

BERGMANN, Magda; SILVEIRA, C. A. P.; BAMBERG, A. L.; MARTINAZZO, R.; GRECCO, M. F. Considerações sobre o potencial de uso agrônomo das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. In: HARTMANN, L.A.; SILVA, J.T. DA; DONATO, M. (Org.). **Tecnologia e Inovação em Gemas, Jóias e Mineração**. Porto Alegre: UFRGS, 2014, p. 119-126.

## **Considerações sobre o potencial de uso agrônomo das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná**

Magda Bergmann<sup>1</sup>; Carlos Augusto Posser Silveira<sup>2</sup>; Adilson Luís Bamberg<sup>2</sup> Rosane Martinazzo<sup>2</sup>; Matheus Farias Grecco<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geóloga, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/CPRM – Serviço Geológico do Brasil Rua Banco da Província, 105 90840-030 Porto Alegre, RS, [magda.bergmann@cprm.gov.br](mailto:magda.bergmann@cprm.gov.br)

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo (a), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Clima Temperado, BR 392 Km 78, Caixa Postal 403, 96010-971 - Pelotas, RS; [augusto.posser@embrapa.br](mailto:augusto.posser@embrapa.br); [rosane.martinazzo@embrapa.br](mailto:rosane.martinazzo@embrapa.br), [adilson.bamberg@embrapa.br](mailto:adilson.bamberg@embrapa.br)

<sup>3</sup> Acadêmico do Curso Engenharia Geológica – UFPEL. [grecco.eg@hotmail.com](mailto:grecco.eg@hotmail.com)

### **1 - Introdução**

As rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná, de idade do Eocretáceo, têm ampla distribuição pelos estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, e são utilizadas com frequência como agregados para a construção civil, na forma de brita, pedras de calçamento, lajes, rachão (para pavimentação de estradas), saibro e rochas ornamentais para revestimento. Uma decorrência direta disto é a disponibilidade das rochas vulcânicas de afiliação basáltica (termos básicos, ricos em minerais ferromagnesianos) e dacítica (termos ácidos, onde predominam plagioclásios e feldspatos potássicos) como rejeitos de lavra e enquanto finos de britagem. Este fato tornou possível seu uso empírico na remineralização de solos, em especial na agricultura familiar de estados como Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná.

Almeida e Silva (2009) citam dezenas de comunidades, em 15 municípios do Sul do Paraná e do Planalto Norte Catarinense, que vêm empregando pó de basalto, e que inclusive se organizam para a construção de moinhos hidráulicos para moagem de rocha em pequena escala. Em União da Vitória, no Paraná, Knapik, (1987) desenvolveu trabalho pioneiro com experimentos agrônomicos utilizando finos e ultra-finos de britagem de basalto, e mais recentemente das rochas ácidas.

Neste contexto, o uso de rochas moídas na agricultura, técnica conhecida como Rochagem, corresponde a uma alternativa mais econômica aos fertilizantes químicos, elaborados com insumos importados de alto custo, mas também supre produtores de alimentos orgânicos, e atende a uma gama de pessoas interessadas no acesso a alimentos mais saudáveis e produzidos com menor impacto sobre o meio ambiente.

A comercialização dos pós de rochas silicáticas deverá ser regulamentada por normas complementares à recente **Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013**, que inclui os remineralizadores de solos como nova categoria de insumos para a agricultura, definindo parâmetros e procedimentos necessários para o aproveitamento destas substâncias.

Assim, o presente trabalho se propõe a discutir brevemente a aptidão para uso agrícola de rochas basálticas e dacíticas do Grupo Serra Geral, destacando propriedades petrográficas e litoquímicas, e comentando alguns resultados do projeto Agrominerais da Bacia do Paraná-RS

da CPRM-Serviço Geológico do Brasil, em curso, e de ensaios agrônômicos igualmente em curso na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Clima Temperado.

As rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral, e em especial os basaltos, assumem particular importância para o Arranjo Produtivo de Gemas e Jóias do Rio Grande do Sul, uma vez que alojam os depósitos de ágata, ametista, cristal de rocha, cornalina e opala, entre outras gemas, que colocam o estado entre os maiores fornecedores destes materiais para o mercado internacional de gemas (Juchem, 1999; 2014).

Dada à escala assumida pelo conjunto dos empreendimentos mineiros, as rochas compõem extensas pilhas de descartes com considerável potencial de aproveitamento na remineralização de solos, mesmo pela proximidade entre os empreendimentos e os polos agrícolas regionais. A análise dos dados de litoquímica, juntamente com os estudos petrográficos, são ferramentas que se impõem para o cotejamento e escolha das rochas mais próprias para este fim.

## **2 – Metodologia**

Os trabalhos de pesquisa de agrominerais são realizados no âmbito da CPRM com levantamento de dados de estratigrafia, geofísica (cintilometria e kappametria), geologia estrutural, litoquímica e petrografia, contando com as ferramentas do Sistema de Informações Geográficas, que facilitam a análise, a gerência e a representação das informações aportadas, bem como sua integração. Os resultados, quando da conclusão do projeto, serão apresentados em formato vetorial e raster. Os arquivos digitais poderão ser manipulados através do Programa ArcExibe 8.0 (visualizador da CPRM, de livre distribuição) e acessados no site da CPRM através de seu banco de dados institucional, o GEOBANK.

Os dados de litoquímica referidos neste trabalho são resultantes de análises para óxidos maiores e elementos traços efetuadas pelos métodos de ICP (Inductively Coupled Plasma) e ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry), a maioria realizada pelo laboratório ACME do Canadá. Foram extraídos de um banco de dados montado com base em bibliografia relativamente recente (Bergmann *et al.* 2013) que totaliza 773 amostras, 704 das quais correspondem a rochas de afiliação basáltica, distribuídas ao longo de toda a extensão da Formação Serra Geral (Fig.1).

## **3 - Resultados e discussões**

As rochas básicas, que predominam amplamente ao longo da extensão em área do Grupo Serra Geral têm teores de sílica médios entre 50 e 53% e quantidades relativamente maiores de Mg, Ca e P. Os termos ácidos (dacitos e riolitos), que perfazem a fração de 2,5% em volume do vulcanismo (Nardy *et al.*, 2008), têm teores médios de sílica entre 65 e 72% e quantidades geralmente menores de Mg, Ca e P, ao passo que seu conteúdo de K pode ser até nove vezes superior ao dos basaltos.

A mineralogia essencial dos basaltos comporta plagioclásios cálcicos (labradorita e andesina) e piroxênios, ambos minerais suscetíveis ao intemperismo e que podem liberar óxidos de Mg e Ca. A apatita, mineral do grupo dos fosfatos, ocorre como acessório (<3%), em agulhas micrométricas ocas e septadas, incluídas nos demais minerais da rocha ou em domínios devitrificados. Estes fatores podem determinar a abertura dos cristais de apatita, com conseqüente aumento de sua solubilidade no meio exógeno (Bergmann *et al.*, 2009).

Os dacitos e riolitos apresentam conteúdo maior de sílica e dos álcalis K e Na em relação aos basaltos, e neles predominam feldspatos potássicos, plagioclásios sódicos (oligoclásio e andesina), piroxênios e quartzo. As apatitas são também constituintes da

mineralogia acessória, embora os teores de  $P_2O_5$  sejam um pouco inferiores, cotejados aos dos basaltos.

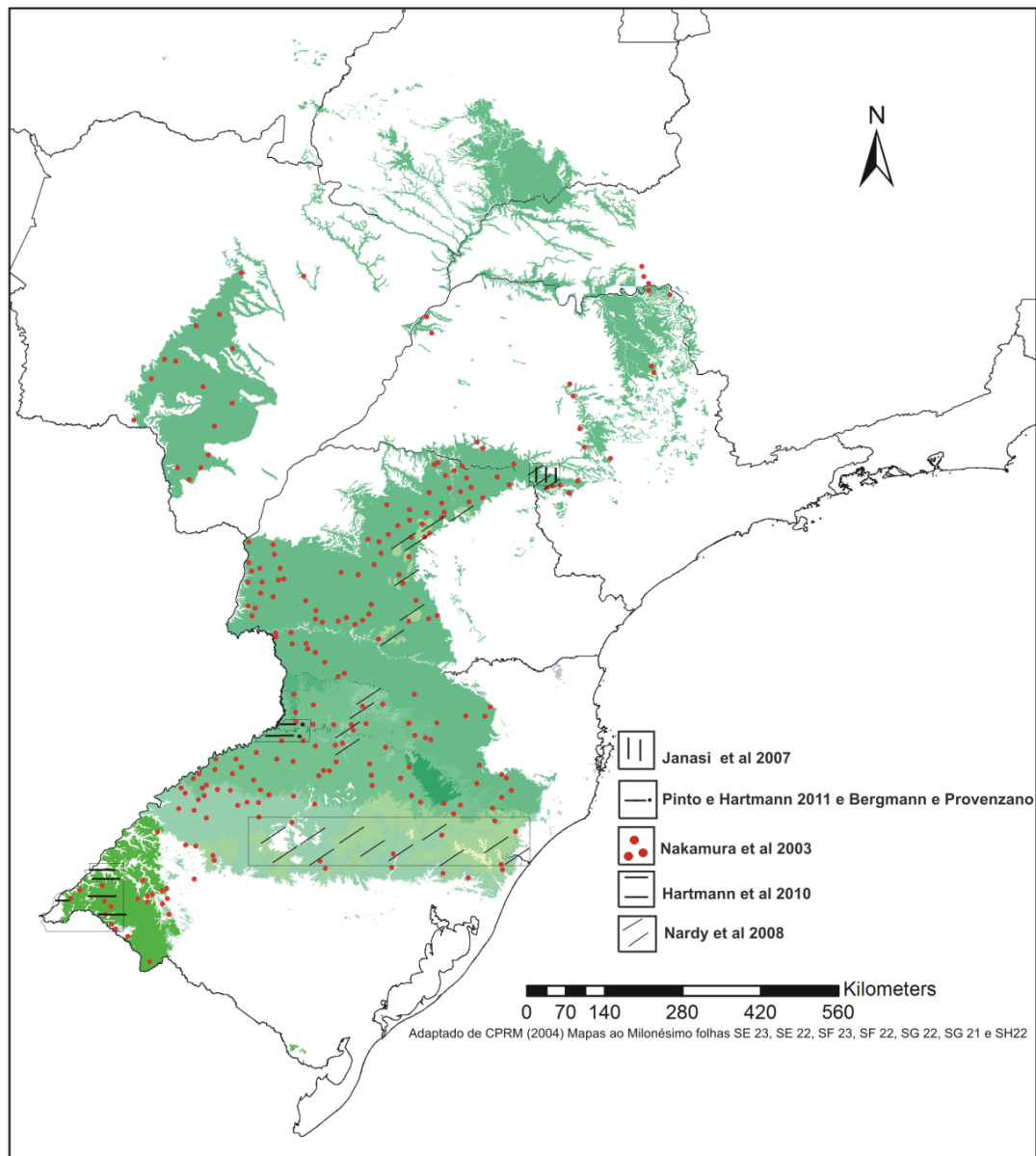


Figura 1 - Distribuição das amostras com litoquímica tratada ao longo da Formação Serra Geral no Brasil. Para o Rio Grande do Sul encontram-se discriminados vários fácies entre vulcânicas básicas e ácidas, para os demais estados discrimina-se básicas e ácidas (cores mais claras) Adaptado de Bergmann *et al.* 2013.

### 3.1 – Análise dos Dados de Litoquímica

De maneira ampla, os basaltos da Formação Serra Geral apresentam características muito próprias ao emprego na agricultura na forma de pós de rocha sendo em sua maior parte isentos de quantidades impeditivas de elementos nocivos ou potencialmente nocivos como As, Cd, Cr, Hg e Pb (Instrução Normativa MAPA 27/2006).

Quase toda a sílica presente nos basaltos está disponível para liberação no solo, uma vez que se encontra em minerais com plagioclásios e piroxênios, suscetíveis à degradação quando em contato com ambiente solo-planta.

A soma de bases (CaO+MgO+K<sub>2</sub>O), com valores médios em torno de 15%, indica percentuais interessantes de macronutrientes como Ca e Mg, com K em menor quantidade. Os teores de Na<sub>2</sub>O raramente ultrapassam 3%, e não se constituem em restrição para emprego das rochas, nem mesmo em solos sob regime de déficit hídrico.

A grande maioria das rochas basálticas, indica razões favoráveis de CaO:MgO sob o ponto de vista agrônomo, sendo considerada a razão ideal de Ca:Mg como de 3 a 4:1 como adequada em solos equilibrados, e micronutrientes como Cu, Mn, Zn, Co, V, Ni apresentam teores que caracterizam os basaltos do Grupo Serra Geral como muito propícios ao emprego na remineralização de solos. Os teores de Cu, micronutriente essencial para as plantas e especialmente benéfico para frutíferas, podem ser maiores que 200ppm, valor que ultrapassa largamente os valores críticos e suficientes para teores em solos (Van Straaten (2007).

Entre os dacitos fica evidente a importância do óxido de K, em detrimento do Ca e do Mg. Em boa parte das amostras o conteúdo de K mostra-se superior à soma dos óxidos de Ca e Mg. Dentre as rochas consideradas, 62% apresentam valores de K<sub>2</sub>O>4,0, sendo o valor máximo 5,18% de K<sub>2</sub>O. Um total de 60% das amostras acusa Na<sub>2</sub>O>3,0, entretanto com valores que não ultrapassam 3,88%.

Embora com teores de sílica mais altos, os dacitos apresentam parte da mesma na forma de quartzo, fato que deve ser ponderado pelo risco de adição de um material inerte que pode, a longo prazo, comprometer a estrutura dos solos, uma vez considerada a aplicação repetida e de doses elevadas deste tipo de pó de rocha. Porém, considerando a soma de bases como critério para definição de doses agrônomicas, tal risco pode ser minimizado ou mesmo desprezado.

Entre as rochas vulcânicas ácidas, as do tipo Chapecó (Nardy *et al.*, 2008) apresentam os maiores teores de álcalis e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, para o último, com valores que com frequência ultrapassam 5%.

### 3.2 – Critérios Petrográficos

A presença de óxidos e elementos em determinada rocha pode ser quantificada pela litoquímica, mas não corresponde de forma direta aos totais de cátions disponíveis para assimilação pelas plantas. Isto ocorre por que os minerais que são típicos de cada rocha respondem de maneira diferente aos agentes do ciclo de intemperismo, e a liberação de elementos e compostos úteis à nutrição vegetal, que vai ocorrer com a abertura dos sistemas cristalinos, depende das condições de estabilidade físico-química de cada um deles. Para uma compreensão simplificada deste processo pode-se usar a regra expressa pelo “Ciclo de Bowen”, que determina que minerais cristalizados a temperaturas e pressões mais altas são menos estáveis na superfície da crosta terrestre (ambiente exógeno). Assim, a ordem de cristalização dos minerais em uma rocha determina grosso modo sua susceptibilidade relativa ao intemperismo.

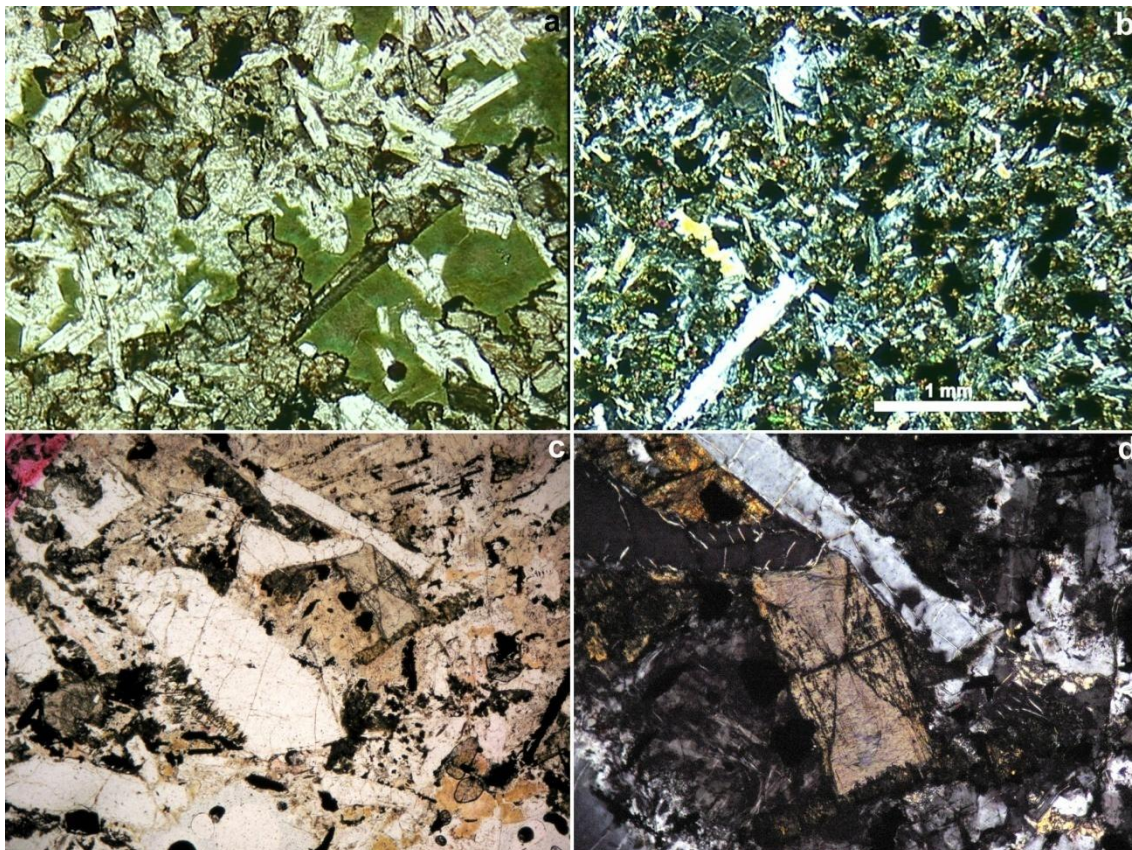
Ainda diferentes texturas de cristalização, transformações que podem ocorrer no sistema rocha após diferenciação das fases minerais e/ou eventos de deformação podem levar a fragilidades no sistema cristalino, propiciando condições para a abertura dos minerais. Dentre estes fatores destaca-se nas rochas ígneas o hidrotermalismo. Processos hidrotermais do tipo argilização, albitização e zeolitização são comumente relatados nos basaltos (Gomes, 1996; Duarte, 2008; Hartmann *et al.*, 2011 entre outros), e também estão presentes nos dacitos (Fig.2A). Eles podem ser responsáveis por modificações na mineralogia primária das rochas e podem provocar a abertura das fases minerais, facilitando a liberação de nutrientes. Nas análises litoquímicas o grau de alteração hidrotermal pode ser estimado preliminarmente pelos valores de perda ao fogo (LOI, *loss by ignition*). Genericamente, rochas ígneas com



valores de perda ao fogo maiores que 3% foram submetidas à alteração hidrotermal ou intempérica.

Todos os processos citados devem ser investigados pela petrografia, técnica pela qual secções delgadas de rochas são examinadas ao microscópio petrográfico permitindo o reconhecimento de minerais, sua textura, o tamanho dos grãos e o estado de sanidade.

As rochas vulcânicas são caracteristicamente constituídas por grãos muito finos, podem ser afaníticas (grãos menores que 1 mm), e conter percentuais variados de material vítreo, propriedades decorrentes da cristalização rápida dos magmas na superfície da crosta terrestre.



**Figura 2.** Rochas basálticas da Folha Três Passos 1:100.000. **A** - Aumento de 5x, LN. Cavidades diktitaxíticas preenchidas por celadonita, com argilização à celadonita mais desenvolvida sobre plagioclásios. **B** – Aumento 2,5x. Fenocristal de plagioclásio com bordos corroídos em matriz intergranular a ripas subédricas de bordos e macla difusa LP. **C**- Domínios intersertais a cristais de plagioclásio e clinopiroxênio com produtos devitrificados de cor salmão.LN 40x. **D**- Detalhe da parte central de C- Cristal de piroxênio com macla em ampulheta, à direita de produtos de devitrificação de birrefringência baixa. LP 100 X

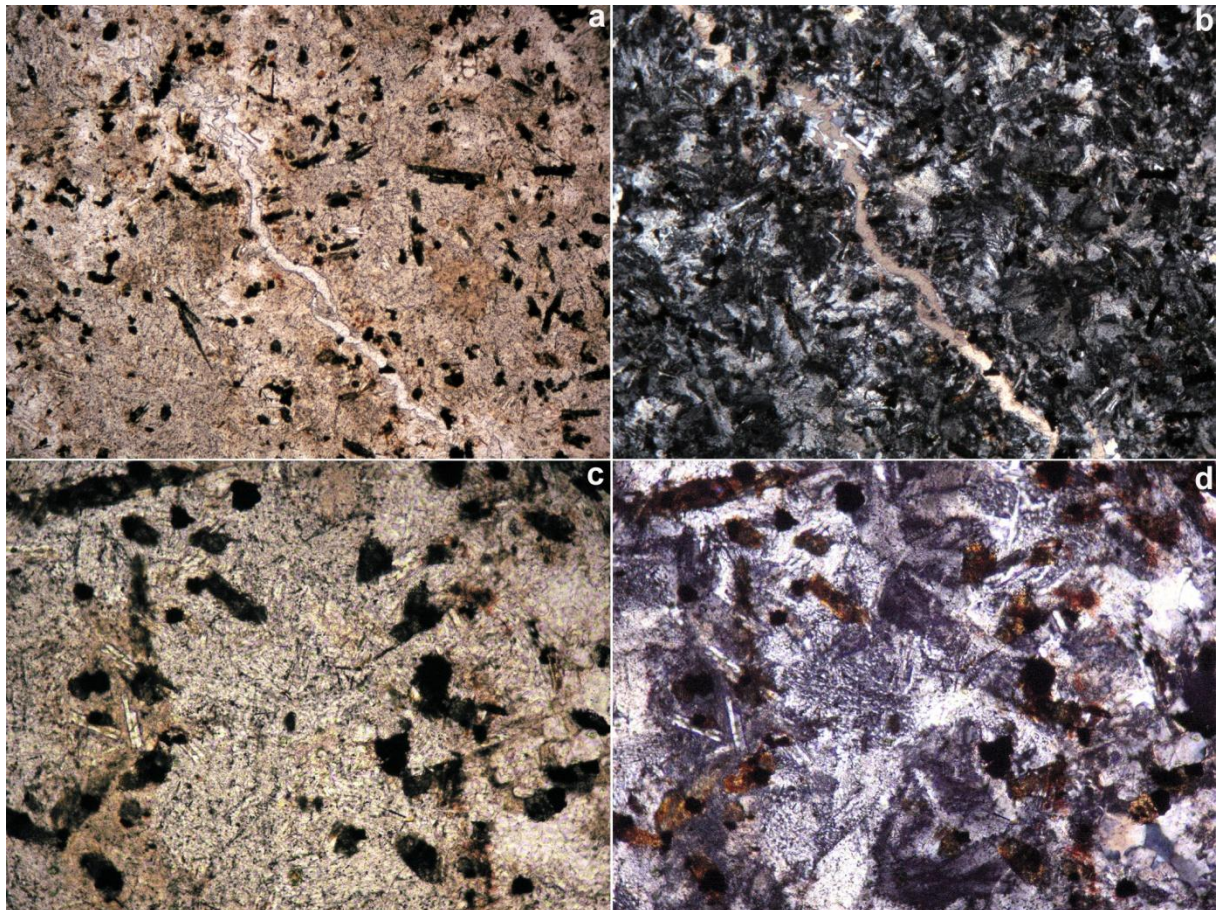
O vidro vulcânico é um material sem estrutura cristalina, que se degrada prontamente quando submetido ao intemperismo, transformando-se em uma mistura de argilominerais e zeolitas capaz de incrementar a Capacidade de Trocas Catiônicas (CTC) dos solos, enquanto os minerais cristalizados de maneira brusca tendem a ter tamanho menor, e a apresentar um menor grau de ajuste da estrutura cristalina, o que também favorece sua degradação (Figs 2B, C e D).

Para basaltos e dacitos a presença de vidro (material não cristalino, muito suscetível ao intemperismo) e cavidades diktitaxíticas, preenchidas por filossilicatos, são indicativas de rochas com maior potencial de liberação de nutrientes. Também nos dois conjuntos de rochas as fases minerais apresentam abertura facilitada em condição exógena. Isto inclui o comportamento anômalo do feldspato potássico nos dacitos, com forte indicativo para liberação de K, em função das feições vítreas peculiares destas rochas, como a textura



micrográfica, dada por intercrescimento de quartzo e feldspato alcalino, além de textura esferulítica própria de feições de devitrificação (Grecco *et al.* 2012), fig. 3.

Por fim, para que se determine a cominuição necessária para a efetividade de uso de determinada rocha como remineralizador de solos, é importante o registro das faixas de tamanho de grão de cada um dos constituintes minerais. Os minerais devem ser quebrados, do contrário as partículas geradas serão agregados de grãos, o que diminui a reatividade química do pó de rocha em solos.



**Figura 3.** A-B. Rocha dacítica da Pedreira Itaara-RS, com textura geral esferulítica e micrográfica com vênula de carbonato e pseudomorfos de máfico com óxidos e hidróxidos de ferro e domínios residuais de quartzo. Aumento de 40x (A, LN; B, LP). C-D. Detalhe da fotomicrografia anterior mostrando os domínios esferulíticos e os cristálitos máficos e félsicos. Aumento de 200x (C, LN; D, LP). Extraído de Grecco *et al.* 2012.

### 3.3 - Considerações prévias quanto ao desempenho agronômico

Diversas pesquisas realizadas nos últimos anos (Bamberg *et al.*, 2012; Grecco *et al.*, 2012; Ribes *et al.*, 2012; Silveira, 2012; Milech *et al.*, 2013; Bamberg *et al.*, 2013; Grecco *et al.*, 2013) tem indicado que os diferentes pós de rocha podem ser fontes potenciais de nutrientes para as plantas, desde que submetidos aos processos de adequação, os quais variam com os tipos de minerais presentes na rocha, sua forma de aplicação e tipo de solo e as culturas onde serão utilizados. De um modo geral, tais pesquisas permitiram que rejeitos da atividade de mineração passassem a ser considerados agrominerais, isto é, matérias-primas passíveis de uso agrícola. Ao mesmo tempo, constatou-se que devido às diferenças na dinâmica de liberação dos elementos que constituem os minerais das rochas, há a necessidade de combinar diferentes tipos de agrominerais e fontes orgânicas visando suprir adequadamente os sistemas de produção agrícolas.

#### 4 - Conclusões

A análise dos dados litoquímicos é o primeiro passo ao se considerar o uso dos pós de rocha na agricultura. As rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral destacam-se como portadores de macro e micronutrientes, e fatores implícitos à sua mineralogia e textura decorrem são fortes indicadores indicativos do potencial que apresentam os finos de britagem destas rochas no uso como remineralizadores de solos empobrecidos em nutrientes. De posse das informações petrográficas pode-se determinar a granulometria mais favorável ao intemperismo dos pós de rocha, averiguar quais minerais têm possibilidade teórica (condições de estabilidade físico-química) de liberar determinados óxidos e elementos no ciclo exógeno a prazos compatíveis, avaliar a presença de minerais secundários que indiquem processos hidrotermais e determinar aspectos de textura que facilitem a quebra dos sistemas cristalinos, interferindo no comportamento teórico de cada mineral.

O estudo petrográfico detalhado das rochas vulcânicas deve ser complementado com técnicas e instrumentos como o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), para investigar feições de dissolução em faces de minerais, podendo estabelecer correlações entre estes fatores e o desempenho agrônômico de pós de rocha em experimentos de casa de vegetação e de campo, além de testes em colunas de lixiviação para extração e avaliação de elementos traços e nutrientes solúveis em água (Bamberg *et al.* 2011).

Ainda zeolitas e calcita presentes em quantidades apreciáveis em lobos basálticos de franjas de derrames, zonas amigdaloides e brechas de topos de derrame podem apresentar potencial para condicionamento de solos, desde que não estejam em paragêneses onde a família da sílica seja expressiva, pois neste caso o uso do material poderia agregar minerais inertes indesejados no solo (Bergmann 2014).

Conforme preconizam os trabalhos sobre uso de pós de rocha, e as normas que deverão regulamentar seu uso e comércio, além da caracterização química e petrográfica é imprescindível a realização de testes de desempenho agrônômico.

#### 5. Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, E. & SILVA, F.J.P.S. Transição Agroecológica de Sistemas Produtivos Familiares no Sul Do Paraná e Planalto Norte Catarinense – O Relato Da Experiência Com O Pó De Basalto. In: I Congresso Brasileiro de Rochagem, 2009, Brasília. Anais I Congresso Brasileiro de Rochagem. Brasília: Fundação Sonia Ivar, 2009. v. 1. p. 167-181.
- BAMBERG, A.L.; SILVEIRA, C.A.P.; MARTINAZZO, R.; BERGMANN, M.; GRECCO, M.F.; POTES, M.L. Desempenho agrônômico de fontes minerais e orgânicas de nutrientes para as culturas de milho e trigo. In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, Poços de Caldas, MG, 2013a.
- BAMBERG, A.L., SILVEIRA, C.A.P., POTES, M.L., PILLON, C.N., LOUZADA, R.M., CAMPOS, A.A. Dinâmica de liberação de nutrientes disponibilizados por diferentes tipos de rochas em colunas de lixiviação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33, 2011. In: *Anais...*Uberlândia, MG, 2011.
- BERGMANN, M., HOFF, R., THEODORO, S.M.C.H. Rochagem: Viabilizando o uso sustentável dos descartes de mineração no distrito mineiro de Ametista do Sul, RS, Brasil. CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM,1., 2009. In: *Anais...* Brasília, D.F., 2009. Embrapa, p.78-83.
- BERGMANN, M., SILVEIRA, C.A.P., BAMBERG, A.L., MARTINAZZO, R., GRECCO, M. F. Representação de dados litoquímicos em rochas vulcânicas da formação Serra Geral da Bacia do Paraná: uma ferramenta para investigação do potencial de uso agrônômico.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2, 2013. In: *Anais...* Poços de Caldas, D.F., 2013. 6 p.

BERGMANN, M. Distribuição e Potencial de Aproveitamento Econômico dos Basaltos Amigdalóides à Zeolitas do Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná, p 261-275. Metalogenia e Exploração Mineral no Grupo Serra Geral. / Organizadores: Léo Afrâneo Hartmann; Sérgio Benjamin Baggio. Porto Alegre: IGEO/UFRGS. 2014.

Brasil Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 27/2006.

DUARTE, L. C. *Evolução geológica, Geoquímica e Isotópica das Mineralizações de Geodos com Ametista*, Artigas, República Oriental do Uruguai. 2008. Tese (doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

GRECCO, M.F.; BAMBERG, A.L.; BERGMANN, M.; SANDER, A.; TONIOLO, J.A.; SILVEIRA, C.A.P.; MARTINAZZO, R. Liberação de nutrientes por fonolitos da Suíte Alcalina Passo da Capela. In: Simpósio Sulbrasileiro de Geologia, Porto Alegre, RS, 2013c.

GRECCO, M. F., BERGMANN, M., BAMBERG, A. L., SILVEIRA, C.A. P., MARTINAZZO, R. Potencial da rocha dacítica da pedreira Brita Pinhal, Itaara-RS, Brasil para remineralização de solos. Workshop Insumos para Agricultura Sustentável. Resumos Expandidos, 6p. Embrapa Clima Temperado Pelotas.

GOMES, M.E.B., *Mecanismos de resfriamento, estruturação e processos pós-magmáticos em basaltos da Bacia do Paraná - Região de Frederico Westphalen (RS)*, Brasil, 1996. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre, 1996.

HARTMANN, L.A., DUARTE, L.C., MASSONE H.J., MICHELIN, C., ROSENSTENGEL, L.M., BERGMANN, M., THEYE, T., PERTILLE, J., ARENA, K.R., DUARTE, S.K., PINTO, V.M., BARBOZA, E.G., ROSA, M.L.C.C., WILDNER, W. Sequential opening and filling of cavities forming vesicles, amygdalae and giant amethyst geodes in lavas from the southern Pa-rana volcanic province, Brazil and Uruguay. *International Geology Review*, p. 1-14, 2010.

JUCHEM, P. Mineralogia, geologia e gênese dos depósitos de ametista da Região do Alto Uruguai, rio Grande do Sul. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. 225p, 1999.

JUCHEM, P. Mineralizações de ametista em riodacitos do Grupo Serra Geral, Província vulcânica Paraná, p. 41-54. Metalogenia e Exploração Mineral no Grupo Serra Geral. / Organizadores: Léo Afrâneo Hartmann; Sérgio Benjamin Baggio. Porto Alegre: IGEO/UFRGS. 2014.

KNAPIK, B. Pó de pedra basáltica como fertilizante de solo. União da Vitória, 1987. 21 f. Monografia (Pós-graduação) – Fundação Faculdade Estadual de Filosofia, Ciências e Letras de União da Vitória.

MILECH, R.; SCHNEIDER, F.C.; SILVEIRA, C.A.P.; BAMBERG, A.L. Avaliação de diferentes doses de granodiorito como fonte de potássio na cultura da amora-preta. In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, Poços de Caldas, MG, 2013.

NARDY, A.J.R., MACHADO, F.B., OLIVEIRA M.A.F. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. *Revista Brasileira de Geociências*, v.38,n.1, p.178-195, 2008.

RIBES, R.P.; BUSS, R.R.; LAZARI, R.; POTES, M.L.; BAMBERG, A.L. Efeito de rochas moídas sobre a concentração de macronutrientes na parte aérea de plantas de milho. In: Anais do I Workshop Insumos para Agricultura Sustentável, Pelotas, RS, 2012.

SILVEIRA, C.A.P. Experiências da Embrapa Clima Temperado com agrominerais em diferentes sistemas de produção. In: Anais do I Workshop Insumos para Agricultura Sustentável, Pelotas, RS, 2012.



VAN STRAATEN, P. Agrogeology: The use of rocks for crops. Ontario Canada: Enviroquest Ltda 2007. 440p.