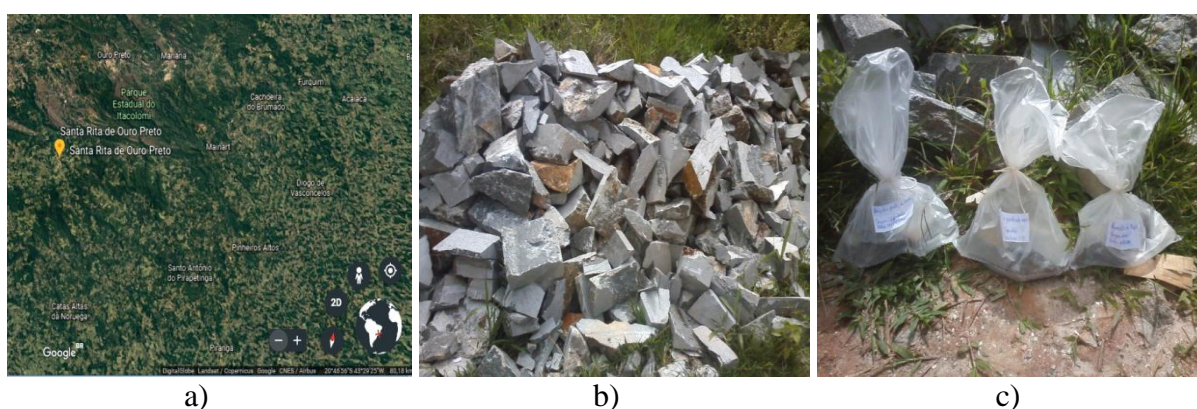


Figura 3.1 – a) Localização do distrito Santa Rita de Ouro Preto. b e c) Fonte e acomodação das amostras para transporte.

Fonte: Google Earth.

Para alcançar os objetivos do trabalho foram realizadas a Análise Granulométrica (AG), a Difração de Raios-X (DRX) e Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES). Isso pode ser observado no fluxograma apresentado na figura 3.2. A finalidade de cada técnica é respectivamente, definir o tamanho e percentual dos grãos e analisar quais as faixas de tamanho que poderão ser utilizadas na fabricação de fertilizantes, descobrir a composição química e mineralógica do material e verificar se o talco é realmente o mineral predominante da rocha e finalmente, analisar a composição e concentração química dos elementos que constituem a amostra e examinar quais deles possuem potencial para fertilizar.

Para a realização destas análises, o material foi preparado no laboratório de tratamento de minérios do DEMIN – UFOP. Os fragmentos da rocha foram submetidos às operações que caracterizam a cominuição (britagem e moagem), peneiramento. Após a preparação, as

amostras foram destinadas para os demais testes. Uma vez, que elas se encontravam em estado bruto e sem tal preparação não seria possível prosseguir com as análises.

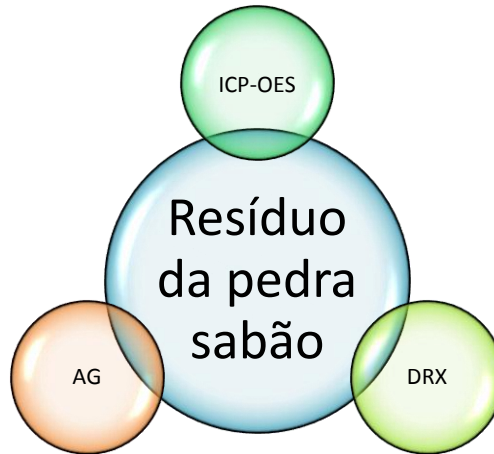


Figura 3.2 – Fluxograma apresentando a execução deste trabalho.

Conforme Dutra (2005), a cominuição é responsável pela redução do tamanho das partículas do material. Ela subdivide-se em, britagem (cominuição inicial) e moagem (cominuição final). O material é submetido a essas operações para ser preparado para a etapa industrial ou de análise subsequente. A britagem é utilizada quando se deseja obter partículas com tamanho superior a 10mm, prepara a amostra para a etapa de moagem, caso seja necessária. Já a moagem é aplicada quando se deseja obter partículas com tamanho inferior a 10mm, prepara a amostra para etapas como, concentração, pelotização, lixiviação, calcinação, combustão, etc.

De acordo com Correia (2010), o conceito do peneiramento está relacionado com a separação de um determinado tipo de material em duas ou mais porções, com fragmentos de tamanhos diversos, levando-se em consideração o seu tamanho geométrico. O material obtido é dividido em duas ou mais classes, que são demarcadas por um limite inferior e outro superior. Dá-se o nome de *undersize* ao material passante e *underflow* ao material que fica retido na peneira.

Os equipamentos que foram utilizados nessas operações foram respectivamente, britador de mandíbulas, moinho de bolas e as peneiras da série *Tyler*. Segundo Luz et.al (2010), o britador de mandíbulas é caracterizado pela alta produção de finos, apropriado para capacidades baixas e médias, tem seu uso limitado a rochas frágeis ou elásticas, adequado para material abrasivo, eficiência elevada para materiais com tendência a produzir partículas lamelares, não possui restrições em relação às características mecânicas da rocha.

O moinho de bolas foi utilizado para obter um produto final com granulometria mais fina, utilizando as bolas como meio moedor. As peneiras utilizadas foram as da série Tyler, a qual é constituída por um total de 14 peneiras e tem como seu pilar a peneira de 200 malhas por polegada linear (200mesh), confeccionada com fio de arame de 0,053mm de espessura, o que lhe garante um orifício mínimo de 0,074mm. A tabela 3.1 descreve as peneiras da série Tyler e suas respectivas aberturas e diâmetros dos fios.

Tabela 3.1 – Peneiras da série Tyler.
Fonte: Tyler (2018).

Mesh	Abertura do furo (mm)	Diâmetro do fio (mm)
3	6,700	1,870
4	4,750	1,540
6	3,350	1,230
8	2,360	1,000
10	1,700	0,810
14	1,180	0,650
20	0,850	0,510
28	0,600	0,390
35	0,425	0,290
48	0,300	0,215
65	0,212	0,152
100	0,150	0,110
150	0,106	0,076
200	0,075	0,053

3.1 – Análise granulométrica

Segundo Neves et. al (2009), a análise granulométrica serve para definir a distribuição dos grãos do solo, ou seja, cada fração de tamanho de grãos estipulada é dada através de percentuais em peso que cada fração representa na massa seca total utilizada. De acordo com a NBR 7181, essa análise é dividida em análise granulométrica por peneiramento e análise granulométrica por sedimentação. O esteatito possui uma grande quantidade de finos, portanto, foi utilizado o ensaio de análise granulométrica conjunta, ou seja, o que inclui as etapas de peneiramento e sedimentação. A escolha da análise foi feita de acordo com as características do material apresentadas no referencial teórico deste trabalho.

Para realizar a análise a amostra foi britada e previamente seca. Esta técnica consiste de três etapas: i) Peneiramento grosso; ii) Sedimentação; e iii) Peneiramento fino. Os procedimentos para essas etapas estão de acordo com as normas NBR 6457 e NBR 7181 e também foram realizadas no laboratório de caracterização mineralógica da Escola de Minas – UFOP.

No peneiramento grosso, foi utilizada a quantidade do material que ficou retido na peneira de 2mm, no instante em que foi realizada a preparação da amostra. Em seguida, o material foi lavado na mesma peneira e colocado em estufa. Colocaram-se as peneiras com aberturas maiores e iguais a 2mm uma sobre a outra com as aberturas das malhas dispostas em ordem crescente de baixo para cima. Para proceder com a agitação do material no conjunto de peneiras, tampou-se a peneira de maior abertura para evitar perda de material e colocou-se um prato debaixo da peneira de menor abertura, para posterior recolhimento do material passante. Após a agitação, pesou-se a fração de material retido em cada peneira, até chegar a 2mm.

Na etapa correspondente à sedimentação, foi utilizada a amostra com um peso em torno de 70g. A amostra foi colocada em imersão (6 a 24 horas) com defloculante (solução de hexametáfosfato de sódio). Em seguida, a mistura foi agitada no dispersor elétrico por 5 a 15 minutos e depois foi transferida para uma proveta graduada e o volume completado com água destilada até 1000mL. Foi feito o agitamento da mistura e efetuadas as leituras no densímetro nos instantes de 30 segundos, 1, 2, 4, 15, 30 minutos, 1, 2, 4, 8 e 24 horas. Após a realização da última leitura, verteu-se o material da proveta na peneira de 0,075mm e procedeu-se com a lavagem das paredes da peneira com água potável a baixa pressão, a fim de remover todo o material que ali estivesse.

E por fim, para a realização do peneiramento fino, secou-se o material retido na peneira de 0,075mm na estufa e com o auxílio do agitador mecânico, o material foi passado nas peneiras de 1,2, 0,6, 0,42, 0,25, 0,15 e 0,075mm. Por último, anotaram-se as massas retidas acumuladas em cada peneira.

Os equipamentos utilizados na análise foram estufa, balanças, densímetro, provetas, termômetro, aparelho de dispersão, relógio, béquer, tanque para banho, peneiras, escovas, agitador de peneiras, bagueta de vidro, bisnaga e recipientes adequados para armazenagem das amostras. A AG tem o objetivo de gerar uma curva granulométrica, onde são estimados os percentuais em relação ao peso seco total, que correspondem a cada fração granulométrica do solo. Os procedimentos de AG facilitam a determinação do valor da densidade do material e, portanto foi realizada essa medida.

3.2 – Análise de difração de raios-x

De acordo com Cullity (1978), a DRX é fundamentada em um método minucioso que define a estrutura cristalina dos materiais. Ela quantifica a intensidade de radiação X que sofre interferências ao refletir em uma amostra cristalina em um ângulo θ , e dessa forma, satisfaz a lei de Bragg. Essa lei é aplicada por que um material é composto por um conjunto de planos nos quais os raios incidentes sofrem o efeito de difração, independente de qual seja o ângulo de incidência dos raios X em um cristal. De acordo com Halliday (2009), ela pode ser entendida através da equação 3.1 e exemplificada pela figura 3.3.

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad n = 1, 2, 3 \dots \quad (3.1)$$

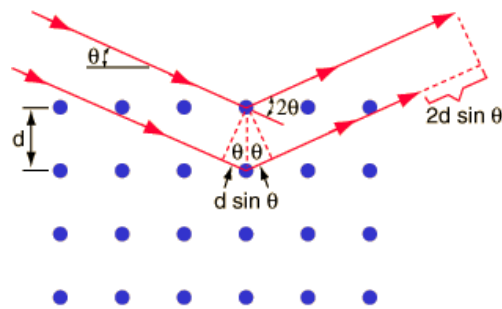


Figura 3.3 – Lei de Bragg.

Fonte: Adaptado de Redshift Academy (2016).

Dessa forma podem-se medir as distâncias entre os elementos que estão na malha cristalina, e com uma boa estatística, obtêm-se informações que viabilizam o reconhecimento e a quantificação de todas as fases cristalinas existentes na amostra. Segundo Erdócia (2011), consegue-se determinar a estrutura de um material, examinar suas propriedades e aplicações, quantificar fases, dentre outros.

A difração de raios-x pode ser utilizada em amostras mono e policristalinas. Há vários métodos de difração de raios-x, o que definirá qual deles deverá ser executado é o tipo de amostra, instrumentos e o tipo de dados que se deseja obter com a análise a respeito da estrutura do material. O método empregado nas amostras foi o do pó total e é o mais utilizado. Ele permite examinar minuciosamente a estrutura do material estudado e é fundamentado na difração de raios-x monocromáticos por uma amostra policristalina.

Através da difração de raios-x, pode-se obter de forma qualitativa informações sobre a cristalinidade, determinação da rede cristalina, e medidas como tensão residual, tamanho de cristalinos e textura. Para Aidar (2012), a difração de raios-x possibilita a análise da estrutura dos cristais formados (composição mineralógica) com precisão, além da sua composição química.

A amostra foi britada e depois moída em um moinho de bolas durante 3 horas, a uma velocidade de 1143rpm. Não houve necessidade de utilizar o gral para redução das partículas, pois se encontravam na granulometria adequada para a realização da análise. Em seguida foi peneirada e dividida em cinco amostras (identificadas como amostra 1-5). A análise foi realizada no Laboratório de Difração de Raios-X do DEGEO-UFOP.

A amostra em pó é colocada no PANalytical EMPYREAN, onde é feita a varredura de 2 a 70 graus. É gerado um feixe de raios X que incidirá na amostra e todas as vezes que a lei de Bragg for satisfeita, haverá uma difração que será captada pelo contador do equipamento e registrada na forma de difratogramas.

De acordo com a Panalytical (2018), o difratômetro PANalytical Empyrean possui a melhor plataforma de raios X para a análise de pós, filmes finos, nano materiais e objetos sólidos e atua sem o auxílio de outros aparelhos, sem que isso prejudique a qualidade dos dados. Empyrean permite que as aplicações sejam feitas desde forma simples até uma geometria padrão de alto desempenho.

3.1 – Análise de ICP-OES

De acordo com Nölte (2003), o ICP-OES pode ser utilizado com a finalidade de estipular baixas concentrações de metais e metaloides, por se tratar de uma técnica sensível e multifuncional. Além disso, possui boa sensibilidade, permite baixos limites de detecção e executa medições com exatidão e precisão. Tais características são fundamentais quando se deseja atingir resultados aceitáveis em determinações analíticas.

Segundo Cientifuegos e Vaitsman (2000), o método do ICP-OES inicia-se com o bombeamento da solução da amostra para o nebulizador. Em seguida a amostra é convertida em um fino aerossol (gotículas dispersas em gás) pelo nebulizador. Na etapa de transporte o

aerossol terá participação em vários eventos físicos. A próxima fase da emissão é a vaporização das partículas sólidas depois da dessolvatação. Depois que ocorrer a dessolvatação do aerossol, vaporização e atomização dos elementos, os mesmos serão capazes de sofrer excitação ou ionização. Presume-se que a maior parte das excitações e ionizações no ICP são consequência de colisões de átomos do analito com elétrons energéticos. Na última etapa ocorre a emissão de radiação que é identificada pelo detector do aparelho, conforme Charles e Fredeen (1997).

As amostras foram encaminhadas ao laboratório LGqA do DEGEO-UFOP, onde foi realizada a análise de ICP-OES no aparelho da marca/modelo Agilent/725. Segundo o catálogo de instrumentos e acessórios da Agilent (2011), os sistemas de ICP-OES dessa marca apresentam o melhor desempenho, velocidade e flexibilidade. Pode ser utilizado em casos que demandam desempenho e produtividades de alto desempenho.

O aparelho é ideal para a utilização na fabricação de químicos, análise de desgaste de metais, produção petroquímica e refinamento de metais preciosos. De acordo com Teixeira et. al (2012), o ICP-OES realiza a análise química e determina as concentrações do extrato lixiviado e do extrato solubilizado.

Para a realização da análise de ICP-OES as amostras PQ16(1785, 1786, 1787, 1788) passaram pela britagem e peneiramento, após isso as duas primeiras foram solubilizadas e as duas últimas lixiviadas no laboratório de Tratamento de Resíduos do DEQUI-UFOP com pequenas adaptações às normas que foram utilizadas durante os procedimentos.

A solubilização é um processo utilizado para dissolver uma substância ou produto em um líquido. A NBR 10006 fixa as condições exigíveis para a obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, com o objetivo de diferenciar os resíduos classificados na NBR 10004.

Os materiais utilizados foram agitador, aparelho de filtração, estufa, medidor de pH, balança, frasco e filme de PVC. As amostras PQ16785 e PQ16786 foram secas a temperatura de 42°C com o auxílio de uma estufa. Nos primeiros 30 minutos, a temperatura da estufa oscilou entre 42°C e 45°C. Já nos 30 minutos finais, chegou a atingir o valor de 47°C. Colocou-se uma amostra representativa de 125,06g (base seca) em um frasco com capacidade para 750mL e outra pesando 125,02g (base seca) em outro frasco de mesma capacidade do anterior.

Adicionou-se 500mL de água destilada em cada frasco e posteriormente agitou-se a mistura, em baixa velocidade durante 5 minutos. Cobriu-se o frasco com filme de PVC e em seguida o material foi deixado em repouso por sete dias, à temperatura ambiente. Filtrou-se a solução com membrana de três micrômetros de porosidade. Por fim, após os sete dias definiu-se o filtrado obtido como sendo extrato solubilizado. Mediu-se o pH de cada amostra e obtiveram-se os valores 8,4 e 8,5 e por fim, as mesmas foram levadas para o ICP.

Segundo a NBR 10005, a lixiviação é um processo que visa determinar a capacidade de transferência de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes no resíduo sólido, por meio de dissolução no meio extrator. Tem por finalidade fixar as condições exigíveis para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, com o objetivo de diferenciar os resíduos classificados pela NBR 10004.

A aparelhagem e vidraria utilizadas foram agitador rotatório de frascos, frascos de lixiviação, medidor de pH, aparelho de filtração, centrífuga, balança, extrator, coletor para extrator, agitador magnético, balão volumétrico, béquer, vidro de relógio e fita de politetrafluoretileno (PTFE).

Após a determinação da solução de extração, mediu-se o seu pH que foi igual a 8,2. Em seguida a solução foi esfriada e mediu-se novamente o pH cujo valor encontrado foi igual a 1,6. Como esse valor é $\leq 5,0$, utilizou-se a solução de extração 1 composta por ácido cético glacial, hidróxido de sódio e água destilada. Pesou-se 20,05g da amostra. Em seguida, transferiu-se a mesma para o frasco de lixiviação e adicionou-se 400mL da solução de extração 1. O frasco foi mantido sob agitação durante 18 horas à temperatura ambiente e em seguida foi aberto após 15, 30 minutos e 1 hora de agitação, respectivamente. Filtrou-se a amostra com filtro de 1,3 micrômetros. Mediu-se o valor do pH que foi igual a 1,60.

A amostra PQ161788 foi preparada para a realização do teste de branco. O teste consiste basicamente na execução dos mesmos procedimentos que foram realizados na amostra PQ161787, porém sem utilizar a amostra do esteatito. Como o primeiro valor de pH obtido foi 7,48, utilizou-se a solução de extração 2 composta por ácido acético glacial e água destilada. Em seguida mediu-se o segundo valor de pH encontrando 1,35. O teste foi realizado com o objetivo de comparar os dados e verificar a ocorrência ou não de informações discrepantes. E por fim, as amostras foram encaminhadas para o ICP.

4 - RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados encontrados na AG, DRX e ICP-OES. Para a validação dos dados obtidos será feita a confrontação dessas informações com as disponíveis no referencial teórico quando possível.

4.1 – Análise granulométrica

Os fertilizantes podem se apresentar na forma de pó e também na forma granulada. Na figura 4.1 é apresentada a curva granulométrica da pedra sabão que foi obtida através da AG, cujas ordenadas são compostas por valores percentuais do material passante e as abscissas indicam os valores dos grãos em milímetros.

Ao analisar a curva granulométrica do esteatito, pode-se notar que os valores dos tamanhos dos grãos são experimentalmente constantes. Isso pode ser notado na faixa que corresponde à parte inferior do gráfico, onde estão as partículas de menor diâmetro (argila e silte). Em seguida, é nítida a mudança acentuada no comportamento da curva, isso pode ser explicado pelo fato de se tratar de uma faixa granulométrica com três tipos de classificações relacionadas aos tamanhos das partículas (areia fina, média e grossa). E finalmente, a curva se apresenta constante novamente, porém na parte mais elevada do gráfico. Ou seja, agora se pode notar que as partículas que compreendem a essa faixa são as de maior diâmetro (pedregulho). A curva foi obtida a partir dos dados que se encontram na tabela 7.1 do anexo A.

Através da curva pôde-se constatar que 55,5% da amostra de esteatito analisada possui granulometria bem fina (argila e silte), que se aproxima da granulometria dos fertilizantes em pó. Os 27,5% que correspondem à fração de granulometria acima do anterior (areia fina, média e grossa), possuem características granulométricas próximas às dos fertilizantes que se apresentam na forma de misturas de grânulos, misturas granuladas ou complexos granulados. Já os 17% que correspondem às partículas com granulometria maior que a da fração anterior (pedregulho), passarão por uma nova preparação a fim de reduzir o tamanho dessas partículas e se adequar ao anterior.

O talco é o mineral predominante da pedra sabão e conforme Santos (2009) e Pontes e Almeida (2008), possui sua densidade na faixa de 2,7 a 2,8g/cm³. O valor da densidade da

rocha encontrado na AG foi $2,716\text{g/cm}^3$, conforme a tabela 7.2 do anexo A. Portanto é experimentalmente igual à densidade do talco, confirmando a predominância do mineral nos resíduos da pedra sabão de Santa Rita de Ouro Preto.

Novotny et.al (2015) indica o uso do caulim para recobrimento dos grãos dos fertilizantes com o intuito de reduzir sua higroscopicidade. Em seu trabalho, Barbosa et. al (2016) analisou a curva granulométrica dos resíduos do caulim. Foi observado que a curva dos resíduos do esteatito exibe o mesmo perfil da curva dos resíduos do caulim, ou seja, apresentam características próximas quanto ao comportamento e inclinação das mesmas. Porém, há algumas divergências quantitativas nos tamanhos granulométricos, variações no percentual das frações granulométricas quando analisadas em conjunto, mas estes são semelhantes. Mediante isso, ambos os materiais exibem propriedades comuns. Portanto, o resultado até o momento sugere que podem ser utilizadas misturas dos materiais ou até mesmo o talco como substituto do caulim para redução de higroscopicidade.

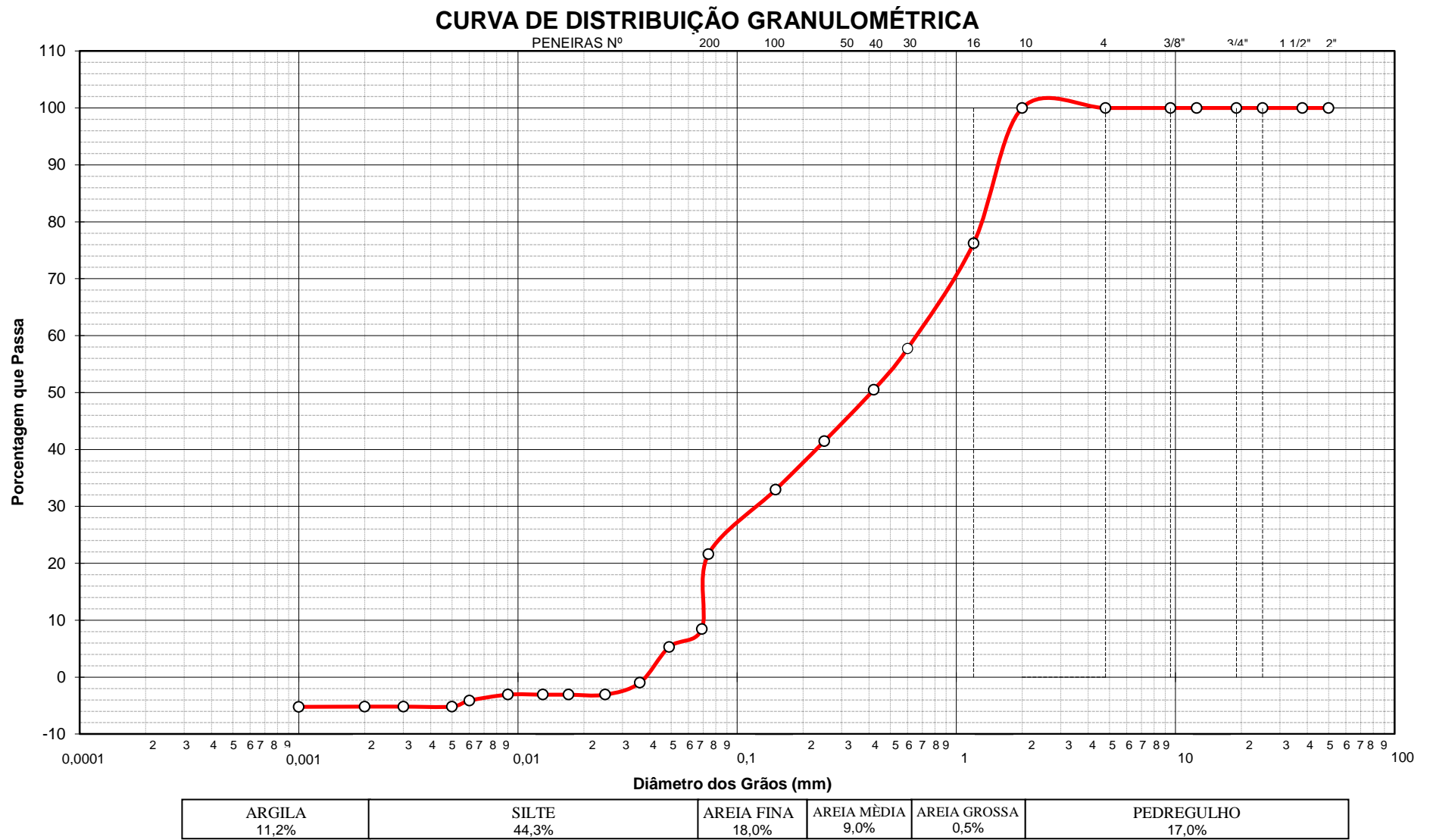


Figura 4.1 – Curva granulométrica da pedra sabão

4.2 – Análise de difração de raios-x

Foram obtidos os difratogramas das cinco amostras da pedra sabão, como é apresentado na figura 4.2. A análise obteve bons resultados, pois, as amostras apresentaram repetitividade observável. Os parâmetros utilizados para a realização do experimento, que foi o mesmo utilizado para todas as amostras, estão dispostos na tabela 7.3 do anexo B.

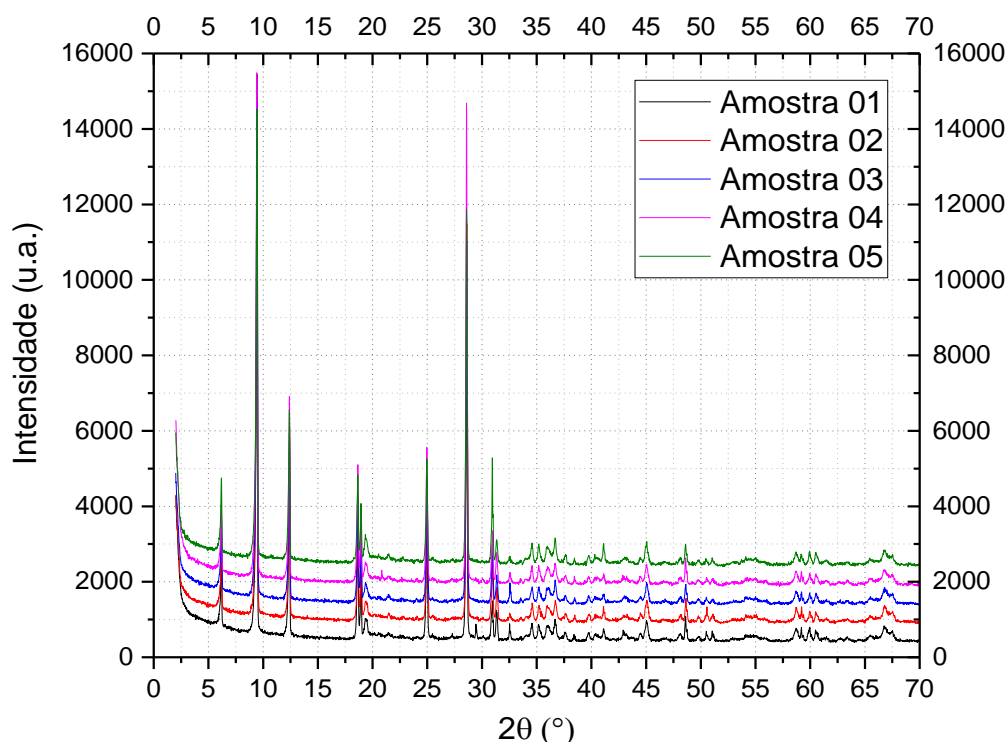


Figura 4.2 – Difratogramas das amostras da pedra sabão.

A partir do difratograma experimental foram gerados difratogramas teóricos referentes a cada amostra. Em seguida, foi feita a comparação do resultado teórico com padrões dos compostos que constituem as amostras. Isso é apresentado na figura 4.3 através de gráficos quantitativos e a referência dos padrões é mostrada na tabela 4.1.

Observando os gráficos da figura 4.3, podemos notar que o talco predomina em todas as amostras. Em seguida, pode ser observada a presença do clinocloro em quatro das cinco amostras em menor quantidade. A dolomita, assim como o talco, está presente em todas as amostras, porém, significativamente menor que o clinocloro. Em uma delas pode ser notada a ocorrência da clorita em proporção semelhante à do clinocloro. E na primeira amostra é observada a presença da calcita.

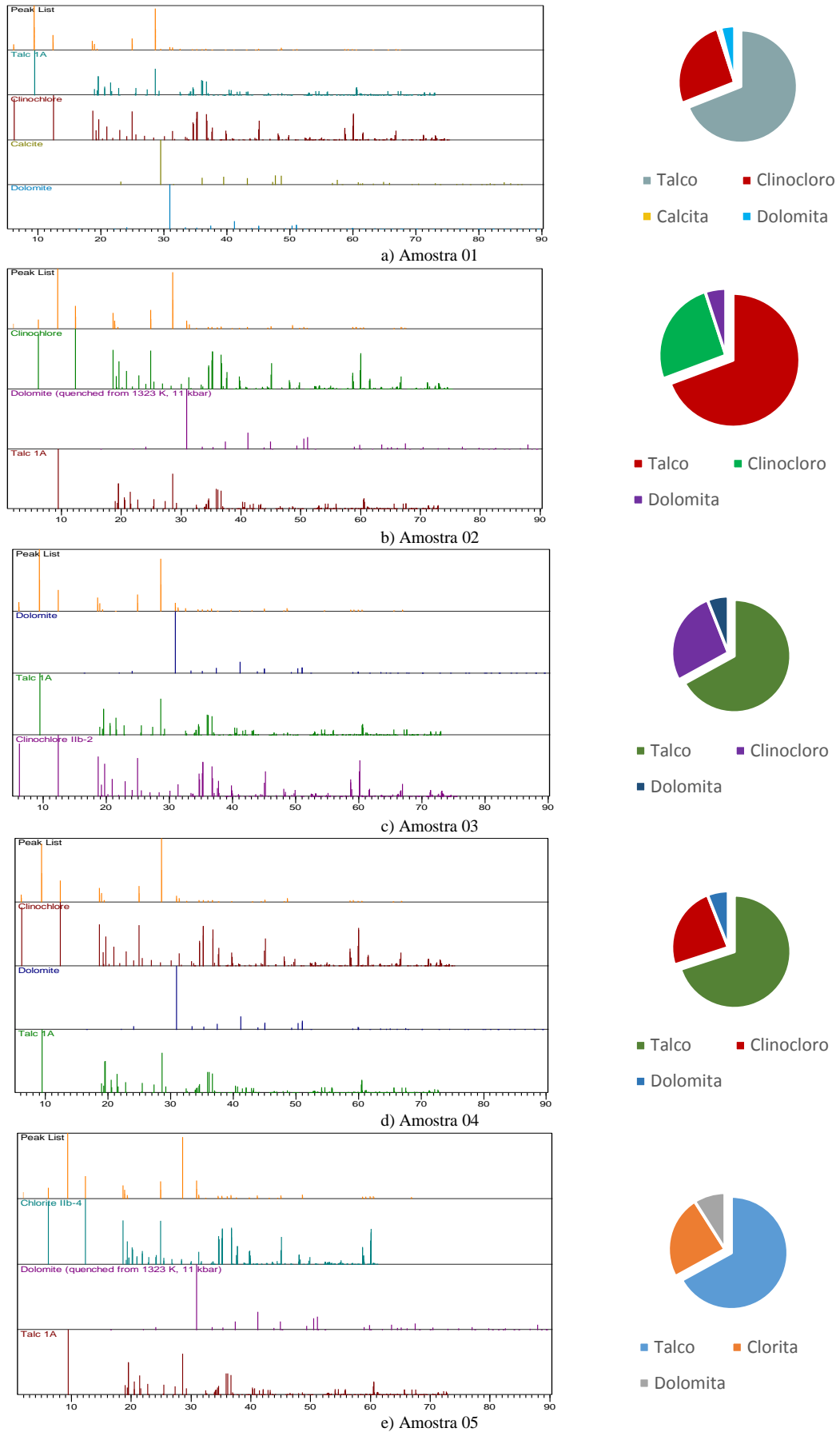


Figura 4.3 – Difractogramas de cada amostra.

Tabela 4.1 – Referência de padrões identificados.

Código de referência	Composto	Fórmula química
98-004-6066	Talco 1A	$H_2Mg_3O_{12}Si_4$
98-001-2207	Talco 1A	$H_2Mg_3O_{12}Si_4$
98-010-9202	Clinocloro	$H_{16}Al_{3,01}Fe_{0,852}Mg_{11,148}O_{36}Si_{4,99}$
98-002-8376	Clinocloro IIb-2	$H_8Al_{1,638}Cr_{0,128}Fe_{0,378}Mg_{4,715}Ni_{0,011}O_{18}Si_{3,056}$
98-007-8903	Calcita	$CCaO_3$
98-009-5464	Dolomita	C_2CaMgO_6
98-009-5463	Dolomita	C_2CaMgO_6
98-001-7136	Dolomita (Têmpera de 1323K, 11kbar)	C_2CaMgO_6
98-010-8634	Clorita IIb-4	$H_{16}Al_{2,78}Fe_{0,94}Mg_{11,06}O_{36}Si_{5,22}$

A tabela 4.2 apresenta a média dos valores percentuais correspondentes aos constituintes da pedra sabão. Pode-se constatar que o resíduo da pedra sabão é constituído, em média, por 68,5% de talco, 20,5% de clinocloro, 6,0% de dolomita, 4,8% de clorita e 0,2% de calcita.

Tabela 4.2 – Percentuais em média dos constituintes da pedra sabão.

Amostra	Calcita	Clinocloro	Clorita	Dolomita	Talco
01	1,0	26,0	0,0	4,0	69,0
02	0,0	25,7	0,0	5,0	69,3
03	0,0	27,0	0,0	6,0	67,0
04	0,0	24,0	0,0	6,0	70,0
05	0,0	0,0	24,0	9,0	67,0
Média	0,2	20,5	4,8	6,0	68,5

4.3 – Análise de ICP-OES

Foram analisados os elementos que fazem parte da estrutura química dos fertilizantes e diante disso, foi verificada a presença de manganês, cálcio, potássio, enxofre e magnésio, que possuem potencial para uso em fertilizantes. Pôde-se notar também a ocorrência de bário, estrôncio e sódio, porém, esses não possuem tal potencial. A tabela 4.3 apresenta as quantificações dos elementos químicos.

Ao analisar os resultados obtidos em conjunto, pode-se constatar que os resíduos da pedra sabão apresentam potencial para possível uso em fertilizantes. As análises forneceram dados coerentes e de acordo com o esperado. Uma vez que, as informações encontradas em cada uma delas são complementares e juntas reforçaram que a amostra possui potencial para fertilização.

Tabela 4.3 – Quantificação dos elementos químicos.

Amostra	Ba	Sr	Mn	Ca	K	Na	S	Mg
Unidade	ug/L	ug/L	ug/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Solubilizado	95,0	10,47	2,61	4,44	0,67	0,410	1,04	2,42
Solubilizado	144	14,38	3,15	7,29	0,66	0,565	1,09	3,93
Lixiviado	215	259	2319	133	0,91	1020	0,345	75,94
LQ	0,480	0,294	2,28	0,022	0,171	0,048	0,115	0,020

LQ = Limite de quantificação

5 – CONCLUSÃO

A pesquisa realizada neste trabalho permitiu a caracterização granulométrica e da densidade da pedra sabão. Foi verificado que a maior parte da amostra é composta por finos, seguido por areias e em menor quantidade, pedregulho. O valor encontrado para a densidade da rocha foi de $2,716\text{g/cm}^3$.

Foi possível utilizar a DRX para a caracterização química e mineralógica da amostra, e foi comprovada a presença predominante do mineral talco seguido por clinocloro, clorita, dolomita e calcita. Os difratogramas forneceram a composição química dos minerais que constituem o resíduo da rocha. Tais minerais apresentam os elementos, hidrogênio, magnésio, silício, alumínio, ferro, oxigênio, carbono, cálcio, cromo e nitrogênio em sua composição.

Através do uso do ICP-OES, foi constatada a ocorrência de magnésio, manganês, cálcio, potássio e enxofre, que são elementos com potencial para fertilização. Após essas constatações, conclui-se que através da utilização da técnica da rochagem, o processo de produção artesanal poderá ser melhorado e impactando na diminuição dos danos causados ao ambiente.

O estudo possibilitou uma análise aprofundada e criteriosa acerca das possibilidades de transformação dos resíduos de pedra sabão gerados na atividade artesanal da região de Ouro Preto – MG em fertilizante, e conforme foi suposto, neste momento acredita-se que o esteatito possui um grande potencial para tal finalidade. Para uma resposta afirmativa faz-se necessária a quantificação dos elementos através do ICP-OES e utilização dos resíduos moídos da rocha incorporados aos fertilizantes, através da técnica da rochagem. Com o objetivo de validar a aplicação prática do resíduo.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACADEMY, redshift. Disponível em: < <http://www.redshiftacademy.com>>. Acesso em: 12/03/18.

AGILENT, Tchnologies. **O catálogo de instrumentos e acessórios da Agilent**. Análises Químicas e Biociências, 2011.

AIDAR, Fernando Ngan. **FATORES INTERVENIENTES NA CRISTALIZAÇÃO DA ESTRUVITA PARA A RECUPERAÇÃO DO FÓSFORO DE ESGOTO**. 2012. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ALCARDE, J. C. et al. Avaliação de higroscopicidade de fertilizantes e corretivos. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**. Piracicaba, p. 137-144, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457 02.423: AMOSTRA DE SOLO - PREPARAÇÃO PARA ENSAIOS DE COMPACTAÇÃO E ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO**. 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181 02.453: SOLO - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA**. 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação**. 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005: Procedimentos para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. 2004. 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006: Procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. 2004. 3 p.

BACCI, Denise de La Corte; LANDIM, Paulo Milton Barbosa; ESTON, Sérgio Médici de. Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana. **Rem: R. Esc. Minas**, Ouro Preto, p.47-54, jan.mar. 2006. Trimestral.

BARBOSA, Alinde de Andrade et. al. APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DE CAULIM NA PRODUÇÃO DO CONCRETO SEM FINS ESTRUTURAIS. In: **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Campina Grande, 2016.

BENEDUZZI, Ellen Bassan. **ROCHAGEM: AGREGAÇÃO DAS ROCHAS COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA A FERTILIZAÇÃO E ADUBAÇÃO DE SOLOS**. 2011. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BEZERRA, Olívia Maria de Paula Alves. **CONDIÇÕES DE VIDA, PRODUÇÃO E SAÚDE EM UMA COMUNIDADE DE MINEIROS E ARTESÃOS EM PEDRA-SABÃO EM OURO PRETO, MINAS GERAIS: UMA ABORDAGEM A PARTIR DA OCORRÊNCIA DE PNEUMOCONIOSES**. 2002. 87 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Animal, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

BROLLO, Maria José. **METODOLOGIA AUTOMATIZADA PARA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. Aplicação na Região Metropolitana de Campinas (SP)**. 2001. 213 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saúde Ambiental, Departamento de Saúde Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CABRAL, L. N.; PEREIRA, S. S.; ALVES, T. L. B. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE HUMANA DECORRENTES DA MINERAÇÃO: o caso dos trabalhadores de uma pedreira no município de Campina Grande/PB. **Hygeia**, v. 8, n. 15, 2012.

CAMARGO, M. S. A IMPORTÂNCIA DO USO DE FERTILIZANTES PARA O MEIO AMBIENTE. São Paulo, n. 2, dez. 2012. Disponível em: < www.aptaregional.sp.gov.br>. Acesso em: 06 mar. 2018.

CARNEIRO, Ana Paula Scalia et. al. Pneumoconiose em artesãos de pedra-sabão na região de Ouro Preto, MG. **Ver. Med. Minas Gerais**, Belo Horizonte, p. S31-S37, 2010.

CASTILHOS, Zuleica C.; LIMA, Maria Helena Machado Rocha; CASTRO, Nuria Fernández. **GÊNERO E TRABALHO INFANTIL NA PEQUENA MINERAÇÃO**

(**BRASIL-PERU-ARGENTINA-BOLÍVIA**). Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral - Cetem/mct, 2006. 208 p. ISBN: 85-7227-226-7.

CHARLES, B.; FREDEEN, Kenneth J. Concepts, instrumentation and techniques in inductively coupled plasma optical emission spectrometry. **Perkin Elmer Corporation**, 1997.

CIENFUEGOS, Freddy; VAITSMAN, Delmo S. **Análise instrumental**. Interciência: Rio de Janeiro. 2000. 606 p.

COLA, Geovana Poton Arcobeli; SIMÃO, João Batista Pavesi. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento**, Mossoró, v. 7, n. 4, p.15-27, out.dez. 2012. Trimestral. ISSN 1981-8203.

CORREIA, Júlio César G. **Classificação e Peneiramento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

CULLITY, B. D. **Elements of x-ray diffraction**. Londres: Prentice Hall, 2001. 100 p.

DE ANDRADE BARBOSA, Aline et al. APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DE CAULIM NA PRODUÇÃO DO CONCRETO SEM FINS ESTRUTURAIIS.

DOS SANTOS TEIXEIRA, Aline Maria et al. Caracterização e classificação quanto ao risco ambiental do estéril da mina de cromita do município de Andorinha, Bahia. **Quim. Nova**, v. 35, n. 9, p. 1794-1799, 2012.

DUTRA, Ricardo. Beneficiamento de minerais industriais. In: **49º Congresso brasileiro de cerâmica, São Pedro-SP**. 2005.

ERDÓCIA, Félix Anderson Barros. **Difração de Raios X em Minerais de Bauxita e Análise Através de Refinamento pelo Método de Rietveld**. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

FERREIRA, Welington Luiz. **ADIÇÃO DE RESÍDUOS DO SETOR MÍNERO-METALÚRGICO NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS SOLO-CAL**. 2013. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

GOOGLE, Earth. Disponível em: < <https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 06/03/2018.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física, Vol. 4. **Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora SA**, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014.

LUZ, Adão Benvido da; SAMPAIO, João Alves; FRANÇA, Silva Cristina A. **Tratamento de Minérios**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

MELLO, Maria Celina Abreu de. **PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UM ESTUDO DE CASO NA AGCO DO BRASIL**. 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patricio S.; HOFFMANN, Márcio Vieira. (2009). Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. Rede Ibero-americana PROTERRA. Disponível em <http://www.redproterra.org>. Acessado em /mês/ano.

NÖLTE, J. ICP Emission Spectrometry, A practical Guide. Willey - VCH: Weinheim, 2003. 267 p.

NOVOTNY, Etelvino Henrique et. al. Avaliação da higroscopicidade de ureia em misturas com um anti-umectante utilizando relaxometria via RMN. In: Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 35, 2015. Natal. O solo e suas múltiplas funções: **Anais**. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

NUNES, C. A. Ciência dos materiais: Estruturas cerâmicas. **Material didático**. Disponível em: <<http://www.slideplayer.com.br/slide/5975702/>>. Acesso em: 02/03/2018.

OLIVEIRA, Márcio de. **A PRODUÇÃO MAIS LIMPA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL PARA AS INDÚSTRIAS DO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA**. 2006. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006.

PEREIRA, Graciane Regina; SANT'ANNA, Fernando Soares Pinto. Uma análise da produção mais limpa no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. v. 24, p.17-26, jun. 2012. ISSN Impresso 1808-4524.

PIMENTA, Handson Claudio Dias; GOUVINHAS, Reidson Pereira. A produção mais limpa como ferramenta da sustentabilidade empresarial: um estudo no estado do Rio Grande do Norte. **Production**, v. 22, n. 3, p. 462-476, 2012.

PRINCÍPIOS BÁSICOS PARA FORMULAÇÃO E MISTURA DE FERTILIZANTES: Boletim Técnico, Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência do Solo, Governo do Brasil. Lavras: **Ed. UFLA**, n. 89, 2012. p. 1-46.

PANALYTICAL. Disponível em: <http://www.panalytical.com>. Acesso em: 14/03/18.

PONTES, I. F; ALMEIDA, S. L. M. Talco. In: **Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. P. 793-816.

REIS, Betânia Roqueto dos. **Potencial de consumo de remineralizadores como fonte de nutrientes na agricultura e construção do modelo de arranjos produtivos locais**. 2015. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

RODRIGUES, Michael Leonardo Marques. **CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE RESÍDUOS DE OFICINAS DE ARTESANATO DE PEDRA SABÃO DA REGIÃO DE OURO PRETO**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

SANTOS, Rita de Cássia Pedrosa. **ANÁLISE DOS ENTRAVES PARA CRIAÇÃO DE UM ARRANJO PRODUTIVO LOCAL (APL) DE BASE MINERAL DA PEDRA-SABÃO NA REGIÃO DE OURO PRETO, MINAS GERAIS.** 2009. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

SAUTNER, Vanessa; SOARES, Marília. Estudo sobre o gerenciamento de resíduos sólidos das empresas têxteis do Alto Vale do Itajaí através do projeto SINFIATEC Eco Responsável. Marketing Ambiental. [2000 -- ?].

SILVA, A. C. F; FILHO, F. R. E; SILVA, J. R. ESTUDOS PRELIMINARES DO IMPACTO HUMANO NA EXPLORAÇÃO DE PEDRA SABÃO NO DISTRITO DE SANTA RITA – OURO PRETO – MG. v 10, p. 119-124, 2014. ISSN 2237-1419. Edição especial.

SILVA, S. P. CAULIM. In: **Balço Mineral Brasileiro** – Agência Nacional de Mineração, 2001. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br>>. Acesso em: 11/03/18.

THEODORO, S. H; LEONARDOS, O. H. ROCHAGEM: UMA QUESTÃO DE SOBERANIA NACIONAL. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, 12., Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul, 3., Gramado, p. 337-340, 2011.

TYLER, W. S. Product Catalog, 2018.

7 – ANEXOS

Anexo A – Resultados da Análise Granulométrica.


Tabela 7.1 – Granulometria por sedimentação.

IGEO Instituto Geotécnico		CLIENTE: Fonntes		LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS									
OBRA:		Holcim		AMOSTRA:			PDE_Praia						
CONTRATO:		Granulometria por Sedimentação		CODIFICAÇÃO:			PDE_Praia						
DATA:				04/08/2015		REVISÃO:							
DADOS PARA CÁLCULO													
AMOSTRA TOTAL				DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)									
a) PESO ÚMIDO TOTAL (gr)		1000,00		$\theta = \sqrt[3]{\frac{1800 * n * h}{\delta - \gamma a * t}}$ n=Viscosidade (tab.) h=Altura queda (cal.) $Q' = Q' * Lc \quad Q' = \frac{\alpha * \delta}{(\delta - 1) P_s} = 2,096$									
b) PESO SECO RETIDO # 10 (gr)		0,00											
c) PESO ÚMIDO PASSADO # 10 (gr) : (a-b)		1000,00											
d) PESO SECO PASSADO # 10 (gr) : $\frac{a-b}{1-h}$		1000,00											
e) PESO SECO TOTAL (gr) : (b+d)		1000,00											
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE HIGROSCÓPICA				PENEIRAMENTO DO SOLO GRAÚDO									
CÁPSULA Nº				PENEIRA		PESO RETIDO	PESO RETIDO ACUMULADO	PESO QUE PASSA	% QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL				
69		02		55						Nº	ABERTURA (mm)		
PESO ÚMIDO + TARA (g)		19,38		20,94		21,10		2"	50	0,00	0,00	1000,00	100,00
PESO SECO + TARA (g)		19,38		20,94		21,10		1 1/2"	38	0,00	0,00	1000,00	100,00
PESO DA ÁGUA (g)		0,00		0,00		0,00		1"	25	0,00	0,00	1000,00	100,00
TARA (g)		4,32		4,09		4,40		3/4"	19	0,00	0,00	1000,00	100,00
PESO SOLO SECO (g)		15,06		16,85		16,70		1/2"	12,5	0,00	0,00	1000,00	100,00
UMIDADE (%)		0,00		0,00		0,00		3/8"	9,5	0,00	0,00	1000,00	100,00
UMIDADE MÉDIA (%)		0,00		0,00		0,00		Nº 04	4,8	0,00	0,00	1000,00	100,00
FATOR DE CORREÇÃO FC = 100/100+h		0,00		0,00		0,00		Nº 10	2,0	0,00	0,00	1000,00	100,00
PENEIRAMENTO DO SOLO MIÚDO													
PENEIRA		AMOSTRA PARCIAL				% QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL	AMOSTRA PARCIAL						
Nº	ABERTURA (mm)	PESO RETIDO	PESO RETIDO ACUMULADO		PESO QUE PASSA								
16	1,20	17,96	17,96		57,57	76,22	PESO ÚMIDO (g)						
30	0,60	13,95	31,91		43,62	57,75							
40	0,42	5,50	37,41		38,12	50,47							
60	0,25	6,82	44,23		31,30	41,44	PESO SECO (g)						
100	0,15	6,42	50,65		24,88	32,94							
200	0,074	8,57	59,22		16,31	21,59							
SEDIMENTAÇÃO - DADOS GERAIS													
PESO DO SEDIMENTO ÚMIDO (g)		75,53		DENSÍMETRO Nº		62							
PESO DO SEDIMENTO SECO (g)		75,53		PROVETA Nº		Laborglass							
CORREÇÃO DO MENISCO				DEFLOCULANTE		Hexametafato de sódio							
				DENSIDADE DOS GRÃOS		2,716							

Continuação da tabela 7.1.

SEDIMENTAÇÃO									
HORA	Δt (min)	LEITURA L		TEMPERATURA (°C)	LEITURA CORRIGIDA MENISCO	DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)	CORREÇÃO CI	LEITURA CORRIGIDA	% FINOS TOTAIS
08:10	15"	7,00	7,00	23,8	0,5	0,097	-2,97	4,53	9,49
08:10	30"	6,50	6,50	23,8	0,5	0,069	-2,97	4,03	8,45
08:11	1'	5,00	5,00	23,8	0,5	0,049	-2,97	2,53	5,30
08:12	2'	2,00	2,00	23,8	0,5	0,036	-2,97	-0,47	-0,99
08:14	4'	1,50		23,8		0,025	-2,97	-1,47	-3,08
08:18	8'	1,50		23,8		0,017	-2,97	-1,47	-3,08
08:25	15'	1,50		23,8		0,013	-2,97	-1,47	-3,08
08:40	30'	1,50		23,8		0,009	-2,97	-1,47	-3,08
09:10	1 h	1,00		23,8		0,006	-2,97	-1,97	-4,13
10:10	2 h	0,50		23,8		0,005	-2,97	-2,47	-5,18
12:10	4 h	0,50		23,8		0,003	-2,97	-2,47	-5,18
16:10	8 h	0,50		23,8		0,002	-2,97	-2,47	-5,18
08:10	24h	0,50		23,7		0,001	-2,99	-2,49	-5,22
ELABORAÇÃO:									
Etapa		Operador			Cálculo			Verificação	
Colaborador		Guilherme da cruz			Guilherme da cruz				
Data		04/08/2015			04/08/2015				

Tabela 7.2 – Massa específica dos sólidos.

 INSTITUTO GEOTÉCNICO		MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS		LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS		
				AMOSTRA:		
OBRA:				CODIFICAÇÃO:		
DATA:		CLIENTE: FONNTES		REVISÃO: 0		
Determinação N°		1	2	3	4	5
Picnômetro	N°	3	1			
Massa picnômetro+solo+água	(g)	701,11	699,76			
Temperatura - T	(°C)	25,30	25,30			
Massa picnômetro+água a T°C	(g)	666,75	666,53			
Massa picnômetro	(g)	170,29	169,86			
Fator de correção	-	0,9973	0,9973			
Massa solo	(g)	54,36	52,45			
Densidade dos grãos	(g/cm ³)	2,711	2,721			
Desvio máximo admissível (d≤0,02)		S	S			
Densidade dos grãos média	(g/cm ³)	2,716				
ELABORAÇÃO:						
Etapa	Operação	Cálculo		Verificação		
Colaborador						
Data						

Anexo B – Resultados da Difração de Raios – X.

Tabela 7.3 – Parâmetros da análise de DRX.

Parâmetros da análise	
Dataset Name	pótotalanarda_AX_X
File name	E:\pótotalanarda_AX_X.xrdml
Sample Identification	AX
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2Th.]	2.0102
End Position [°2Th.]	69.9762
Step Size [°2Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1600
Scan Type	Continuous
PSD Mode	Scanning
PSD Length [°2Th.]	2.12
Offset [°2Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [°]	1.0000
Specimen Length [mm]	10.00
Measurement Temperature [°C]	25.00
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1.54060
K-Alpha2 [Å]	1.54443
K-Beta [Å]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	40 mA, 45 kV

Tabela 7.4 – Lista dos picos analisados na amostra 01.

Pos. [°2 θ]	Height [cts]	FWHM Left [°2 θ]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	Tip Width	Matched by
6.1580(8)	1350(23)	0.115(3)	14.34101	13.49	0.1383	98-010-9202
6.1733(8)	675(23)	0.115(3)	14.34101	6.74	0.1383	
9.4044(2)	10008(53)	0.1022(7)	9.39659	100.00	0.1226	98-004-6066
9.4278(2)	5004(53)	0.1022(7)	9.39659	50.00	0.1226	
12.3699(4)	3412(33)	0.111(1)	7.14975	34.09	0.1329	98-010-9202
12.4007(4)	1706(33)	0.111(1)	7.14975	17.05	0.1329	
18.6264(6)	2103(32)	0.111(2)	4.75990	21.02	0.1328	98-010-9202
18.6731(6)	1052(32)	0.111(2)	4.75990	10.51	0.1328	
18.9237(7)	1390(36)	0.083(3)	4.68577	13.89	0.0993	98-004-6066
18.9712(7)	695(36)	0.083(3)	4.68577	6.94	0.0993	
19.402(4)	333(8)	0.34(1)	4.57122	3.32	0.4064	98-004-6066; 98-010-9202
19.451(4)	166(8)	0.34(1)	4.57122	1.66	0.4064	
24.9363(5)	2633(34)	0.117(2)	3.56791	26.31	0.1404	98-010-9202
24.9992(5)	1316(34)	0.117(2)	3.56791	13.15	0.1404	
28.5663(2)	9369(68)	0.0922(9)	3.12224	93.61	0.1107	98-004-6066; 98-010-9202
28.6388(2)	4685(68)	0.0922(9)	3.12224	46.81	0.1107	
29.451(2)	316(23)	0.059(5)	3.03044	3.16	0.0705	98-007-8903
29.526(2)	158(23)	0.059(5)	3.03044	1.58	0.0705	
30.905(1)	752(23)	0.131(6)	2.89108	7.52	0.1576	98-009-5464
30.984(1)	376(23)	0.131(6)	2.89108	3.76	0.1576	
31.323(1)	639(25)	0.104(6)	2.85344	6.39	0.1248	98-010-9202; 98-007-8903
31.403(1)	320(25)	0.104(6)	2.85344	3.19	0.1248	
32.522(2)	305(21)	0.065(6)	2.75095	3.05	0.0775	98-004-6066
32.605(2)	152(21)	0.065(6)	2.75095	1.52	0.0775	
34.526(3)	273(14)	0.19(2)	2.59573	2.73	0.2250	98-004-6066; 98-010-9202
34.614(3)	137(14)	0.19(2)	2.59573	1.36	0.2250	
35.177(4)	267(16)	0.18(2)	2.54915	2.67	0.2186	98-010-9202; 98-009-5464
35.267(4)	134(16)	0.18(2)	2.54915	1.34	0.2186	
36.025(5)	238(8)	0.39(2)	2.49106	2.38	0.4686	98-004-6066; 98-007-8903
36.118(5)	119(8)	0.39(2)	2.49106	1.19	0.4686	
36.655(3)	367(16)	0.20(1)	2.44968	3.66	0.2349	98-004-6066; 98-010-9202
36.749(3)	183(16)	0.20(1)	2.44968	1.83	0.2349	
37.582(7)	128(13)	0.15(2)	2.39137	1.28	0.1752	98-004-6066; 98-010-9202; 98-009-5464
37.679(7)	64(13)	0.15(2)	2.39137	0.64	0.1752	
39.713(7)	126(13)	0.15(2)	2.26783	1.26	0.1808	98-004-6066; 98-010-9202; 98-007-8903
39.816(7)	63(13)	0.15(2)	2.26783	0.63	0.1808	
41.089(4)	210(17)	0.15(2)	2.19498	2.10	0.1826	98-004-6066; 98-010-9202; 98-009-5464
41.196(4)	105(17)	0.15(2)	2.19498	1.05	0.1826	
42.998(9)	111(7)	0.38(3)	2.10183	1.11	0.4542	98-004-6066
43.111(9)	56(7)	0.38(3)	2.10183	0.56	0.4542	
44.449(7)	137(16)	0.14(2)	2.03653	1.37	0.1723	98-010-9202
44.566(7)	68(16)	0.14(2)	2.03653	0.68	0.1723	
45.006(3)	372(13)	0.24(1)	2.01265	3.71	0.2874	98-010-9202; 98-009-5464
45.124(3)	186(13)	0.24(1)	2.01265	1.86	0.2874	
48.068(8)	116(9)	0.23(2)	1.89132	1.16	0.2755	98-004-6066; 98-010-9202
48.195(8)	58(9)	0.23(2)	1.89132	0.58	0.2755	
48.597(2)	548(18)	0.097(4)	1.87199	5.48	0.1160	98-004-6066; 98-010-9202; 98-007-8903
48.725(2)	274(18)	0.097(4)	1.87199	2.74	0.1160	
50.495(4)	183(13)	0.106(9)	1.80597	1.83	0.1266	98-004-6066; 98-009-5464
50.629(4)	92(13)	0.106(9)	1.80597	0.92	0.1266	
51.040(3)	226(15)	0.101(9)	1.78795	2.26	0.1215	98-010-9202; 98-009-5464
51.176(3)	113(15)	0.101(9)	1.78795	1.13	0.1215	
58.666(5)	231(10)	0.33(2)	1.57242	2.31	0.4001	98-004-6066; 98-010-9202
58.826(5)	116(10)	0.33(2)	1.57242	1.16	0.4001	
59.186(3)	285(16)	0.098(8)	1.55982	2.85	0.1174	98-004-6066; 98-009-5464
59.348(3)	143(16)	0.098(8)	1.55982	1.42	0.1174	
59.884(5)	239(13)	0.22(2)	1.54330	2.39	0.2631	98-004-6066; 98-010-9202; 98-009-5464
60.048(5)	120(13)	0.22(2)	1.54330	1.20	0.2631	
60.512(6)	207(13)	0.21(2)	1.52877	2.07	0.2530	98-004-6066; 98-010-9202
60.679(6)	104(13)	0.21(2)	1.52877	1.03	0.2530	
63.15(5)	30(3)	0.8(1)	1.47119	0.30	0.9975	98-004-6066; 98-010-9202; 98-007-8903
63.32(5)	15(3)	0.8(1)	1.47119	0.15	0.9975	
65.50(2)	78(6)	0.53(6)	1.42401	0.78	0.6302	98-004-6066; 98-010-9202
65.68(2)	39(6)	0.53(6)	1.42401	0.39	0.6302	
66.772(8)	242(9)	0.52(3)	1.39985	2.42	0.6274	98-010-9202
66.959(8)	121(9)	0.52(3)	1.39985	1.21	0.6274	
67.42(1)	155(14)	0.30(4)	1.38799	1.55	0.3578	98-004-6066; 98-009-5464
67.61(1)	78(14)	0.30(4)	1.38799	0.77	0.3578	

Tabela 7.5 – Lista dos picos analisados na amostra 02.

Lista dos picos analisados – Amostra 02						
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	Tip Width	Matched by
2.03(1)	737(23)	0.43(2)	43.63376	8.13	0.5163	
6.1673(8)	1373(24)	0.115(3)	14.31949	15.17	0.1377	98-010-9202
6.1826(8)	687(24)	0.115(3)	14.31949	7.58	0.1377	
9.4111(2)	9056(44)	0.1236(7)	9.38986	100.00	0.1483	98-004-6066
9.4346(2)	4528(44)	0.1236(7)	9.38986	50.00	0.1483	
12.3843(4)	3471(31)	0.115(1)	7.14147	38.32	0.1381	98-010-9202
12.4152(4)	1735(31)	0.115(1)	7.14147	19.16	0.1381	
18.6444(5)	2378(34)	0.108(2)	4.75535	26.26	0.1300	98-010-9202
18.6911(5)	1189(34)	0.108(2)	4.75535	13.13	0.1300	
18.9438(8)	1219(31)	0.093(3)	4.68086	13.47	0.1115	98-004-6066
18.9913(8)	610(31)	0.093(3)	4.68086	6.73	0.1115	
19.413(4)	296(8)	0.35(2)	4.56874	3.27	0.4232	98-010-9202; 98-004-6066
19.462(4)	148(8)	0.35(2)	4.56874	1.63	0.4232	
24.9549(5)	2855(31)	0.127(2)	3.56529	31.53	0.1527	98-010-9202
25.0179(5)	1428(31)	0.127(2)	3.56529	15.77	0.1527	
28.5900(2)	8525(60)	0.1059(9)	3.11970	94.14	0.1270	98-004-6066
28.6626(2)	4263(60)	0.1059(9)	3.11970	47.07	0.1270	
30.918(1)	1225(31)	0.114(5)	2.88994	13.52	0.1363	98-001-7136
30.996(1)	612(31)	0.114(5)	2.88994	6.76	0.1363	
31.349(1)	678(23)	0.121(6)	2.85112	7.49	0.1447	98-010-9202
31.429(1)	339(23)	0.121(6)	2.85112	3.74	0.1447	
32.541(7)	107(14)	0.15(3)	2.74934	1.18	0.1813	98-004-6066
32.625(7)	53(14)	0.15(3)	2.74933	0.59	0.1813	
34.554(3)	302(15)	0.19(1)	2.59370	3.33	0.2232	98-010-9202; 98-004-6066
34.642(3)	151(15)	0.19(1)	2.59370	1.67	0.2232	
35.198(4)	265(15)	0.20(2)	2.54771	2.93	0.2379	98-010-9202; 98-001-7136
35.288(4)	132(15)	0.20(2)	2.54771	1.46	0.2379	
36.027(6)	244(8)	0.42(2)	2.49094	2.69	0.4986	98-004-6066
36.120(6)	122(8)	0.42(2)	2.49094	1.34	0.4986	
36.679(3)	356(14)	0.23(1)	2.44814	3.93	0.2759	98-010-9202; 98-004-6066
36.773(3)	178(14)	0.23(1)	2.44814	1.96	0.2759	
38.45(2)	51(10)	0.13(3)	2.33950	0.56	0.1553	98-004-6066
38.55(2)	25(10)	0.13(3)	2.33950	0.28	0.1553	
39.754(7)	131(15)	0.16(3)	2.26559	1.44	0.1897	98-010-9202; 98-004-6066
39.857(7)	65(15)	0.16(3)	2.26559	0.72	0.1897	
41.095(5)	263(18)	0.13(1)	2.19466	2.90	0.1604	98-010-9202; 98-001-7136; 98-004-6066
41.202(4)	131(18)	0.13(1)	2.19466	1.45	0.1604	
44.477(6)	154(16)	0.13(2)	2.03532	1.70	0.1613	98-010-9202
44.594(6)	77(16)	0.13(2)	2.03532	0.85	0.1613	
45.021(3)	393(12)	0.24(1)	2.01202	4.34	0.2922	98-010-9202; 98-001-7136
45.139(3)	197(12)	0.24(1)	2.01202	2.17	0.2922	
48.621(2)	538(18)	0.101(4)	1.87111	5.95	0.1214	98-010-9202; 98-004-6066
48.750(2)	269(18)	0.101(4)	1.87111	2.97	0.1214	
49.758(7)	105(14)	0.09(2)	1.83098	1.16	0.1137	98-010-9202; 98-004-6066
49.890(7)	53(14)	0.09(2)	1.83098	0.58	0.1137	
50.542(3)	250(16)	0.104(8)	1.80439	2.76	0.1250	98-001-7136
50.677(3)	125(16)	0.104(8)	1.80439	1.38	0.1250	
51.047(9)	108(14)	0.14(2)	1.78772	1.19	0.1678	98-010-9202; 98-001-7136
51.183(9)	54(14)	0.14(2)	1.78772	0.60	0.1678	
58.705(4)	263(14)	0.24(2)	1.57146	2.91	0.2824	98-010-9202; 98-004-6066
58.865(4)	132(14)	0.24(2)	1.57146	1.45	0.2824	
59.212(2)	300(16)	0.092(8)	1.55922	3.31	0.1107	98-004-6066
59.373(2)	150(16)	0.092(8)	1.55922	1.66	0.1107	
59.943(5)	193(13)	0.17(2)	1.54193	2.13	0.2088	98-010-9202; 98-001-7136; 98-004-6066
60.107(5)	97(13)	0.17(2)	1.54193	1.07	0.2088	
60.523(5)	206(13)	0.16(1)	1.52854	2.28	0.1865	98-010-9202; 98-004-6066
60.689(5)	103(13)	0.16(1)	1.52854	1.14	0.1865	
65.51(2)	81(5)	0.62(6)	1.42365	0.90	0.7424	98-010-9202; 98-004-6066
65.70(2)	41(5)	0.62(6)	1.42365	0.45	0.7424	
66.774(7)	281(11)	0.47(3)	1.39980	3.10	0.5606	98-010-9202
66.962(7)	141(11)	0.47(3)	1.39980	1.55	0.5606	
67.43(1)	164(12)	0.37(4)	1.38777	1.82	0.4458	98-001-7136; 98-004-6066
67.62(1)	82(12)	0.37(4)	1.38777	0.91	0.4458	

Tabela 7.6 – Lista de picos analisados na amostra 03.

Lista de picos analisados – Amostra 03.						
Pos. [°2 θ .]	Height [cts]	FWHM Left [°2 θ .]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	Tip Width	Matched by
6.1674(8)	1305(22)	0.132(3)	14.31922	14.74	0.1579	98-002-8376
6.1827(8)	653(22)	0.132(3)	14.31922	7.37	0.1579	
9.4115(2)	8854(46)	0.1191(8)	9.38943	100.00	0.1430	98-004-6066
9.4350(2)	4427(46)	0.1191(8)	9.38943	50.00	0.1430	
12.3759(4)	3038(27)	0.129(1)	7.14626	34.31	0.1544	98-002-8376
12.4068(4)	1519(27)	0.129(1)	7.14626	17.15	0.1544	
18.6374(6)	1958(29)	0.119(3)	4.75710	22.12	0.1427	98-002-8376
18.6842(6)	979(29)	0.119(3)	4.75710	11.06	0.1427	
18.9324(8)	1152(31)	0.092(3)	4.68366	13.01	0.1102	98-004-6066; 98-002-8376
18.9798(8)	576(31)	0.092(3)	4.68366	6.50	0.1102	
19.401(4)	286(8)	0.37(2)	4.57148	3.23	0.4390	98-004-6066; 98-002-8376
19.450(4)	143(8)	0.37(2)	4.57148	1.61	0.4390	
21.41(2)	68(4)	0.88(7)	4.14657	0.77	1.0570	98-004-6066
21.47(2)	34(4)	0.88(7)	4.14657	0.39	1.0570	
24.9465(5)	2388(29)	0.127(2)	3.56647	26.97	0.1527	98-002-8376
25.0094(5)	1194(29)	0.127(2)	3.56647	13.48	0.1527	
28.5748(3)	7479(55)	0.110(1)	3.12133	84.47	0.1316	98-004-6066; 98-002-8376
28.6473(3)	3740(55)	0.110(1)	3.12133	42.23	0.1316	
30.9189(9)	1203(28)	0.116(4)	2.88982	13.59	0.1397	98-009-5464
30.9976(9)	602(28)	0.116(4)	2.88982	6.79	0.1397	
31.335(2)	546(22)	0.120(7)	2.85236	6.17	0.1437	98-002-8376
31.415(2)	273(22)	0.120(7)	2.85236	3.08	0.1437	
32.555(2)	420(22)	0.069(4)	2.74820	4.74	0.0827	98-004-6066
32.638(2)	210(22)	0.069(4)	2.74820	2.37	0.0827	
34.528(4)	261(12)	0.21(1)	2.59557	2.95	0.2488	98-004-6066; 98-002-8376
34.616(4)	131(12)	0.21(1)	2.59557	1.47	0.2488	
35.180(4)	257(14)	0.21(2)	2.54895	2.90	0.2524	98-009-5464; 98-004-6066; 98-002-8376
35.270(4)	128(14)	0.21(2)	2.54895	1.45	0.2524	
36.045(6)	243(8)	0.45(2)	2.48972	2.75	0.5393	98-004-6066
36.138(6)	122(8)	0.45(2)	2.48972	1.37	0.5393	
36.664(3)	380(16)	0.20(1)	2.44910	4.29	0.2369	98-004-6066; 98-002-8376
36.758(3)	190(16)	0.20(1)	2.44910	2.14	0.2369	
37.55(1)	73(7)	0.34(4)	2.39337	0.83	0.4031	98-009-5464; 98-004-6066; 98-002-8376
37.65(1)	37(7)	0.34(4)	2.39337	0.41	0.4031	
39.736(9)	98(10)	0.20(3)	2.26656	1.11	0.2430	98-004-6066; 98-002-8376
39.839(9)	49(10)	0.20(3)	2.26656	0.55	0.2430	
41.040(7)	127(9)	0.27(3)	2.19750	1.43	0.3186	98-009-5464; 98-004-6066; 98-002-8376
41.146(7)	63(9)	0.27(3)	2.19750	0.71	0.3186	
43.06(1)	81(5)	0.59(5)	2.09915	0.92	0.7065	98-004-6066; 98-002-8376
43.17(1)	41(5)	0.59(5)	2.09915	0.46	0.7065	
45.020(3)	371(12)	0.26(1)	2.01204	4.19	0.3067	98-009-5464; 98-002-8376
45.138(3)	186(12)	0.26(1)	2.01204	2.10	0.3067	
48.09(1)	98(7)	0.23(2)	1.89055	1.10	0.2803	98-004-6066; 98-002-8376
48.22(1)	49(7)	0.23(2)	1.89055	0.55	0.2803	
48.602(2)	452(17)	0.110(5)	1.87180	5.10	0.1321	98-004-6066; 98-002-8376
48.730(2)	226(17)	0.110(5)	1.87180	2.55	0.1321	
54.53(2)	90(3)	1.49(7)	1.68161	1.01	1.7826	98-004-6066; 98-002-8376
54.67(2)	45(3)	1.49(7)	1.68161	0.51	1.7826	
58.676(5)	241(11)	0.31(2)	1.57216	2.72	0.3680	98-009-5464; 98-004-6066; 98-002-8376
58.836(5)	121(11)	0.31(2)	1.57216	1.36	0.3680	
59.196(4)	231(12)	0.117(3)	1.55959	2.61	0.1404	98-009-5464; 98-004-6066; 98-002-8376
59.358(4)	116(12)	0.117(3)	1.55959	1.31	0.1404	
59.921(6)	190(12)	0.21(2)	1.54243	2.15	0.2485	98-009-5464; 98-004-6066; 98-002-8376
60.085(6)	95(12)	0.21(2)	1.54243	1.07	0.2485	
60.516(6)	201(13)	0.23(2)	1.52869	2.27	0.2760	98-004-6066; 98-002-8376
60.682(6)	101(13)	0.23(2)	1.52869	1.14	0.2760	
65.50(2)	82(6)	0.52(5)	1.42385	0.93	0.6237	98-004-6066; 98-002-8376
65.69(2)	41(6)	0.52(5)	1.42385	0.46	0.6237	
66.890(8)	219(5)	0.94(3)	1.39766	2.47	1.1297	98-004-6066; 98-002-8376
67.078(8)	110(5)	0.94(3)	1.39766	1.24	1.1297	

Tabela 7.7 – Lista de picos analisados na amostra 04.

Lista de picos analisados – Amostra 04.						
Pos. [°2 θ .]	Height [cts]	FWHM Left [°2 θ .]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	Tip Width	Matched by
6.1549(9)	1161(22)	0.118(3)	14.34832	11.51	0.1419	98-010-9202
6.1702(9)	581(22)	0.118(3)	14.34832	5.75	0.1419	
9.3991(2)	9225(49)	0.1112(8)	9.40179	91.40	0.1335	98-001-2207
9.4226(2)	4612(49)	0.1112(8)	9.40179	45.70	0.1335	
12.3671(4)	3412(35)	0.107(2)	7.15133	33.80	0.1286	98-010-9202
12.3980(4)	1706(35)	0.107(2)	7.15133	16.90	0.1286	
18.6257(6)	2205(35)	0.110(3)	4.76006	21.84	0.1316	98-010-9202
18.6724(6)	1102(35)	0.110(3)	4.76006	10.92	0.1316	
18.9260(7)	1445(36)	0.085(3)	4.68521	14.32	0.1019	98-001-2207
18.9735(7)	723(36)	0.085(3)	4.68521	7.16	0.1019	
19.404(5)	299(8)	0.39(2)	4.57086	2.96	0.4730	98-010-9202; 98-001-2207
19.453(5)	149(8)	0.39(2)	4.57086	1.48	0.4730	
24.9338(5)	2566(28)	0.132(2)	3.56826	25.42	0.1582	98-010-9202
24.9967(5)	1283(28)	0.132(2)	3.56826	12.71	0.1582	
28.5691(2)	10093(67)	0.1000(8)	3.12193	100.00	0.1200	98-010-9202; 98-001-2207
28.6416(2)	5046(67)	0.1000(8)	3.12193	50.00	0.1200	
30.914(1)	989(27)	0.117(5)	2.89030	9.80	0.1408	98-009-5463
30.992(1)	495(27)	0.117(5)	2.89030	4.90	0.1408	
31.321(1)	649(25)	0.103(6)	2.85363	6.43	0.1238	98-010-9202
31.401(1)	324(25)	0.103(6)	2.85363	3.21	0.1238	
32.524(4)	207(20)	0.075(9)	2.75080	2.05	0.0897	98-001-2207
32.607(4)	103(20)	0.075(9)	2.75080	1.02	0.0897	
34.530(3)	297(18)	0.14(1)	2.59539	2.94	0.1729	98-010-9202; 98-001-2207
34.619(3)	149(18)	0.14(1)	2.59539	1.47	0.1729	
35.178(3)	294(18)	0.17(2)	2.54905	2.92	0.1990	98-010-9202; 98-009-5463
35.269(3)	147(18)	0.17(2)	2.54905	1.46	0.1990	
36.009(5)	246(8)	0.39(2)	2.49213	2.44	0.4719	98-001-2207
36.102(5)	123(8)	0.39(2)	2.49213	1.22	0.4719	
36.654(3)	332(15)	0.21(1)	2.44972	3.29	0.2523	98-010-9202; 98-001-2207
36.749(3)	166(15)	0.21(1)	2.44972	1.65	0.2523	
37.58(1)	84(10)	0.22(4)	2.39173	0.84	0.2605	98-010-9202; 98-009-5463; 98-001-2207
37.67(1)	42(10)	0.22(4)	2.39173	0.42	0.2605	
39.725(9)	94(12)	0.14(3)	2.26718	0.94	0.1738	98-010-9202; 98-001-2207
39.827(9)	47(12)	0.14(3)	2.26718	0.47	0.1738	
43.02(2)	73(5)	0.51(5)	2.10100	0.72	0.6086	98-001-2207
43.13(2)	36(5)	0.51(5)	2.10100	0.36	0.6086	
44.452(7)	127(13)	0.14(2)	2.03640	1.25	0.1714	98-010-9202
44.569(7)	63(13)	0.14(2)	2.03640	0.63	0.1714	
45.005(3)	366(14)	0.22(1)	2.01268	3.63	0.2598	98-010-9202; 98-009-5463
45.123(3)	183(14)	0.22(1)	2.01268	1.81	0.2598	
48.093(8)	119(14)	0.18(3)	1.89040	1.18	0.2134	98-010-9202; 98-001-2207
48.220(8)	60(14)	0.18(3)	1.89040	0.59	0.2134	
48.600(1)	621(19)	0.096(4)	1.87188	6.15	0.1156	98-010-9202; 98-001-2207
48.728(1)	310(19)	0.096(4)	1.87188	3.08	0.1156	
58.665(5)	248(11)	0.30(2)	1.57243	2.46	0.3648	98-010-9202; 98-001-2207
58.825(5)	124(11)	0.30(2)	1.57243	1.23	0.3648	
59.192(3)	304(16)	0.101(8)	1.55969	3.01	0.1217	98-009-5463; 98-001-2207
59.354(3)	152(16)	0.101(8)	1.55969	1.51	0.1217	
59.915(6)	179(12)	0.23(2)	1.54259	1.78	0.2764	98-010-9202; 98-009-5463; 98-001-2207
60.079(6)	90(12)	0.23(2)	1.54259	0.89	0.2764	
60.514(6)	210(13)	0.20(2)	1.52873	2.08	0.2448	98-010-9202; 98-001-2207

Tabela 7.8 – Lista de picos analisados na amostra 05.

Lista de picos analisados – Amostra 05.						
Pos. [°2 θ .]	Height [cts]	FWHM Left [°2 θ .]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	Tip Width	Matched by
2.02(1)	766(25)	0.46(2)	43.78021	9.71	0.5478	
6.1573(8)	1316(22)	0.120(3)	14.34278	16.68	0.1435	98-010-8634
6.1726(8)	658(22)	0.120(3)	14.34278	8.34	0.1435	
9.4023(2)	7893(41)	0.1238(8)	9.39864	100.00	0.1486	98-001-2207
9.4257(2)	3946(41)	0.1238(8)	9.39864	50.00	0.1486	
12.3667(5)	2692(27)	0.123(2)	7.15156	34.10	0.1477	98-010-8634
12.3976(5)	1346(27)	0.123(2)	7.15156	17.05	0.1477	
18.6253(7)	1623(26)	0.123(3)	4.76017	20.56	0.1478	98-010-8634
18.6720(7)	811(26)	0.123(3)	4.76017	10.28	0.1478	
18.9263(9)	1087(33)	0.088(4)	4.68513	13.77	0.1057	98-001-2207
18.9738(9)	543(33)	0.088(4)	4.68513	6.88	0.1057	
19.398(3)	418(9)	0.36(1)	4.57215	5.29	0.4311	98-010-8634; 98-001-2207
19.447(3)	209(9)	0.36(1)	4.57215	2.65	0.4311	
24.9335(6)	2076(27)	0.131(2)	3.56829	26.30	0.1574	98-010-8634
24.9965(6)	1038(27)	0.131(2)	3.56829	13.15	0.1574	
28.5663(3)	7433(58)	0.106(1)	3.12223	94.18	0.1276	98-010-8634; 98-001-2207
28.6388(3)	3717(58)	0.106(1)	3.12223	47.09	0.1276	
30.9291(6)	2189(38)	0.082(2)	2.88889	27.74	0.0978	98-001-7136
31.0078(6)	1095(38)	0.082(2)	2.88889	13.87	0.0978	
31.325(2)	498(23)	0.112(8)	2.85324	6.31	0.1346	98-010-8634
31.405(2)	249(23)	0.112(8)	2.85324	3.16	0.1346	
32.507(8)	94(14)	0.15(3)	2.75214	1.19	0.1745	98-001-2207
32.590(8)	47(14)	0.15(3)	2.75214	0.59	0.1745	
34.524(3)	338(13)	0.21(1)	2.59584	4.28	0.2572	98-010-8634; 98-001-2207
34.613(3)	169(13)	0.21(1)	2.59584	2.14	0.2572	
35.170(3)	341(18)	0.18(1)	2.54961	4.32	0.2152	98-010-8634; 98-001-7136
35.261(3)	170(18)	0.18(1)	2.54961	2.16	0.2152	
36.020(5)	271(8)	0.46(2)	2.49143	3.43	0.5466	98-001-2207
36.112(5)	135(8)	0.46(2)	2.49143	1.72	0.5466	
36.652(3)	447(16)	0.21(1)	2.44985	5.67	0.2572	98-010-8634; 98-001-2207
36.747(3)	224(16)	0.21(1)	2.44985	2.83	0.2572	
37.583(6)	149(11)	0.17(2)	2.39133	1.89	0.2088	98-010-8634; 98-001-7136; 98-001-2207
37.679(6)	75(11)	0.17(2)	2.39133	0.94	0.2088	
39.724(7)	129(10)	0.21(2)	2.26723	1.63	0.2495	98-010-8634; 98-001-2207
39.827(7)	64(10)	0.21(2)	2.26723	0.81	0.2495	
41.089(2)	406(19)	0.14(1)	2.19498	5.15	0.1714	98-010-8634; 98-001-7136; 98-001-2207
41.196(2)	203(19)	0.14(1)	2.19498	2.57	0.1714	
43.05(1)	90(5)	0.49(4)	2.09938	1.14	0.5880	98-001-2207
43.16(1)	45(5)	0.49(4)	2.09938	0.57	0.5880	
44.455(9)	104(11)	0.13(1)	2.03628	1.31	0.1538	98-010-8634
44.572(9)	52(11)	0.13(1)	2.03628	0.66	0.1538	
44.998(3)	391(13)	0.24(1)	2.01296	4.96	0.2859	98-010-8634; 98-001-7136
45.116(3)	196(13)	0.24(1)	2.01296	2.48	0.2859	
48.593(2)	468(18)	0.105(5)	1.87212	5.92	0.1254	98-010-8634; 98-001-2207
48.722(2)	234(18)	0.105(5)	1.87212	2.96	0.1254	
58.666(5)	229(13)	0.26(2)	1.57242	2.91	0.3088	98-010-8634; 98-001-2207
58.826(5)	115(13)	0.26(2)	1.57242	1.45	0.3088	
59.185(4)	222(14)	0.12(1)	1.55986	2.81	0.1446	98-010-8634; 98-001-7136; 98-001-2207
59.346(4)	111(14)	0.12(1)	1.55986	1.41	0.1446	
59.911(4)	280(13)	0.148(8)	1.54267	3.55	0.1772	98-010-8634; 98-001-7136; 98-001-2207
60.076(4)	140(13)	0.148(8)	1.54267	1.78	0.1772	
60.509(4)	284(12)	0.161(9)	1.52884	3.60	0.1937	98-010-8634; 98-001-2207
60.675(4)	142(12)	0.161(9)	1.52884	1.80	0.1937	
66.844(8)	212(5)	0.94(3)	1.39850	2.68	1.1261	98-001-2207
67.032(8)	106(5)	0.94(3)	1.39850	1.34	1.1261	