



Brasília, 5 de Julho de 2013

Ilma. Sra.  
Adriana Sobral Barbosa Mandarinó  
Diretora do CONAMA  
Ministério do Meio Ambiente

Ref. Processo [Nº 02000.002955/2004-69](#):

*Proposta de resolução do CONAMA que Define critérios e procedimentos para uso de resíduos industriais indicados como matéria-prima fornecedora de micronutrientes na produção de fertilizantes para aplicação no solo, e dá outras providências.*

## **RELATÓRIO SOBRE O PEDIDO DE VISTAS**

O presente relatório tem por objetivo sugerir aperfeiçoamentos à proposta de resolução que define critérios e procedimentos para uso de resíduos industriais indicados como matéria-prima fornecedora de micronutrientes na produção de fertilizantes para aplicação no solo. A proposta de resolução foi apresentada na 110ª Reunião Ordinária Plenária do CONAMA de 22/5/2013, quando foi solicitado pedido de vista pela CNI.

### **1- Importância e Uso de Micronutrientes na Agricultura.**

Cabe ressaltar que o cultivo agrícola é milenar e, ao longo do tempo, foi se profissionalizando, procurando apresentar produtividade elevada, tanto sob o ponto de vista do rendimento das culturas quanto no resultado econômico. Para atingir tais



perspectivas se faz necessário o uso intensivo de práticas agronômicas, sendo que, para atender o mais atual, e hoje considerado o mais importante requisito – o da preservação ambiental – estas práticas não deverão influenciar negativamente os ecossistemas e, preferencialmente, atuar ao contrário, na preservação deste ambiente. Dentre estas práticas, a nutrição mineral das plantas, pelo uso de fertilizantes, é uma das condições necessárias para que as plantas possam expressar seu potencial genético ao máximo, possibilitando auferir a elevada produtividade almejada além de não causar danos ambientais, mas pelo contrário, auxiliar no controle da degradação do ambiente já que, com crescimento satisfatório, protegerão o solo contra processos erosivos, por exemplo.

O conhecimento sobre as deficiências de micronutrientes nos solos brasileiros já são conhecidas desde a década de 1950 à partir dos experimentos realizados pelo Instituto de Pesquisa IRI-IBEC com o clássico delineamento de pesquisa *Todos menos Um* e pelas pesquisas do IAC. Na década de 1970 com a criação da Embrapa realizando pesquisas na região do Cerrado brasileiro e o conhecido trabalho do Prof. Alfredo Scheid Lopes que analisou 518 amostras de solos dessa região, mais dados foram acrescentados no conhecimento sobre o assunto.

Com a base de conhecimento gerada pela pesquisa brasileira e a forte expansão da área cultivada na região central do Brasil é que o consumo de micronutrientes aumentou a partir da década de 1990, devendo ser considerado o grande esforço das empresas produtoras, dos profissionais de assistência técnica e de pesquisa na divulgação e ampliação do uso de micronutrientes para superar as barreiras de produtividade impostas pelas suas deficiências.

As fontes dos elementos essenciais são o próprio solo em função de sua matriz (sua origem geológica), adições atmosféricas e aplicações de fertilizantes. À medida que o solo vai se desenvolvendo, grande parte dos micronutrientes vai sendo fixada na matéria orgânica do solo, se constituindo, esta fração, a principal fonte destes elementos nos solos brasileiros. À medida que se vai cultivando o solo estes elementos vão sendo exportados pelas partes comerciais das plantas, empobrecendo os solos e passa a ser necessária a aplicação dos mesmos via fertilizantes minerais ou orgânicos.



Isto é muito mais importante para os solos brasileiros que para os solos das regiões temperadas, já que os solos nacionais são muito pobres, intemperizados e lixiviados e apresentam, portanto, baixa reserva de elementos micronutrientes ao ponto que estes passam a ser fator limitante da exploração agrícola muito rapidamente.

### **1.1- Fontes de Micronutrientes**

As fontes de micro nutrientes existentes são duas: extração e beneficiamento de rochas minerais constituídas pelos elementos de interesse ou resíduos que contenham elementos de interesse. A primeira envolve uma série de etapas de produção, que de forma geral envolvem a extração, beneficiamento, concentração, tratamento (térmico ou químico). Muitas vezes tem-se que obter o metal puro e reagir-los para obter um sal, óxido ou outra forma química que possibilite a sua biodisponibilização às plantas. Quaisquer dos processos são energeticamente intensivos, impactantes ambiental e utilizadores de matérias-primas não renováveis. Já a utilização de resíduos como fornecedores de micronutrientes utilizados como insumo agrícola requerem muito menos energia, **são menos impactantes**, e o que é melhor, vem de uma fonte que é um resíduo e, portanto seria descartada.

Dentro das opções de disposição, a reutilização de resíduos é, sem dúvida, a opção mais interessante sob o ponto de vista econômico, ambiental, e, muitas vezes, social. A reciclagem de resíduos representa um benefício inquestionável: a minimização do problema ambiental que representa seu descarte inadequado.

O descarte de resíduos, mesmo em aterros sanitários adequadamente controlados, pode não representar uma solução definitiva, pois além da longevidade desses aterros é limitada, sejam urbanos e/ou industriais, principalmente porque a geração de resíduos é grande e constante.

A principal vantagem do uso de resíduos, sob o ponto de vista agrônômico está relacionada com o fornecimento de nutrientes neles contidos.

Existem alguns resíduos, como os de origem Industrial, que poderiam ser reciclados como matéria prima para a fabricação de fertilizantes micronutrientes.



Diferente dos resíduos orgânicos, os de origem industrial apresentam concentrações bastante elevadas de nutrientes de interesse agrônomo, tornando-se assim uma fonte potencial de matéria prima para a fabricação de fertilizantes micronutrientes

O conceito de utilização também se difere daquele dos resíduos orgânicos uma vez que o principal foco é utilização do nutriente contido para **satisfazer as exigências nutricionais das culturas e não o descarte de um rejeito ou resíduo no solo agrícola.**

Esta diferença de foco e, em se tratando de micronutrientes, resulta em doses extremamente mais baixas do que aquelas utilizadas pelos resíduos orgânicos, sejam eles urbanos ou mesmo daqueles gerados pela agropecuária como os esterco, chorumes, restos culturais, etc. e agroindustrial (vinhaça, torta de filtro, fuligem, etc.)

Sendo as doses tão baixas, os eventuais contaminantes contidos nos resíduos representam um aporte muitas vezes menores do que aqueles gerados pela própria água de irrigação.

Nota-se também, que tanto o solo, como as fontes primárias de nutrientes, os minérios, contém elementos não desejados, sendo seus limites máximos, já estabelecidos em legislação específica.

Assim, a correta caracterização de resíduos úteis à agricultura deve ser normalizada como forma de se determinar os padrões mínimos de qualidade, os critérios para sua utilização e, até mesmo, como forma de coibir a utilização de materiais impróprios como matéria prima para a obtenção de micronutrientes.

Todo esse aspecto é reforçado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS como um dos seus princípios *o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e social, gerador de trabalho e renda* (inciso VIII do art. 6º). Além disso, a Lei 12305/2010 prevê em seu artigo 9º a hierarquia na gestão e gerenciamento de resíduos para a reciclagem em detrimento à disposição final ambientalmente adequada.

## **2- Sugestões de Aperfeiçoamento à Proposta de Resolução para Micronutrientes**



## 2.1 Alteração no Anexo II

### ANEXO II

Limites máximos de substâncias inorgânicas nos resíduos indicados como matéria prima fornecedora de micronutrientes na produção de fertilizantes para aplicação no solo.

SUBSTÂNCIA	Concentração em mg.kg <sup>-1</sup> por 1% de micronutriente contido <sup>(2)</sup>
Arsênio	247
Bário	1795
Cádmio	6
Chumbo	750 <sup>(1)</sup>
Cromo Total	169
Mercúrio	10 <sup>(1)</sup>
Níquel	346

(1) Valor estabelecido na Instrução Normativa nº 27, de 05 de junho de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), Anexo C, adotado por ser mais conservador que os valores calculados conforme o Anexo III.

(2) O cálculo da concentração máxima em cada resíduo, será feita pela multiplicação dos valores da tabela acima pela somatória de micronutrientes contidos no resíduo.

#### Justificativa:

1. Inicialmente é importante enquadrar corretamente a questão e esclarecer que o cálculo dos limites de contaminantes foi feito a partir de um modelo proposto pela CETESB na 11ª. Reunião do GT – Micronutrientes em 09 e 10/08/2011 por Gabriela Menna Ferraresi, cuja apresentação está disponível pelo link: [http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/10F798CF/ApresCetesb\\_GabrielaNnaFerraresi.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/10F798CF/ApresCetesb_GabrielaNnaFerraresi.pdf). Este modelo também é utilizado em diferentes instituições nacionais e estrangeiras para estabelecimento de normas relativas à limites de contaminantes inorgânicos em fertilizantes minerais, sendo utilizado pelo Setor Produtivo nos estudos relativos a questão de contaminantes nos fertilizantes. Por isso foi apoiado pelo Setor Produtivo e no decorrer das reuniões da Câmara Técnica foi motivo de amplas discussões e adequações dos parâmetros de cálculo.
2. Conforme proposto, o modelo parte da suposição de que:
  - a. O aporte de poluentes no solo provenientes dos resíduos não poderá resultar em concentrações que ultrapassem valores orientadores de qualidade ambiental nacionais ou internacionais
  - b. Estabelecer concentrações máximas de contaminantes nos resíduos sólidos industriais fornecedores de elementos micronutrientes
  - c. Para o cálculo das concentrações máximas considerar um cenário hipotético para uma condição crítica



Este modelo foi ajustado nas definições dos termos e parâmetros durante as discussões da Câmara Técnica resultando no Anexo III e correspondem aos cálculos a seguir detalhados.

3. Neste cenário, é calculada a quantidade máxima admissível de entrada de contaminantes pela fonte principal de fertilizantes, conforme regulamentação existente e seguida pela indústria de fertilizantes:

$$AMI = \frac{IF \times TA \times NA}{QS}$$

Onde:

AMI = aporte máximo de substância inorgânica no solo por meio de fertilizantes em miligramas por quilo ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )

IF = concentração máxima da substância inorgânica presente no fertilizante em miligramas por quilo ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )

TA = taxa de aplicação do fertilizante fosfatado, adotada como igual a 400 quilos por hectare ( $\text{kg.ha}^{-1}$ )

NA = número de aplicações de fertilizante fosfatado no solo numa mesma área, adotado como igual a 100 (cem) vezes.

QS = quantidade de solo em 1 hectare, adotada como igual 2.600.000 quilos por hectare ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ).

4. Em seguida é feito o cálculo do aporte máximo da substância inorgânica no solo por meio de micronutrientes, considerando-se que este valor não deve ultrapassar o Valor de Prevenção estabelecido pela Resolução CONAMA n. 420/2009, sendo descontado o Valor de Prevenção e o aporte via fertilizante calculado anteriormente:

$$AP = VP - (AMI + C)$$

Onde:

AP = aporte máximo da substância inorgânica no solo por meio de micronutriente, em miligramas por quilo ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ).

VP = valor limite para a concentração da substância inorgânica no solo, igual ao Valor de Prevenção (VP) estabelecido pela Resolução CONAMA n. 420/2009, em miligramas por quilo ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ).

AMI = aporte máximo da substância inorgânica no solo por meio de fertilizantes, em miligramas por quilo ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ).

C = concentração da substância inorgânica naturalmente presente no solo em miligramas por quilo ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ). (para fins da aplicação deste modelo o valor do parâmetro "C" na equação foi adotado como a média entre os Valores de Referência de Qualidade de Solos Limpos dos estados de São Paulo e Minas Gerais).

Observação: Devido as mudanças na nomenclatura, nesta fórmula o que está identificado como AP, na 3ª. Fórmula foi alterado para AI e isto também precisa ser alterado na redação e na tabela para haver concordância na nomenclatura.

5. Conhecendo-se o aporte máximo que poderia ser adicionado pelas fontes de micronutrientes, deve ser calculada a quantidade máxima que cada material poderia ter, através do seguinte cálculo:



$$\text{CMI} = \frac{\text{AI} \times \text{QS} \times \text{CM} \times \text{FD}}{\text{NG} \times \text{NA}}$$

Onde:

CMI = concentração máxima da substância inorgânica no resíduo por 1% do elemento micronutriente, em miligramas por quilo ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

AI = aporte da substância inorgânica no solo por meio de micronutriente, miligramas por quilo ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

QS = quantidade de solo em 1 hectare, adotada como igual 2.600.000 quilos por hectare ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

CM = porcentagem do elemento micronutriente no resíduo, adotado como igual a 1%

FD = fator adicional de fitodisponibilidade do micronutriente adotado como igual a 0,6.

NG = necessidade agrônômica do elemento micronutriente, adotado como igual a 5,47 quilos por hectare ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

NA = número de aplicações de fertilizante fosfatado no solo numa mesma área, adotado como igual a 100 (cem) vezes.

Deve ser notado que no cálculo acima, foi adotado para o CM o valor de 1% pois assim o valor calculado para o CMI fica estabelecido para cada 1% de micronutriente contido no resíduo e eliminando a necessidade de ser feito o cálculo para cada resíduo pois este valor poderia ser publicado na tabela. Dessa maneira, basta aplicar o valor da tabela para cada resíduo conforme o seu teor percentual de micronutrientes de interesse.

Para ficar mais claro, vamos fazer a seguir uma simulação de cálculo para a substância inorgânica Arsênio:

1º. Passo: calcular AMI = aporte máximo de substância inorgânica no solo por meio de fertilizantes em miligramas por quilo ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

$$\text{AMI} = \frac{\text{IF} \times \text{TA} \times \text{NA}}{\text{QS}}$$

IF = 2  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de As X 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> do fertilizante = 36  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

TA = 400  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

NA = 100 vezes

QS = 2.600.000  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

Portanto AMI = 0,55  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

2º. Passo: calcular AP = aporte máximo da substância inorgânica no solo por meio de micronutriente, em miligramas por quilo ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ):

$$\text{AP} = \text{VP} - (\text{AMI} + \text{C})$$

VP = 15  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

AMI = 0,55  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

C = 5,8  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

Portanto, AP = 8,65  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$



Qual o significado de AP? É a quantidade máxima que poderá ser aumentada pelo uso de micronutrientes e na 3ª. Fórmula o nome foi alterado para AI. Assim, vamos para o 3º. Passo que é calcular a quantidade máxima que cada fonte de micronutriente pode conter:

3º. Passo: calcular CMI = concentração máxima da substância inorgânica no resíduo, considerando que o resíduo tenha 12% de micronutrientes de interesse:

$$CMI = \frac{AI \times QS \times CM \times FD}{NG \times NA}$$

$$AI = AP = 8,65 \text{ mg.kg}^{-1}$$

$$QS = 2.600.000 \text{ kg.ha}^{-1}$$

CM = neste caso, CM é igual a 12% ou 0,12 para uso na fórmula

$$FD = 0,60$$

NG = adotado como igual a 5,47 quilos por hectare ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ).

$$NA = 100 \text{ vezes}$$

Portanto, CMI = 2.960,3  $\text{mg.kg}^{-1}$  para este produto com 12% de micronutriente e portanto, seria de 246,69 ou 247  $\text{mg.kg}^{-1}$  para cada 1% de micronutriente contido no produto.

O mesmo cálculo para um resíduo com 20% de micronutriente de interesse seria o seguinte:

$$AI = AP = 8,65 \text{ mg.kg}^{-1}$$

$$QS = 2.600.000 \text{ kg.ha}^{-1}$$

CM = neste caso, CM é igual a 20% ou 0,20 para uso na fórmula

$$FD = 0,60$$

NG = adotado como igual a 5,47 quilos por hectare ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ).

$$NA = 100 \text{ vezes}$$

Teremos então como resultado, um limite de Arsênio para este resíduo de 4.933,8  $\text{mg.kg}^{-1}$  para este produto com 20% de micronutriente e portanto, seria de 246,69 ou 247  $\text{mg.kg}^{-1}$  para cada 1% de micronutriente contido no produto.

Evidentemente que o cálculo acima sendo repetido para diferentes teores de micronutrientes nos resíduos resultará em um limite para cada produto proporcional ao seu teor de micronutriente porque quanto maior o teor de micronutriente no produto menor será a dosagem e o resultado a cada 1% de micronutriente contido será sempre o mesmo. Por este motivo, para compor a tabela foi utilizado o valor de 1% de micronutriente pois assim o valor estabelecido seria aplicado proporcionalmente para cada resíduo de acordo com o teor de micronutriente contido.

É importante ressaltar alguns pontos sobre este cenário:

1. Os fertilizantes que são utilizados atualmente apresentam teores das substâncias inorgânicas com restrição muito abaixo dos limites estabelecidos na Instrução Normativa nº27, de 05 de junho de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e utilizada para o cálculo pelo seu limite máximo, como comprovam vários trabalhos acadêmicos que estão sendo



realizados após a publicação desta normativa e assim foi estabelecido um parâmetro para os trabalhos científicos.

2. Os limites estabelecidos para o uso de resíduos não significam que os fertilizantes de micronutrientes terão as substâncias inorgânicas até este limite mas muito pelo contrário, como os fertilizantes micronutrientes são compostos por múltiplas fontes, as quantidades de substâncias inorgânicas serão muito menores.
3. O cenário calculado de dose de  $5,47 \text{ kg.ha}^{-1}$  para o uso de micronutrientes e 100 aplicações estão muito acima de um cenário esperado na prática para a utilização dos micronutrientes e com certeza as doses com o passar do tempo serão reduzidas e diminuindo o risco calculado neste cenário.
4. Um horizonte de 100 aplicações é suficientemente longo permitindo que trabalhos científicos sejam realizados como um desafio à partir deste regulamento em prazos que representam apenas uma pequena fração do tempo do cenário e com certeza a comunidade científica saberá fornecer respostas quanto aos valores de qualidade do solo.

Desta forma, gostaríamos então de reafirmar que para um adequado entendimento e aplicação deste regulamento, há necessidade de correção Anexo II.

### **3- Conclusão**

A regulamentação do uso de resíduos como fonte de micronutrientes é um passo importante na busca de soluções para o aproveitamento de uma classe de resíduos que, atualmente, não possuem soluções técnicas que não o seu aterramento. Esse aproveitamento não só permitirá suprir as deficiências naturais dos solos brasileiros em micronutrientes, já descritas nesse relatório, como também atenderá às premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos de reutilização e reciclagem com segurança para a produção de alimentos, para o meio ambiente e para a saúde pública. Contudo, faz-se necessária uma mudança da proposta de resolução apresentada para que de fato a norma possa ser aplicada na prática e auxilie o País na busca da sustentabilidade em todas as suas atividades. Do ponto de vista agrônomo há alguns fatos que reforçam a importância da Resolução Conama para micronutrientes:

- O consumo de micronutrientes é baixo, representando cerca de 1% do total de fertilizantes utilizados no país.
- A taxa de aplicação também é muito baixa e não representa nenhum risco de contaminação ao meio ambiente, tanto quanto ao próprio nutriente como com relação aos contaminantes. Aplicação de maiores taxas não se justificam pelo seu custo econômico como também por não trazerem qualquer benefício se o nutriente estiver disponível em quantidade suficiente para a produção agrícola.



- O histórico de pesquisa e uso dos micronutrientes no Brasil demonstram a sua importância para viabilizar a produção em solos pobres. Neste sentido, há a necessidade de critérios claros e precisos para estabelecer o seu uso quanto à necessidade, dosagens, métodos, tempo e segurança.
- Os métodos de diagnóstico disponíveis como análise de solo e folhas e reconhecimento de sintomas visuais são bastante eficientes, acessíveis e utilizados na agricultura atual.
- A utilização é feita com base nas necessidades identificadas e nas recomendações de uso correspondendo a quantidades pequenas e que não representam risco ao solo e meio ambiente.
- Avaliação da ocorrência dos contaminantes em solos brasileiros aponta não haver alteração significativa, demonstrando que o uso de fertilizantes há décadas não afetou a qualidade dos solos cultivados.
- Com mecanismos recentes estabelecendo limites máximos para os contaminantes por percentual de elementos micronutrientes, as condições para a sua utilização torna-se ainda mais segura e não oferece risco para a produção agrícola.

Wanderley Coelho Baptista  
Conselheiro Suplente do CONAMA