

# Caracterização físico-química e avaliação da solubilidade de resíduos galvânicos para uso agrônomico

Cleiton dos Santos Mattos (PG)<sup>1</sup>, Marcos Yassuo Kamogawa (PQ)<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Universidade de São Paulo. \*[cmattos@cena.usp.br](mailto:cmattos@cena.usp.br).

USP / ESALQ / Departamento de Ciências Exatas - Av. Pádua Dias, 11 - Piracicaba - SP, CEP 13418-900.

Palavras Chave: resíduo galvânico, material secundário, cobre, níquel, solo, nutrientes

## Introdução

Resíduos industriais têm sido estudados para serem utilizados para fins agrônomicos, por serem fonte de nutrientes e porque a obtenção de materiais primários é onerosa e limitada. Particularmente, os resíduos galvânicos de bijuterias possuem elevados teores de cobre e níquel e muitas vezes são descartados em aterros ou incinerados, não havendo aproveitamento deste potencial. Muitos já até aplicam este material em campo, mas o CONAMA está criando uma resolução para estabelecer diretrizes para o uso correto, a fim de que exerçam realmente o papel de nutrir e não de contaminar o solo. Desta forma, este trabalho objetiva quantificar os elementos químicos presentes nos resíduos galvânicos, e iniciar estudos de solubilidade, visando avaliar a fração biodisponível. Estes fornecerão subsídios para definir as reações químicas envolvidas nas etapas de solubilização, a fim de prever a disponibilidade dos nutrientes para as plantas e avaliar a viabilidade de uso agrônomico.

## Resultados e Discussão

A caracterização química de um resíduo galvânico coletado no polo de Limeira foi realizada por digestão ácida ( $\text{HNO}_3$  e  $\text{HCl}$ ) com auxílio de radiação micro-ondas em frascos fechados de alta pressão e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1. Os nutrientes cobre e níquel apresentaram teores significativos, no entanto, os contaminantes chumbo e cromo também. O chumbo pode ser proveniente da composição das peças de bijuteria (uma liga de estanho/chumbo), mas encontra-se em teor muito elevado, o que não é esperado para resíduos deste segmento. O cromo é proveniente de um banho de passivação à base de cromo na linha produtiva. O resíduo pode estar ordenado na forma de sulfatos devido ao elevado teor de enxofre, mas este não é prejudicial ao solo. Outros elementos tóxicos que poderiam causar problema seriam o bário e o cádmio, mas estes se encontram em baixa concentração. O estudo de solubilidade do resíduo, apresentado na Tabela 2, mostrou resultados interessantes, onde o chumbo e o cromo solubilizam menos de 1% em solução aquosa, enquanto cobre e níquel possuem solubilidade superiores a 15%. Outros ensaios físico-químicos foram realizados e, primeiramente, o de higroscopicidade em ambiente fechado com umidade controlada por solução de ácido sulfúrico mostrou que o resíduo é pouco higroscópico, absorvendo menos de 5% de umidade após 120h.

Tabela 1. Análise química do resíduo

El.	Teor (g/kg)
Al	1,42
B	0,01
Ba	0,29
Ca	1,21
Cd	0,05
Co	0,004
Cr	11,3
Cu	50,7
Fe	5,33
K	0,24
Mg	0,52
Mn	0,10
Mo	0,03
Na	1,49
Ni	11,9
P	6,74
Pb	103
S	15,9
Si	0,03
Zn	1,48

Tabela 2. Solubilização do resíduo

El.	Teor (g/kg)		
	pH 4,2	pH 5,1	pH 6,0
Al	-	0,012	-
B	0,002	0,002	0,002
Ba	0,005	0,006	0,006
Ca	0,332	0,368	0,313
Cd	0,013	0,021	0,011
Co	-	-	-
Cr	0,003	0,021	0,003
Cu	3,1	8,5	1,6
Fe	0,001	0,008	0,002
K	0,075	0,182	0,061
Mg	0,063	0,069	0,058
Mn	0,023	0,030	0,025
Mo	-	0,002	0,003
Na	0,206	0,250	0,206
Ni	1,8	2,2	1,9
P	0,006	0,031	0,007
Pb	0,271	0,871	0,191
S	2,6	2,9	3,3
Si	0,198	0,277	0,220
Zn	0,218	0,360	0,171

Estudos de perda de massa mostraram que o resíduo possui 3% de umidade e após ser submetido a 400°C, apresentou perda de mais 16% e após 800°C, apresentou perda de mais 1%. Até 100°C tem-se a perda de água. Aproximadamente em 180°C tem-se a desidratação de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , que se mantém desidratado até aproximadamente 1000°C. Em torno de 250°C ocorre a decomposição de  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  e  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , formando  $\text{CuO}$  e  $\text{NiO}$ . Acima de 800°C,  $\text{SiO}_2$  e demais óxidos podem ser reordenados em outros óxidos envolvendo mais de um metal. A ausência de higroscopicidade e os indicativos de água de cristalização nos resíduos, tecnologicamente são úteis, pois permitem o processamento deste em grânulos ou a aplicação na forma de pó diretamente no solo.

## Conclusões

Os estudos apontam que o resíduo galvânico de bijuteria é fonte promissora de cobre e níquel para fins agrícolas, devido ao elevado grau dos nutrientes e por apresentar baixa contaminação após solubilizado. Entretanto, a aplicação direta do produto pode ser limitada devido à concentração de chumbo e cromo.

## Agradecimentos

À FAPESP pela bolsa concedida (2013/09732-4).