



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 1105805-6 A2

(22) Data do Depósito: 07/12/2011

(43) Data da Publicação: 22/12/2015
(RPI 2346)



(54) **Título:** PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE DE POTÁSSIO A PARTIR DE AMAZONITA

(51) **Int. Cl.:** C05D 1/04

(73) **Titular(es):** CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM

(72) **Inventor(es):** ADÃO BENVINDO DA LUZ, SILVIA CRISTINA ALVES FRANÇA SILVA, ELAYNNE ROHEM PEÇANHA

(74) **Procurador(es):** INFORMARK PROPRIEDADE INTELECTUAL LTDA

(57) **Resumo:** PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE DE POTÁSSIO A PARTIR DE AMAZONITA. A presente invenção diz respeito a um processo de obtenção de um tenofertilizante de potássio, a partir de uma rocha de composição granítica constituída de amazonita, feldspatos calcosódicos, quartzo, biotita e turmalina. A técnica conduz à produção industrial e consiste na cominuição do minério a uma granulometria abaixo de 3,4 mm, seguido de ustulação salina em fornos, com a adição de cloretos de metais alcalino-terrosos para a quebra da estrutura cristalina dos minerais de potássio, seguida de resfriamento à temperatura ambiente, de forma a disponibilizar o nutriente potássio para as plantas. Esta disponibilidade de potássio no produto é avaliada mediante o uso de água como solução extratora. O termofertilizante de potássio obtido destina-se à culturas que demandem a liberação lenta do K, para uso na atividade agrícola praticada por pequenos produtores.

Relatório descritivo da patente de Privilégio de Invenção para
“PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE DE POTÁSSIO A
PARTIR DE AMAZONITA”.

5 Esta invenção descreve um processo de obtenção de um
fertilizante de potássio para agricultura, tendo como base uma rocha
classificada como um granito rico em amazonita, através de
cominuição dessa rocha, seguido de ustulação salina.

A presente invenção diz respeito ao processamento dessa
rocha granítica constituída, essencialmente, de amazonita (microclínio
10 verde - $KAlSi_3O_8$), plagioclásio (albita - $NaAlSi_3O_8$ e anortita -
 $CaAl_2Si_2O_8$), quartzo (SiO_2) e biotita ($(K,Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$).
A rocha apresentou a seguinte composição química: 6,10% K_2O ; 3,6%
 Na_2O ; 0,5% CaO ; 1,0% Fe_2O_3 ; 0,02% MnO ; 13,6% Al_2O_3 , 74,2% SiO_2
e traços de MgO e P_2O_5 . A técnica conduz à produção industrial
15 envolvendo as etapas de britagem da rocha em britadores de
mandíbulas e de rolos até a obtenção de um produto com
granulometria abaixo de 3,32 mm (6 malhas), seguido de calcinação
em fornos com a adição de cloreto de cálcio, resfriamento à
temperatura ambiente e a determinação da disponibilidade do
20 potássio, usando a água como solução extratora. O produto final
destina-se a agricultura de liberação lenta do potássio, principalmente
para cultura em pequenas propriedades familiares, onde o fertilizante
usado seja de baixo custo.

Denomina-se amazonita a uma variedade do feldspato
25 microclínio de coloração que varia de verde ao verde azulado devido à
existência de cobre em sua rede cristalina. Recebeu esse nome por ter
sido encontrada inicialmente no estado do Amazonas, no entanto já se
conhecia sua ocorrência na Rússia, nos EUA (estado do Colorado) e na
ilha de Madagascar.

30 Os depósitos de amazonita, no Brasil, encontram-se no
município de Potiraguá-BA, de onde foi coletada (UTM: 422.395 E e

8256.856 N) a amostra, para desenvolvimento do processo que resultou nesta invenção.

Os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas são de origem mineral, exceto o nitrogênio. Sabe-se que, em condições normais de clima, a simples degradação natural de uma rocha ou dos seus minerais e a sua alteração química não são capazes de disponibilizar os seus nutrientes para o crescimento das plantas, com os índices de produtividade requeridos pelo agronegócio. Para tal, torna-se necessário desenvolver estudos de laboratório visando modificar a estrutura cristalina dos minerais, de forma a transformá-los em fertilizantes alternativos, onde os seus nutrientes estejam disponíveis para serem assimilados pelas plantas (Luz et al., 2010, Agrominerais para o Brasil, CETEM/MCT, p.61-88).

As fontes alternativas de nutrientes do tipo potássio, com potencial para uso na agricultura, normalmente são silicatos, os quais apresentam características diferentes das fontes convencionais de nutrientes, como a silvita (KCl), carnalita (KCl.MgCl₂.H₂O), dentre outros, que se constituem em minerais de minério típicos de potássio. Tratando-se de uso mais generalizado das fontes alternativas de nutrientes, esses sempre tiveram como referência o conceito de fertilização do solo que privilegia as fontes solúveis e de elevada concentração (Martins et al., 2010; Agrominerais para o Brasil, CETEM/MCT, p.189-104; Nascimento et al., 2008, Rochas e Minerais Industriais, CETEM/MCT, p.175-203).

A remineralização alternativa do solo com o nutriente potássio tem como base os silicatos de potássio, principalmente o feldspato, a biotita, flogopita, moscovita e rochas portadoras dos feldspatóides leucita e nefelina sienito (van Straaten, 2010, Agrominerais para o Brasil, CETEM/MCT, p. 235-264).

O potássio é lavrado, comercialmente, nas minas, na forma de uma rocha denominada silvinita (KCl + NaCl), da qual se produz

por flotação ou cristalização fracionada, o KCl (silvita). Este é o mineral de potássio com a maior concentração de potássio (52,4% K) e o mais empregado, comercialmente, como nutriente de potássio, na agricultura (Nascimento et al., 2008, Rochas e Minerais Industriais, 5 CETEM/MCT, p.175-203).

Existe, no Brasil, apenas uma mina de KCl em operação, no município de Rosário do Catete – SE, na unidade operacional Taquari-Vassouras. Esta produziu, em 2009, 754.495 toneladas de KCl, o que representou apenas 8% do consumo nacional (Rodrigues et 10 al., 2010, Agrominerais para o Brasil, CETEM/MCT, p. 23-44).

Minerais contendo potássio do tipo verdete (glauconita) e feldspato, após moídos, têm sido aplicados diretamente na agricultura para remineralização do solo, praticando uma técnica denominada de rochagem. Como esses minerais são silicatos de potássio e se 15 encontram numa estrutura molecular muito difícil de ser modificada, para disponibilizar o potássio, algumas técnicas foram estudadas. As rotas pirometalúrgicas têm se mostrado como as mais promissoras, mediante a fusão com cloretos de metais alcalino-terrosos e a solubilização do cloreto de potássio formado (Chaves, 2010, 20 Agrominerais para o Brasil, CETEM/MCT, p.45-60).

Rochas potássicas de chaminés alcalinas de Poços de Caldas-MG continuam sendo estudadas para obtenção de fertilizante agrícola, através de processos térmicos, em temperaturas elevadas, de uma mistura pelletizada da rocha alcalina e calcário em pó, resultando 25 em fertilizante no qual o potássio é solubilizado pelas plantas (PI0303408-9 A2).

Rochas alcalinas potássicas estudadas resultaram numa invenção para produzir fertilizante potássico vítreo, com elevada solubilidade do potássio e alto poder de fertilização do solo. Essa 30 invenção consistiu na obtenção de um fertilizante mediante a fusão de uma mistura da rocha alcalina com calcário, seguido de resfriamento

rápido (*quenching*) desse material e de sua moagem (PI0803713-2 A2).

A presente invenção tem por finalidade fornecer um processo para produção de um fertilizante alternativo de potássio, a partir de uma rocha de composição mineralógica similar ao granito, constituída essencialmente de amazonita, quartzo e biotita, capaz de resultar em um produto industrial, no qual o potássio está parcialmente disponível para fertilização do solo e que esse nutriente pode ser assimilado por espécies vegetais de interesse para a agricultura, do tipo feijão e milho. Quando comparado aos processos de obtenção de termofertilizantes descritos no estado da técnica, a presente invenção traz como avanço técnico, o uso de cloretos de metais alcalinos que promovem a quebra da estrutura cristalina do mineral minério que contém o potássio, em temperaturas abaixo de 1000 °C, contribuindo dessa forma para reduzir os custos operacionais, quando comparado com aqueles que usam temperaturas acima de 1200 °C, para promover a fusão da rocha utilizada como fonte de potássio

A INVENÇÃO

Foi desenvolvido um processo de produção de um fertilizante alternativo de potássio, aplicável a uma rocha ígnea de composição granítica, constituída predominantemente de amazonita, plagioclásio, quartzo e biotita.

De acordo com esta invenção, a rocha proveniente da lavra é cominuída em britadores de mandíbulas primário e secundário, seguido de britagem em moinho de rolos, obtendo-se um produto com granulometria abaixo de 3,4 mm. A seguir, este produto é misturado com 5% (p/p) de CaCl_2 , homogeneizado e calcinado em forno tipo mufla, à temperaturas de 900°C, por um período de 1 (uma) hora. A seguir, o produto é resfriado à temperatura ambiente e submetido à extração do potássio, com água. Esta extração visa avaliar a

disponibilidade do K, para ser assimilado pelas plantas. A extração de potássio com água atingiu o valor de 6,8% de K_2O , na temperatura de calcinação de $900^{\circ}C$ e tempo de calcinação de 1h (uma hora). Isto é uma forte indicação de quebra da estrutura cristalina da amazonita, com a formação de sal de potássio, já que foi possível a sua extração com água.

APLICAÇÃO NO SISTEMA PRODUTIVO

Poderão ser contemplados pelo processo desta invenção, os depósitos de amazonita do município de Potiraguá-BA.

10 A amazonita (variedade do feldspato microclínio) é um dos constituintes mineralógicos de uma rocha de composição granítica, na qual predominam a amazonita e, secundariamente, plagioclásio (albita e anortita), quartzo e biotita. A rocha apresentou a seguinte composição química; 6,1% K_2O ; 3,6% Na_2O ; 0,51% CaO ; 1% Fe_2O_3 ;
15 0,02% MnO ; 74,2% SiO_2 ; 13,6% Al_2O_3 ; 0,03% TiO_2 e traços de MgO e P_2O_5 .

O processamento dessa rocha, com tamanho máximo de 16 cm, inicia-se com a sua britagem abaixo de 5 cm, em britador de mandíbulas (30x20 cm), seguido de britagem secundária em britador de mandíbulas (15x10 cm) a uma granulometria abaixo 6 mm e, por último, britagem em moinho de rolos (10"x6"), obtendo-se um produto com granulometria abaixo de 3,32 mm. Este produto da britagem (3,32 mm) foi misturado com 5% (p/p) de $CaCl_2$, homogeneizado e submetido a calcinação a $900^{\circ}C$, por um período de
25 1h, seguido de resfriamento à temperatura ambiente. O produto foi submetido à extração com água, obtendo-se uma recuperação de K, em torno de 7% K_2O .

Os exemplos, a seguir apresentados, mostram que a amazonita de Potiraguá-BA, quando beneficiada pelo processo desta
30 invenção, apresentou uma extração de 5,8% a 7,8% do K_2O contido na rocha, usando a água como extrator. Este desempenho do processo

de obtenção do termofertilizante potássico é muito superior à extração de potássio obtida (<1,0% K₂O) quando a calcinação da rocha foi realizada sem a adição do CaCl₂.

EXEMPLO 1

5 Neste exemplo é usada a rocha de composição granítica proveniente de Potiraguá, estado da Bahia, que apresentou a seguinte composição mineralógica e química (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 – Composição mineralógica da amazonita de Potiraguá - BA

10	Mineral	Teor (%)
	Amazonita (microclínio)	36
	Feldspato sódico (albita)	30
	Feldspato cálcico (anortita)	2,4
	Quartzo	26
	Biotita	5
15	Turmalina	0,6

Tabela 2 – Composição química da rocha granítica (feldspato, quartzo e biotita)

20	Óxidos	Teor (%)
	Al ₂ O ₃	13,60
	SiO ₂	74,20
	CaO	0,51
	Fe ₂ O ₃	1,00
	K ₂ O	6,10
	MgO	< 50mg/kg
	MnO	0,02
	Na ₂ O	3,6%
25	TiO ₂	0,03
	P.F	0,45
	Total	99,51

Uma amostra da amazonita de 200 kg proveniente do depósito de Potiraguá-BA foi submetida a uma britagem primária em britador de mandíbulas (30cmx20cm), seguido de britagem secundária também em britador de mandíbulas 30 (15cmx20cm) e a uma britagem em moinho do rolos (10"x6"), obtendo-se um material abaixo de 3,32 mm (6 malhas). A seguir, o minério britado abaixo de 3,32

mm foi homogeneizado em pilha triangular, da qual foram retiradas amostras representativas para calcinação.

Uma amostra do minério (amazonita) pesando 92 g foi misturada com 8 g de CaCl_2 (cloreto de cálcio), homogeneizada e colocada em um cadinho de porcelana. A seguir, o cadinho contendo a mistura do minério com o cloreto de cálcio foi submetida a uma calcinação em mufla, por um período de 1h, a 900°C . A seguir, o cadinho com a amostra calcinada é resfriada à temperatura ambiente. O produto obtido na calcinação constitui-se no produto final e foi então submetido a ensaio de extração com água, para avaliar a disponibilização do potássio para ser assimilado pelas plantas.

São colocados 5,0 gramas do produto obtido na calcinação, em um erlenmeyer com capacidade de 250 mL; completou-se com 50 mL de água como solução extratora. O erlenmeyer foi colocado em um agitador (Shaker MA-420 Marconi) permanecendo por 3 horas sob agitação de 300 rpm (rotação por minuto) e temperaturas que variaram entre 25 e 28°C . Decorrido o devido tempo de agitação, as suspensões foram filtradas e os filtrados foram analisados em fotômetro de chama Analyzer 910 que mede os valores de extração em ppm (partes por milhão, equivalente a mg/L). O balanço metalúrgico da extração de potássio apresentou os resultados constantes na Tabela 3.

Tabela 3 - Balanço metalúrgico de extração do K contido no minério (amazonita) calcinado à temperatura de 900°C , com 5% (p/p) de CaCl_2 , por 1h.

Solução Extratora	% Extração de K_2O
Água	6,8

EXEMPLO 2

Neste exemplo é usada o mesmo minério de Potiraguá-BA do Exemplo 1, no entanto a temperatura de calcinação foi de 700°C . Todas as outras condições da calcinação foram as mesmas do Exemplo 1, ou sejam, adição de 5% (p/p) CaCl_2 , tempo de calcinação de 1h e resfriamento do produto à temperatura ambiente. O extrator usado para avaliar a disponibilidade do K, bem como as condições de extração, foram as mesmas do Exemplo 1. O balanço metalúrgico da

extração do K encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Balanço metalúrgico de extração do K contido no minério (amazonita) calcinado à temperatura de 700°C, com 5% (p/p) de CaCl₂, por 1h.

Solução Extratora	% Extração de K ₂ O
Água	7,8

5

EXEMPLO 3

Neste exemplo é usado o mesmo minério de Potiraguá-BA do Exemplo 1, no entanto a adição do CaCl₂ foi de 4% (p/p), ou seja misturou-se 96 g do minério abaixo de 3,4 mm, com 4 g de CaCl₂ e a temperatura de calcinação foi 700°C. Todas as outras condições da calcinação foram as mesmas do Exemplo 1, ou sejam: tempo de calcinação de 1h e resfriamento do produto à temperatura ambiente. O extrator usado para avaliar a disponibilidade do K, bem como as condições de extração, foram as mesmas do Exemplo 1. O balanço metalúrgico da extração do K encontra-se na Tabela 5.

15

Tabela 5: Balanço metalúrgico de extração do K contido do minério (amazonita) calcinado à temperatura de 700°C, com 4% (p/p) de CaCl₂, por 1h.

Solução Extratora	% Extração de K ₂ O
Água	6,40

20

Tabela 6 - Resultados de extração do K nos Exemplos 1, 2 e 3

Exemplo	Solução Extratora	% Extração de K ₂ O
1	água	6,8
2	água	7,8
3	água	6,4

REIVINDICAÇÕES:

- 1) “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE DE POTÁSSIO A PARTIR DE AMAZONITA” caracterizado por ser realizado mediante calcinação da amazonita com cloreto de cálcio, obedecendo as seguintes etapas:
- 5
- I) Britagem da rocha em três estágios até a granulometria abaixo de 3,32 mm, seguido de homogeneização do produto da cominuição;
 - II) Mistura da rocha cominuída com o cloreto de cálcio na proporção de 5% (p/p), seguido de homogeneização da mistura;
 - 10 III) Calcinação da mistura da rocha com cloreto de cálcio, em forno na temperatura de 900°C e tempo de residência de 60 min;
 - IV) Resfriamento do produto final à temperatura ambiente, o qual se constitui no fertilizante alternativo de potássio para uso na agricultura.
- 15 2) “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE DE POTÁSSIO A PARTIR DE AMAZONITA” de acordo com a reivindicação 1, onde a granulometria de cominuição está entre 4 mm e 0,074 mm;
- 3) “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE DE POTÁSSIO A PARTIR DA AMAZONITA” de acordo com a reivindicação 1, onde a adição
- 20 de cloreto de cálcio está entre 1 a 30% (p/p);
- 4) “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE DE POTÁSSIO A PARTIR DE AMAZONITA” de acordo com a reivindicação 1, onde a temperatura de calcinação está entre 500 e 1200°C;
- 25 5) “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE DE POTÁSSIO A PARTIR DE AMAZONITA” de acordo com a reivindicação 1, onde o tempo de residência no forno de calcinação está entre 20 e 120 min;
- 6) “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE DE POTÁSSIO A PARTIR DE AMAZONITA” de acordo com a reivindicação 1, onde a temperatura de resfriamento do produto da calcinação está entre 14 e 41°C.

RESUMO

Patente de Privilégio de Invenção para "PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE DE POTÁSSIO A PARTIR DE AMAZONITA".

5 A presente invenção diz respeito a um processo de obtenção de um termofertilizante de potássio, a partir de uma rocha de composição granítica constituída de amazonita, feldspatos calcosódicos, quartzo, biotita e turmalina. A técnica conduz à produção industrial e consiste na cominuição do minério a uma granulometria abaixo de 3,4 mm, seguido de ustulação salina em fornos, com a adição de cloretos de metais
10 alcalino-terrosos para a quebra da estrutura cristalina dos minerais de potássio, seguida de resfriamento à temperatura ambiente, de forma a disponibilizar o nutriente potássio para as plantas. Esta disponibilidade do potássio no produto é avaliada mediante o uso de água como solução extratora.

O termofertilizante de potássio obtido destina-se à culturas que demandem a liberação lenta do K, para uso na atividade agrícola praticada por pequenos produtores.