

CETESB	<b>ÁGUA - DETERMINAÇÃO DE COBRE - MÉTODO DA ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA</b> Método de ensaio	L5.116 JUN/89
--------	--	------------------

SUMÁRIO	Pág.
1 Objetivo.....	1
2 Norma e documento complementares.....	1
3 Definições.....	1
4 Aparelhagem.....	1
5 Execução do ensaio.....	2
6 Resultados.....	8
Anexo - Referências bibliográficas.....	11

## 1 OBJETIVO

Esta Norma prescreve o método de determinação de cobre em amostras de água natural e de abastecimento, efluentes domésticos e industriais e água do mar, por espectrofotometria de absorção atômica.

## 2 NORMA E DOCUMENTO COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

- CETESB L5.012 - Tratamento preliminar de amostras de água para determinação de metais por espectrofotometria de absorção atômica/emissão de chama - Método de ensaio
- Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, da CETESB.

## 3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições 3.1 e 3.2.

### 3.1 Sensibilidade

Concentração do metal, em mg/L, que produz uma absorção de 1%(0,0044 unidades de absorvância).

### 3.2 Limite de detecção

Menor concentração do elemento em estudo, que produz um sinal significativamente maior que o "background" do aparelho.

## 4 APARELHAGEM

### 4.1 Vidraria, materiais e equipamentos

4.1.1 Vidraria, materiais e equipamentos constantes da seção 3.1 da norma L5.012.

4.1.2 Espectrofotômetro de absorção atômica, constituído essencialmente de:

- a) fonte de energia radiante, que emite o espectro discreto do cobre (lâmpada de catodo oco de cobre);
- b) sistema atomizador-queimador, para produzir vapor atômico de solução da amostra, em chama de ar-acetileno, 2 200°C.
- c) monocromador ou filtro com fenda, para isolar a linha de absorção; e
- d) detector para medir a absorção ocorrida na chama, associado a amplificador de sinal.

## 5 EXECUÇÃO DO ENSAIO

### 5.1 Princípios gerais

5.1.1 A concentração de um elemento em uma amostra é determinada por espectrofotometria de absorção atômica, medindo-se a quantidade de radiação, de comprimento de onda característico do elemento, absorvida pelos átomos vaporizados desse elemento na amostra. Esta quantidade de radiação absorvida é proporcional à concentração do elemento na amostra.

5.1.2 A amostra, ou amostra pré-tratada, é aspirada numa chama de temperatura adequada para vaporizá-la e atomizá-la. A chama é atravessada por uma radiação característica do elemento, a qual em seguida passa por um monocromador e atinge um detector, que mede a quantidade de radiação absorvida pelo elemento atomizado na chama. Esta quantidade é referida a uma curva de calibração. Em caso de amostras complexas, utiliza-se a técnica da adição-padrão. Como cada elemento absorve num comprimento de onda característico, igual ao comprimento de onda emitida por ele, usa-se como fonte de radiação uma lâmpada do próprio elemento.

5.1.3 Os limites de detecção, a sensibilidade e as faixas ótimas (lineares) de concentração para cada metal variam conforme os recursos do espectrofotômetro. Os limites de detecção podem ser melhorados, empregando-se tratamentos preliminares de concentração da amostra ou técnicas que não usem a chama como elemento volatilizador, como por exemplo a microtécnica do forno de grafite. A faixa ótima de concentração na maioria dos casos pode ser ampliada, usando-se escala expandida ou reduzida, usando-se comprimento de onda menos sen

sível ou diminuindo-se o caminho percorrido pela luz na chama, por rotação do queimador, no caso de soluções muito concentradas.

## 5.2 Princípio do método

Para a determinação das várias formas de cobre, a amostra ou amostra pré-tratada é vaporizada e atomizada em chama de ar-acetileno, em condições específicas. A quantidade de energia radiante, emitida por uma lâmpada de catodo oco de cobre, de comprimento de onda 324,8 nm e absorvida na chama, é proporcional à concentração de cobre na amostra.

## 5.3 Reagentes

Todos os reagentes devem ser p.a.-A.C.S.

5.3.1 Reagentes constantes da seção 3.2 da norma L5.012.

5.3.2 Ar comprimido, isento de óleo, água, pó e outras substâncias.

5.3.3 Acetileno para absorção atômica, dissolvido em acetona. Reencher quando a pressão estiver abaixo de 686,6 kPa (7kgf/cm<sup>2</sup>) para evitar contaminação pela acetona.

5.3.4 Solução-estoque de cobre

Dissolver 1,000 g de cobre metálico em 15 mL de HNO<sub>3</sub> 1:1. Diluir a 1 000 mL em balão volumétrico, com água destilada e desionizada. 1,00 mL desta solução contém 1,00 mg Cu.

## 5.4 Interferentes

5.4.1 Em amostra com teor elevado de sólidos dissolvidos, pode ocorrer absorção não atômica. Este tipo de interferência se controla utilizando a técnica de extração do metal neste tipo de amostra.

5.4.2 Chama de temperatura suficientemente elevada pode causar a ionização de parte dos átomos a serem determinados, o que leva a uma redução da absorção. Este tipo de interferência se controla adicionando à amostra e aos padrões um excesso de elemento facilmente ionizável.

5.4.3 A chama não suficientemente quente deixa de dissociar as ligações químicas muito estáveis, o que não permite a absorção pelos átomos. O mesmo ocorre quando os átomos dissociados formam óxidos refratários, que não mais se dissociam na temperatura da chama. É o que se chama interferência química, que se controla adicionando à amostra uma substância que impede a formação de um composto entre o íon interferente e o elemento a ser determinado.

## 5.5 Coleta de amostras

As amostras para a determinação das várias formas de cobre são coletadas conforme o Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, da CETESB.

## 5.6 Procedimento para determinação do cobre total

### 5.6.1 Ajuste do aparelho

Em vista da grande variedade de marcas e modelos de espectrofotômetros de absorção atômica existentes, é recomendado seguir as instruções para funcionamento e as condições de operação constantes do manual que acompanha o instrumento.

### 5.6.2 Construção da curva de calibração

5.6.2.1 Deve ser empregado ácido de um mesmo lote na preservação da amostra, na preparação dos reagentes e no processamento da prova em branco, das soluções-padrão e da amostra.

5.6.2.2 No momento do uso, preparar um branco de água destilada e desionizada, 3 a 6 soluções-padrão de várias concentrações de cobre, fazendo diluições das soluções-estoque (5.3.4) em balão volumétrico, com solução  $\text{HNO}_3$  0,15%, de modo a obterem-se soluções-padrão numa faixa de concentração que inclua a concentração de cobre esperada na amostra.

Notas: a) Quando se tratar de amostras de baixa concentração de cobre, extrair as soluções-padrão pelo mesmo processo com que se extraem a amostra e a prova em branco, ou seja, conforme a norma CETESB L5.012, seção 4.4.7 (Extração com APDC/MIBC).

b) Quando se tratar de amostras de água do mar, construir a curva de calibração usando a técnica da adição-padrão (5.6.4).

5.6.2.3 Queimar cada solução na chama e ler a absorvância.

Notas: a) Quando se tratar de amostras com baixa concentração de cobre, queimar na chama o branco e os padrões extraídos, utilizando solvente saturado com água destilada e desionizada para zerar o aparelho.

b) A média de valores de absorvância obtidos para cada solução-padrão é mais confiável que um valor isolado.

5.6.2.4 Construir uma curva de calibração absorvância x mg Cu/L, em papel milimetrado, tomando a origem como ponto da curva.

5.6.2.5 Descartar as soluções-padrão após o uso.

Notas: a) Opcionalmente pode-se determinar a equação da reta que melhor se adapte aos pontos obtidos, por meio da regressão linear.

b) A curva de calibração vale para um determinado aparelho e deve ser feita nova curva a cada lote de amostras.

### 5.6.3 Processamento da amostra

5.6.3.1 Pré-tratar a amostra conforme a norma CETESB L5.012, em sua seção 4.4.2. No caso de amostras de água natural e de abastecimento, pode-se usar uma alíquota homogênea sem tratamento ou apenas decantada.

Notas: a) Quando se tratar de amostras de baixa concentração de cobre, extrair em seguida a amostra, bem como a prova em branco, conforme a norma CETESB L5.012, em sua seção 4.4.7 (Extração com APDC/MIBC). Considerar também 4.2.4 e 4.4.5 da norma L5.012.

b) Quando se tratar de amostras de água do mar, é recomendado utilizar uma amostra homogênea sem pré-tratamento ou apenas decantada. A digestão e a concentração por evaporação não são adequadas, devido ao alto teor de sólidos dissolvidos da água do mar. Usar a técnica de adição-padrão (5.6.4).

5.6.3.2 Lavar o atomizador, aspirando solução de ácido nítrico 0,15% e zerar o aparelho.

Nota: No caso de ter-se feito extração, zerar o aparelho com solvente saturado de água destilada e desionizada (MIBC).

5.6.3.3 Preparar uma prova em branco, diluindo  $\text{HNO}_3$  conc. de modo a obter-se uma solução de concentração equivalente à concentração desse ácido na amostra. Usar ácido de um mesmo lote em todas as operações.

5.6.3.4 Queimar a amostra e ler a absorvância ( $A_A$ ). Caso seu valor seja superior ao valor da absorvância do padrão mais concentrado, diluir nova alíquota de amostra e tornar a queimá-la.

5.6.3.5 Queimar a prova em branco e ler a absorvância ( $A_B$ ).

5.6.3.6 Correr um ou mais padrões com cada lote de amostras, desde o pré-tratamento.

5.6.3.7 Desligar a chama, fechando primeiro o fornecimento de ace  
tileno e, em seguida, o de ar.

#### 5.6.4 Adição-padrão

Quando a amostra matriz é tão complexa que a viscosidade, a tensão superficial e os próprios componentes da amostra não são comparáveis com a viscosidade, a tensão superficial e os componentes dos pa  
drões, como é, por exemplo, o caso de amostras de água do mar, em  
prega-se o método da adição-padrão, também separando interferentes e, ao mesmo tempo, concentrando a amostra, por extração. O procedi  
mento usual é:

- a) em 3 (três) balões volumétricos de capacidades iguais, 200 mL por exemplo, colocar respectivamente, 3 (três) porções de volumes diferentes de solução-padrão (concentrada, para evitar diluição excessiva da amostra) e completar até a marca com a amostra.

Nota: A solução-padrão menos diluída deverá ter, aproximadamente, 10% da concentração da própria solução-padrão.

- b) extrair estas misturas e um branco da própria amostra conforme norma CETESB L5.012, em sua seção 4.4.7 (Extração com APDC/MIBC);
- c) zerar o espectrofotômetro com solvente saturado de água destilada e desionizada, e ler as absorvâncias do branco e das misturas;
- d) construir um gráfico absorvância x concentração conhecida e dele extrapolar a concentração da amostra (Ver Figura).

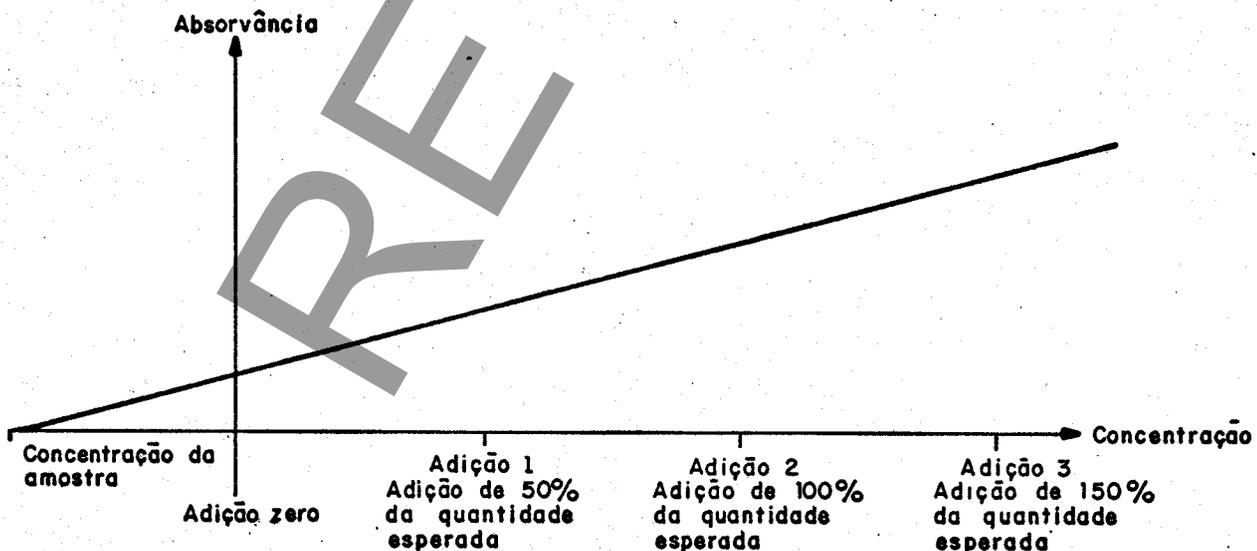


FIGURA - Gráfico da adição-padrão

## 5.7 Procedimento para determinação do cobre dissolvido

### 5.7.1 Ajuste do aparelho

Proceder conforme 5.6.1.

### 5.7.2 Construção da curva de calibração

Proceder conforme 5.6.2.

### 5.7.3 Processamento da amostra

5.7.3.1 Pré-tratar a amostra conforme a norma CETESB L5.012, em sua seção 4.4.1, e conforme a seção 4.4.7 da mesma norma, se for o caso. Considerar também as seções 4.2.4 e 4.4.5 da mesma norma.

Nota: Quando se tratar de amostras de água do mar, a concentração por evaporação não é adequada.

5.7.3.2 Prosseguir com a amostra assim pré-tratada, conforme 5.6.3.2 até 5.6.3.7. Considerar também 5.6.4.

## 5.8 Procedimento para determinação do cobre em suspensão

### 5.8.1 Ajuste do aparelho

Proceder conforme 5.6.1.

### 5.8.2 Construção da curva de calibração

Proceder conforme 5.6.2.

### 5.8.3 Processamento da amostra

5.8.3.1 Pré-tratar a amostra conforme a norma L5.012, em sua seção 4.4.3, e conforme a seção 4.4.7 da mesma norma, se for o caso. Considerar as seções 4.2.4 e 4.4.5 da mesma norma.

5.8.3.2 Prosseguir com a amostra assim pré-tratada, conforme 5.6.3.2 até 5.6.3.7. Considerar também 5.6.4.

## 5.9 Procedimento para determinação do cobre extraível

### 5.9.1 Ajuste do aparelho

Proceder conforme 5.6.1.

### 5.9.2 Construção da curva de calibração

Proceder conforme 5.6.2.

### 5.9.3 Processamento da amostra

5.9.3.1 Pré-tratar a amostra conforme a norma CETESB L5.012, em sua seção 4.4.4, e conforme a seção 4.4.7 da mesma norma, se for o caso. Considerar também as seções 4.2.4 e 4.4.5 da mesma norma.

Nota: Quando se tratar de amostras de água do mar, a concentração por evaporação não é adequada.

5.9.3.2 Prosseguir com a amostra assim pré-tratada, conforme 5.6.3, 5.6.3.2 até 5.6.3.7. Considerar também 5.6.4.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Expressão dos resultados

Para cada forma de cobre, a concentração de Cu é dada por:

$$C = B \times F$$

onde:

C = concentração de Cu na amostra, em mg/L

B = concentração do metal na alíquota, obtida subtraindo o valor da absorvância da prova em branco do valor da absorvância da alíquota e entrando com esta diferença na curva de calibração

F = fator de diluição, que abrange todas as diluições ou concentrações da amostra, desde a tomada da amostra original até a diluição da última alíquota, ou seja:

$$F = \frac{V_c \times d_1 \times d_2 \times \dots \times d_n}{V_o \times l_1 \times l_2 \times \dots \times l_n}$$

onde:

$V_c$  = volume a que a amostra original foi concentrada

$V_o$  = volume original de amostra

d = volume a que foi elevada a alíquota, em balão volumétrico

l = volume da alíquota a ser diluída.

### 6.2 Precisão e exatidão

Conforme "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 14ª edição, a Tabela apresenta os dados de exatidão e precisão na determinação de diversos metais por absorção atômica, por aspiração direta.

/TABELA

TABELA - Dados de precisão e exatidão

Metal	Concentração $\mu\text{g/L}$	Desvio-padrão relativo %	Erro relativo %
Ba	500	10,0	8,6
Cd	50	21,6	8,2
Cr	50	26,4	2,3
Cu	1 000	11,2	3,4
Fe	300	16,5	0,6
Mg	200	10,5	6,3
Mn	50	13,6	6,0
Ag	550	17,5	10,6
Zn	500	8,2	0,4

/ANEXO

REVOGADA

ANEXO - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A-1 AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14 ed., New York, APHA, AWWA, WPCF, 1975.
- A-2 ELWELL, W.T. & GIDLEY, J.A.F. - Atomic Absorption Spectrophotometry. 2 ed., London, Pergamon Press, 1966 (International Series of Monographs in Analytical Chemistry, vol. 6).
- A-3 ENVIRONMENTAL CANADA - Analytical Methods Manual. Ottawa, Water Quality Branch, 1974.
- A-4 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - Manual of Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes. Washington, EPA, Office of Technology Transfer, 1974.
- A-5 \_\_\_\_\_ Instrumental Analysis of Chemical Pollutants Training Manual. Cincinnati, Ohio, EPA, Training Programs, 1974.
- A-6 HALLBACH, Paul F. - An Introduction to Atomic Absorption Spectroscopy. Cincinnati, Ohio, EPA, Training Programs, s.d.
- A-7 PARKER, C.R. - Water Analysis by Atomic Absorption Spectroscopy. Springvale, Australia, Varian Techtron, 1972
-