

# ANÁLISE DE CLORETO EM TECIDO VEGETAL

ENILSON DE BARROS SILVA<sup>1</sup>  
FRANCISCO DIAS NOGUEIRA<sup>2</sup>  
PAULO TÁCITO GONTIJO GUIMARÃES<sup>3</sup>

## INTRODUÇÃO

O átomo de cloro (Cl) é um micronutriente não metálico, pertencente ao grupo 7A, halogênio, juntamente com o iodo, bromo e flúor. O cloro possui sete elétrons na camada de valência; portanto, tende a ganhar um elétron, adquirindo a configuração de um gás nobre e formando o íon cloreto, que é a forma mais comumente encontrada na natureza. Na forma elementar, o gás Cl é verde-claro, de fórmula molecular Cl<sub>2</sub>, ocorrendo, naturalmente, como ânion cloreto (Raij, 1991).

As pesquisas evidenciam que o Cl é um micronutriente essencial na vida vegetal (Broyer et al., 1954 e Johnson et al., 1957), sendo absorvido por algumas espécies de plantas em quantidades muito elevadas. O interesse dos fisiólogos em relação ao Cl se dirige menos para os problemas relativos à sua eventual deficiência do que para as modificações metabólicas provocadas por sua presença, em concentrações demasiadamente elevadas, no meio nutritivo (Marschner, 1986, Tisdale, Nelson e Beaton, 1986 e Mengel e Kirkby, 1987). Mas, o Cl tem uma função importante como cofator, junto com manganês, na evolução do oxigênio, no fotossistema II na fotossíntese (Broyer et al., 1954; Gouny, 1973; Marschner, 1986; Mengel e Kirkby, 1987 e Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989).

- 
1. Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Pesquisador da EPAMIG/Doutorando Departamento de Ciência do Solo/UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS/UFLA, Caixa Postal 37 – 37.200-000 - Lavras, MG
  2. Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesquisador EMBRAPA/EPAMIG/CRSM, Lavras, MG.
  3. Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesquisador da EPAMIG/CRSM, Lavras, MG.

O Cl é um micronutriente imóvel, com baixa redistribuição das folhas para outros órgãos da planta. Geralmente, ele se acumula nas folhas da planta com o tempo e há poucas evidências do movimento desse nutriente dos tecidos velhos para os novos (Eaton, 1966). A toxidez de Cl<sup>-</sup> manifesta-se pela queima da extremidade e margens das folhas, com bronzeamento prematuro e abscisão das folhas (Eaton, 1966; Gouny, 1973; Snoeck, N'Goran e Snoeck, 1986; Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989; N'Goran, 1990).

O ânion cloreto (Cl<sup>-</sup>) pode ser determinado por métodos gravimétricos, volumétricos, potenciométricos e colorimétricos. Os métodos volumétricos, como os métodos de Mohr e de Volhard, são extensivamente utilizados em análise de cloreto em plantas e foram desenvolvidos no século XVII (Gaines, Parker e Gascho, 1984). O método de Mohr é a determinação direta do íon cloreto e o de Volhard é a determinação indireta (Ohlweiler, 1968ab e Jeffery et al., 1992). O método de Volhard envolve a titulação do íon prata em meio ácido com solução padrão de tiocianato de potássio, após a precipitação do íon cloreto, em presença do indicador, que é uma solução saturada de sulfato de amônio e ferro III.

A mercurimetria, um outro método volumétrico, pode ser utilizada na determinação de cloreto inorgânico. O método baseia-se na titulação do cloreto com solução padrão de nitrato de mercúrio(II). O ponto final da titulação é determinado com o auxílio de indicadores, como por exemplo, nitroprussiato de sódio ou difenilcarbazona, os quais produzem respectivamente uma turvação causada pela formação de um precipitado branco de nitroprussiato de mercúrio e um complexo azul-violeta, que é afetado pela concentração do indicador. No caso da difenilcarbazona, os melhores resultados são obtidos com 5 a 10 gotas desse indicador (Ohlweiler, 1974).

A análise potenciométrica é a mais difundida, sendo esse, o método oficial da Association of Official Analytical Chemists (AOAC), para determinação de cloreto em tecido vegetal (AOAC, 1970). Esse método tem elevada precisão, mas necessita de muito tempo por tratar-se de titulação manual (Gilliam, 1971; Adriano, Pratt e Holtzclaw, 1973 e Gaines, Parker e Gascho, 1984).

A titulação potenciométrica envolve a medida da diferença de potencial entre dois eletrodos, sendo um, o indicador. O potencial é avaliado em

---

função da concentração do íon a ser determinado, utilizando-se um eletrodo de referência de potencial constante. O ponto de equivalência será revelado por uma abrupta alteração da diferença de potencial (Ohlweiller, 1968b e Jeffery et al., 1992).

Existe um certo interesse pelo conhecimento dos efeitos do cloreto nas plantas, e o desenvolvimento da análise instrumental tem contribuído para a utilização de métodos mais precisos e práticos para a quantificação desse micronutriente em análise de rotina.

## **PREPARO DA AMOSTRA**

As amostras do material vegetal são identificadas, lavadas, secas, moídas e acondicionadas em frascos de vidro. A lavagem do material vegetal é realizada para remover partículas de solo, poeira e resíduos industriais, de defensivos e de fertilizantes. As amostras são lavadas com água de torneira e em seguida lavadas com água destilada. Logo após a lavagem, são colocadas em sacos de papel e transferidas para estufa a 65-70<sup>0</sup>C, com forçada circulação de ar, durante um período de 48 horas ou até peso constante. Depois de secas, as amostras são moídas em moinho mecânico com peneira de 1 mm de diâmetro e armazenadas em frascos de vidro de 50 ml com tampa plástica.

## **DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS**

### **1. MÉTODO DE MOHR**

A determinação de cloreto foi adaptada, tomando como base os trabalhos de Lacroix, Keeney e Walsh (1970) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1989).

---

### 1.1. PRINCÍPIO DO MÉTODO

O cloro extraído pela solução de nitrato de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), na forma de íon cloreto, é titulado com solução padronizada de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ), na presença de cromato de potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) como indicador. O ponto final da titulação é identificado pela coloração vermelha, resultante da formação de cromato de prata depois de toda a precipitação do cloreto ( $\text{AgCl}$ ), pois, o cromato de prata é mais solúvel que o cloreto de prata.

### 1.2. EXTRAÇÃO DE CLORETO

Para a extração do cloreto, proceder do seguinte modo:

- a) pesar 1 g de matéria seca (MS) em erlenmeyer de 125 ml;
- b) adicionar 100 ml de solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  a  $0,085 \text{ mol.l}^{-1}$ ;
- c) agitar em agitador horizontal por 15 minutos;
- d) filtrar o extrato em papel de filtro e recolher o filtrado em frasco com tampa.

### 1.3. APARELHOS E REAGENTES

O preparo da solução e a vidraria utilizada é descrita a seguir:

- a) solução extratora de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  a  $0,085 \text{ mol.l}^{-1}$ : dissolver 20 g de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  e completar o volume para 1000 ml com água destilada deionizada em balão volumétrico de 1000 ml;
  - b) padrão de nitrato de prata  $0,0282 \text{ mol.l}^{-1}$ : dissolver 4,791 g de  $\text{AgNO}_3$ , e completar o volume para 1000 ml com água destilada e deionizada em balão volumétrico de 1000 ml. Portanto, 1 ml dessa solução, equivale a 1 mg de cloreto. Em seguida, padronizar essa solução e colocar em um erlenmeyer: 50 ml de água destilada deionizada, 25 ml de  $\text{NaCl}$   $0,030 \text{ mol.l}^{-1}$  e
-

---

1 ml da solução indicadora de  $K_2CrO_4$  a  $0,258 \text{ mol.l}^{-1}$  e titular com nitrato de prata até o aparecimento da cor vermelha clara.

c) solução indicadora de cromato de potássio ( $K_2CrO_4$ ) a  $0,258 \text{ mol.l}^{-1}$ : dissolver 5 g de  $K_2CrO_4$  em aproximadamente 50 ml de água destilada e deixada.

#### 1.4. MARCHA ANALÍTICA

Na marcha analítica, propriamente dita, proceder como o descrito a seguir:

a) tomar uma alíquota de 10 ml do extrato (1 g de MS/100 ml de solução de  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ) e transferir para um erlenmeyer de 125 ml;

b) adicionar 1 ml (micropipeta de 1 ml) á solução de  $K_2CrO_4$ , indicador, no momento da titulação, para não ocorrer oxidação do extrato pelo cromato;

c) titular com a solução padrão de nitrato de prata até formação de coloração vermelha, anotando-se o volume gasto ( $V_1$ );

d) fazer prova em branco, titulando-se 10 ml da solução de  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  e anotar o volume de  $AgNO_3$  gasto ( $V_0$ );

e) utilizar 3 repetições das amostras preparadas.

#### 1.5. CÁLCULOS

Após a titulação, calcular a porcentagem de cloreto no material vegetal pela fórmula abaixo:

$$\% Cl^- = (V_1 - V_0) * fc$$

$V_1$  = Volume gasto de  $AgNO_3$  na titulação da amostra, em ml;

$V_0$  = Volume gasto na titulação da prova em branco, em ml;

$fc$  = fator de correção da solução de  $AgNO_3$ .

---

## 2. MÉTODO MERCURIMÉTRICO

A determinação de cloreto descrita foi uma adaptação das metodologias propostas por Lacroix, Keeney e Walsh (1970), Ohlweiler (1981) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1989).

### 2.1. PRINCÍPIO DO MÉTODO

O princípio de determinação é baseada na reação do íon mercúrico para formar cloreto mercúrico solúvel, e quando íon mercúrico for adicionado em excesso, o indicador difenilcarbazona torna-se azul-violeta, mostrando o ponto final da titulação.

### 2.2. EXTRAÇÃO DO CLORETO

A extração do cloreto foi semelhante àquela descrito para o método de Mohr.

### 2.3. APARELHOS E REAGENTES

O preparo da solução é descrita a seguir:

a) indicador difenilcarbazona: dissolver 100 mg de difenilcarbazona em 100 ml de álcool a 95% e guardar em frasco escuro na geladeira;

b) solução de nitrato de mercúrio II ( $0,0071 \text{ mol.L}^{-1}$ ): dissolver 2,66 g de  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  em 20 ml de água destilada deionizada, tratados com 0,25 ml de ácido nítrico concentrado e diluir para volume de 1000 ml; determinar a concentração exata dessa solução em relação a 10 ml da solução padrão de  $\text{NaCl}$   $0,0141 \text{ mol.l}^{-1}$  diluída a 100 ml, com água destilada e deionizada. Portanto, 1 ml de  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , equivale a 1 mg de cloreto.

---

#### 2.4. MARCHA ANALÍTICA

O procedimento químico deve seguir os passos abaixo:

- a) tomar uma alíquota de 10 ml do extrato (1 g de MS/100 ml de solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) e a passar para erlenmeyer de 125 ml;
- b) adicionar 10 gotas de difenilcarbazona com uma pipeta de 2 ml;
- c) titular com nitrato de mercúrio (II) até formar uma coloração azul violeta, ou seja, a cor desenvolvida devido ao excesso de  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , que reage com a difenilcarbazona, e anotar o volume gasto ( $V_1$ );
- d) fazer a prova em branco titulando-se 10ml da solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  a  $0,085 \text{ mol.l}^{-1}$  e anotar, em seguida, o volume de  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  gasto ( $V_0$ );
- e) utilizar 3 repetições das amostras preparadas.

#### 2.5. CÁLCULOS

Após a titulação, calcular a porcentagem de cloreto no material vegetal pela fórmula abaixo:

$$\% \text{Cl}^- = (V_1 - V_0) * fc$$

$V_1$  = Volume gasto de  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  na titulação da amostra, em ml;

$V_0$  = Volume gasto na titulação da prova em branco, ml;

fc = fator de correção da solução de  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

#### 3. MÉTODO DE VOLHARD

A determinação de cloreto baseou-se no método de Volhard (Kolthoff e Sandell, 1952) em suas linhas gerais, com as adaptações necessárias à sua aplicação, em material vegetal, feitas por Catani, Moraes e Bergamin (1969).

---

### 3.1. PRINCÍPIO DO MÉTODO

O método envolve a titulação do íon prata residual em meio ácido com solução padrão de tiocianato de potássio, após a precipitação do íon cloreto, em presença do indicador solução saturada de sulfato de amônio e ferro III.

### 3.2. EXTRAÇÃO DO CLORETO

Para a extração do cloreto, proceder da seguinte forma:

- a) incinerar 1 g do material seco (MS) a 500-550° C em cápsula de porcelana de 50 ml;
- b) adicionar 20 ml de solução de  $\text{HNO}_3$  0,2 mol.L<sup>-1</sup> e homogeneizar;
- c) filtrar em frasco de vidro de 100 ml, lavar o resíduo com 2 porções de 10 ml de solução de  $\text{HNO}_3$  0,2 mol.L<sup>-1</sup>.

### 3.3. MARCHA ANALÍTICA

O procedimento químico deve seguir os passos abaixo:

- a) adicionar 10 ml ( $V_1$ ) de solução padronizada de  $\text{AgNO}_3$  0,05 mol.l<sup>-1</sup> sobre o extrato filtrado, homogenizar e deixar em repouso por 15' para flocular o  $\text{AgCl}$ ;
- b) filtrar para erlenmeyer de 125 ml com papel de filtro, lavando o precipitado com duas porções de 10 ml de solução de  $\text{HNO}_3$  0,2 mol.l<sup>-1</sup>;
- c) adicionar 0,5 ml de solução de alumínio férrico a 0,830 mol.l<sup>-1</sup> e titular com solução padronizada de  $\text{KSCN}$  0,05 mol.l<sup>-1</sup> até o aparecimento de cor rósea e anotar o volume de  $\text{KSCN}$  gasto ( $V_2$ ).

### 3.4. APARELHOS E REAGENTES

Para o preparo da solução, os procedimentos abaixo:

---



---

a) solução de  $\text{AgNO}_3$   $0,05 \text{ mol.l}^{-1}$ : dissolver 8,5g de  $\text{AgNO}_3$  e completar o volume para 1000 ml com água destilada e deionizada em balão volumétrico. Padronizar a solução de  $\text{AgNO}_3$ , colocar 50 ml de água destilada e deionizada, 25 ml de  $\text{NaCl}$   $0,05 \text{ mol.l}^{-1}$ , e 1 ml de solução indicadora de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  a  $0,258 \text{ mol.l}^{-1}$ , e titular com  $\text{AgNO}_3$ , até o aparecimento da cor vermelha-clara;

b) solução de  $\text{NaCl}$   $0,05 \text{ mol.l}^{-1}$ : dissolver 2,9226 g de  $\text{NaCl}$  e completar o volume para 1000 ml com água destilada e deionizada em balão volumétrico;

c) solução de  $\text{KSCN}$   $0,05 \text{ mol.l}^{-1}$ : dissolver 5,0 g de  $\text{KSCN}$  e completar o volume para 1000 ml com água destilada e deionizada em balão volumétrico. Padronizar a solução de  $\text{KSCN}$  com a solução de  $\text{AgNO}_3$ , já padronizada, usando como indicador 1 ml de solução de alúmen férrico a  $0,830 \text{ mol.l}^{-1}$ ;

d) solução de alúmen férrico a  $0,830 \text{ mol.l}^{-1}$ : dissolver 40 g de  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$  e completar o volume para 100 ml com água destilada e deionizada em balão volumétrico.

### 3.5. CÁLCULOS

Após a titulação, fazer os cálculos aritméticos de acordo a fórmula abaixo:

$$\% \text{Cl}^- = 0,177 * ((V_1 * fc_1) - (V_2 * fc_2))$$

$V_1$  = volume inicial de  $\text{AgNO}_3$ , em ml;

$V_2$  = Volume gasto de  $\text{KSCN}$  na titulação do  $\text{AgNO}_3$  residual, em ml;

$fc_1$  = fator de correção da solução de  $\text{AgNO}_3$ ;

$fc_2$  = fator de correção da solução de  $\text{KSCN}$ .

## 4. MÉTODO DE TITULAÇÃO POTENCIOMÉTRICA

A determinação de cloreto foi baseada em Lacroix, Keeney e Walsh (1970) e Jeffery et al. (1992).

---

#### 4.1. PRINCÍPIO DO MÉTODO

O procedimento envolve a medição da diferença de potencial entre dois eletrodos: um indicador, cujo potencial é função da concentração do íon a ser determinada, e um eletrodo de referência, de potencial constante. O ponto de equivalência será revelado por uma abrupta modificação do potencial, indicado pelas leituras em milivolt (mV), em peagâmetro, durante a adição do volume da solução padrão de  $\text{AgNO}_3$ . O volume de  $\text{AgNO}_3$  consumido na titulação até à modificação abrupta é determinado por um método prático preconizado por Guenther (1972) e Jeffery et al. (1992), que será descrito a seguir

#### 4.2. EXTRAÇÃO DO CLORETO

Para a extração do cloreto, proceder do seguinte modo:

- a) pesar 1 g de MS em erlenmeyer de 125 ml;
- b) adicionar 100 ml de solução de  $\text{HNO}_3$   $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$ ;
- c) agitar a mistura em agitador horizontal por 15 minutos;
- d) filtrar a mistura em papel de filtro e recolher em frasco com tampa.

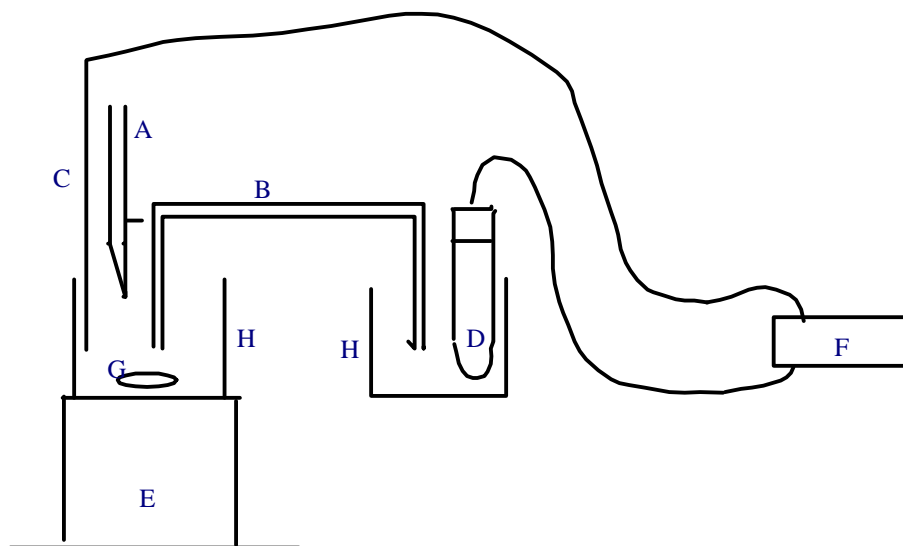
#### 4.3. APARELHOS E REAGENTES

Os aparelhos, reagentes e preparo de soluções utilizados são:

- a) peagâmetro marca DIGIMED-DMPH-2 utilizado no módulo milivolt (mV);
  - b) eletrodo indicador: um fio de prata com acoplamento no peagâmetro;
  - c) eletrodo de referência: calomelamo saturado com  $\text{KCl}$   $1 \text{ mol.l}^{-1}$ ;
  - d) solução extratora de ácido nítrico a  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ : diluir 7,5 ml de  $\text{HNO}_3$  concentrado em 1000 ml de água destilada e deionizada;
  - e) ponte salina de vidro preparada com 3 g de ágar em 100 ml de água destilada e deionizada mais 40 g de nitrato de potássio;
-

f) solução padrão de nitrato de prata a  $0,0282 \text{ mol.l}^{-1}$ : preparo idêntico àquele descrito para método de Mohr.

O esquema de montagem da aparelhagem é apresentado na Figura 1:



**FIGURA 1** - Desenho esquemático da titulação potenciométrica com os seguintes equipamentos: (A) bureta, (B) ponte salina, (C) eletrodo indicador, (D) eletrodo de referência, (E) agitador magnético, (F) potenciômetro, (G) barra magnética e (H) becker.

#### 4.4. MARCHA ANALÍTICA

Para a marcha analítica, proceder do seguinte modo:

a) tomar uma alíquota de 50 ml do extrato (1 g de MS/100 ml da solução de  $\text{HNO}_3$   $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$ ) e passar para um becker de 50 ml;

b) titular com nitrato de prata  $0,0282 \text{ mol.l}^{-1}$  utilizando-se de uma bureta de 10 ml. A torneira deve ser ligada por um fio capilar para que a solução seja titulada diretamente sobre o extrato a determinar. A adição da solução deve ser lenta e em espaços regulares para que se observe, com clareza, a modificação abrupta; em seguida, deve-se continuar adicionando-se a solução até que a variação em mV seja praticamente constante.

c) fazer prova em branco, titulando-se 50 ml de solução de  $\text{HNO}_3$   $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$  e procedendo-se conforme feito para o extrato.

#### 4.5. CÁLCULOS

Para a determinação do volume gasto de nitrato de prata, utilizar o método prático, adaptado para a determinação de cloreto em tecido vegetal, exemplificado na Tabela 1.

Como exemplo, observa-se na Tabela 1, na coluna da derivada segunda, entre os valores de -1275 e 0, que ocorre a mudança abrupta, isto é, o volume de  $\text{AgNO}_3$ , que reagiu equivalentemente com o cloreto contido na amostra, é expresso entre aqueles valores. Este volume é calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Veq} = \text{V1} + (\text{V2}-\text{V1}) * \text{D1}/(\text{D1}+\text{D2}), \text{ onde:}$$

Veq - Volume equivalente (ml);

V1 - Volume correspondente ao menor valor da derivada segunda (ml);

V2 - Volume correspondente ao maior valor da derivada segunda (ml);

D1 - Menor valor da derivada segunda ( $\text{mV.ml}^{-2}$ ), em valor absoluto;

D2 - Maior valor da derivada segunda ( $\text{mV.ml}^{-2}$ ), em valor absoluto;.

$$\text{Ex: Veq} = 0,04 + (0,08-0,04) * (31875)/(31875+0)$$

$$\text{Veq} = 0,08 \text{ ml.}$$

O volume equivalente obtido de cada amostra é utilizado no cálculo do cloreto contido na matéria seca pela seguinte fórmula:

$$\% \text{ Cl} = 0,2 * (\text{Veq}_{(\text{amostra})} - \text{Veq}_{(\text{branco})}) * \text{fc}$$

$\text{Veq}_{(\text{amostra})}$  = volume equivalente de  $\text{AgNO}_3$  gasto da amostra, em ml;

$\text{Veq}_{(\text{branco})}$  = volume equivalente de  $\text{AgNO}_3$  gasto do branco, em ml;

fc = fator de correção da solução de  $\text{AgNO}_3$ ;

---

**TABELA 1** - Titulação potenciométrica de extrato foliar de cloreto por solução de nitrato de prata ( $0,0282 \text{ mol.L}^{-1}$ ) com eletrodos indicador de fio de prata e outro calomelano de referência.

$V_{\text{AgNO}_3}$ (ml)	E (mV)	$\Delta V$ (ml)	$\Delta E$ (mV)	$\Delta E/\Delta V$ Derivada primeira ( $\text{mV.ml}^{-1}$ )	Volume médio (ml)	$\Delta$ Derivada primeira ( $\text{mV.ml}^{-1}$ )	$\Delta$ Volume médio (ml)	Derivada segunda ( $\text{mV.ml}^{-2}$ )
0	125							
		0,04	79	1975	0,02			
0,04	204					-1275	0,04	-31875
		0,04	28	700	0,06			
0,08	232					0	0,04	0
		0,04	28	700	0,10			
0,12	260					-200	0,04	-5000
		0,04	20	500	0,14			
0,16	280					-150	0,04	-3750
		0,04	14	350	0,18			
0,20	294					-125	0,04	-3125
		0,04	9	225	0,22			
0,24	303					-50	0,04	-1250
		0,04	7	175	0,26			
0,28	310					-75	0,04	-1875
		0,04	4	100	0,30			
0,32	314					-25	0,04	-625
		0,04	3	75	0,34			
0,36	317					-25	0,04	625
		0,04	4	100	0,38			
0,40	321							

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, D.C.; PRATT, P.F.; HOLTZCLAW, K.M. Comparison of two simple methods of chlorine analysis in plant materials. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.1, p.133-134, Jan/Feb. 1973.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 11.ed. Washington, 1970. 1015p.
- BROYER, T.C.; CARTON, A.B.; JOHNSON, C.M.; STOUT, P.R. Chlorine: a micronutrient element for higher plants. **Plant Physiology**, Lancaster, v.29, n.6, p.526-532, Nov. 1954.
- CATANI, R.A.; MORAES, F.R.P.; BERGAMIN, H. A concentração de cloro em folhas de café. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ**, Piracicaba, v.26, p. 97-98, 1969.
- EATON, F.M. Chlorine. In: CHAPMAN, H.D. **Diagnostic criteria for plants and soils**. California: Divison of Agricultural Sciences, 1966. p.93-135.
- GAINES, T.P.; PARKER, M.B.; GASCHO, G.J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate extration. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n.3, p.371-374, May/June 1984.
- GILLIAM, J.W. Rapid measurement of chlorine in plant materials. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.35, n.3, p.512-513, May/June 1971.
- GOUNY, P. Observaciones sobre el comportamiento del vegetal en presencia de ions de cloro. **Revista de la Potassa**, Berna, v.45, n.5, p.1-14, 1973
-

GUENTHER, W.B. **Química quantitativa:** medições e equilíbrio. São Paulo: Edgard Blücher, 1972. 423p.

JEFFERY, G.H.; BASSETT, J.; MENDHAM, J.; DENNEY, R.C. **Vogel:** análise química quantitativa. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. 712p.

JOHNSON, C.M.; STOUT, P.R.; BROYER, T.C.; CARLTON, A.B. Comparative chlorine requirements of different plant species. **Plant and Soil**, The Hague, v.8, p. 337-353, 1957.

KOLTHOFF, I.M.; SANDELL, E.B. **Textbook of quantitative inorganic analysis.** 3.ed. New York: The MacMillan Company, 1952. 759p.

LACROIX, R.L.; KEENEY, D.R.; WALSH, L.M. Potentiometric titration of chloride in plant tissue extracts using the chlorine ion electrode. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Madison, v.1, n.1, p.1-6, Jan. 1970.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas.** Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p

MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plant.** New York: Academic Press, 1986. 874p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principales of plant nutrition.** 4.ed. Berna: International Potash Institute, 1987. 687p.

N'GORAN, K. Effets du chlore sur le comportement de quelques clones de caféiers robusta sur le littoral Ivoirien. In: **INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIN ON COFFEE**, 13, 1989, Paipa (Colômbia). Paris: Association Scientifique Internacional Du Café, 1990. p.564-572.

---

- OHWEILER, O.A. **Química analítica quantitativa**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974. v.2, 643p.
- OHLWEILER, O.A. **Química analítica quantitativa**. 3.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1981. 226p.
- OHWEILER, O.A. **Teoria e prática a análise quantitativa inorgânica**. Brasília: Universidade de Brasília, 1968a. v.2, 536p.
- OHWEILER, O.A. **Teoria e prática a análise quantitativa inorgânica**. Brasília: Universidade de Brasília, 1968b. v.3, 807p.
- RAIJ, B.van. Geoquímica de micronutrientes. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.(ed.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.99-111.
- SNOECK, D.; N'GORAN, K.; SNOECK, J. Étude des formes de potassium sur chimisme foliare des caféiers robusta en Côte d'Ivoire - Influence du chlore. **Café Cacao Thé**, Paris, v.30, n.1, p. 37-50, jan./mar. 1986.
- TISDALE, S.R.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. New York: McMillam Publishing, 1986. 754p.
-