

# Análise inteligente de águas residuais por meio de um ICP-MS Agilent com diluidor automático integrado

Melhor produtividade de análises ambientais de rotina usando o ICP-MS Agilent 7900 com sistema de diluição avançada



## **Autores**

Aimei Zou, Michiko Yamanaka  
Agilent Technologies, Inc.

## **Introdução**

A espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS) é uma técnica versátil de análise multielementar amplamente usada em vários setores devido a sensibilidade e seletividade altas. Muitos laboratórios que realizam testes ambientais, de alimentos, farmacêuticos e de materiais que usam os métodos de alta produtividade se beneficiaram da robustez, confiabilidade e alto desempenho dos instrumentos ICP-MS Agilent. À medida que os laboratórios tentam reduzir ainda mais as ineficiências nos seus fluxos de trabalho e a diminuir as exigências postas aos funcionários, eles passam a automatizar as tarefas manuais para melhorar a produtividade geral.

Devido à sua alta sensibilidade, as concentrações de elementos nas soluções padrão para ICP-MS são geralmente baixas. Por esse motivo, vários laboratórios preparam padrões novos todos os dias. A preparação de padrões de baixa concentração é trabalhosa, pois é necessário tomar cuidado para evitar erros humanos ou a contaminação dos padrões. Além disso, ao medir amostras ambientais, por exemplo, águas residuais, solos e sedimentos, a concentração dos elementos-alvo às vezes ultrapassa inesperadamente a faixa de calibração. Nessas situações, o analista precisaria diluir a amostra manualmente para que fique dentro da faixa, o que aumenta carga de trabalho.

Para ajudar os laboratórios a reduzirem o tempo de processamento da amostra e o custo por análise, a Agilent desenvolveu um sistema de diluição avançada, o ADS 2, especificamente para instrumentos Agilent ICP-MS (e ICP-OES).<sup>1</sup> Os laboratórios podem usar o sistema de diluição automática ADS 2 para realizar as seguintes tarefas importantes:

- Preparação automática de uma calibração multiponto a partir de padrões de estoque único. Automatização de preparação de padrões de calibração elimina o trabalho manual cansativo, reduz os possíveis erros humanos e minimiza o risco de contaminação proveniente da operação manual.
- Diluição automática das amostras por um fator conhecido (prescrito), eliminando, assim, a necessidade de diluição manual.
- Realização automática de diluição reativa inteligente para analitos-alvo quando os resultados estiverem fora da faixa de calibração, mesmo durante a operação noturna sem supervisão, o que resulta em aumento da produtividade.

Esses recursos reduzem a carga de trabalho do analista e garantem que o método de diluição automática ICP-MS alcance boa precisão e exatidão para a medição quantitativa de elementos-alvo em uma amostra. O ADS 2 é especialmente útil para laboratórios que realizam análises de rotina de grande quantidade de amostras variadas, nas quais as concentrações dos analitos podem variar significativamente.

Os instrumentos ICP-MS Agilent estabelecem a referência de desempenho para análise de rotina de amostras ambientais, graças à tolerância a altos sólidos dissolvidos e à tecnologia avançada de célula de colisão/reação (CRC). A CRC do sistema de cela de reação octopolar (ORS<sup>4</sup>) de quarta geração remove interferências poliatômicas que podem afetar muitos dos elementos-traço regulamentados, como Cr, As, Se e Cd, em amostras ambientais. O ORS<sup>4</sup> fornece condições operacionais otimizadas para o modo de colisão com hélio (He), o que permite remover várias interferências por meio da discriminação de energia cinética (KED), conhecida como He-KED.

Neste estudo, as amostras de águas residuais foram selecionadas como um tipo das amostras representativas comumente analisadas por laboratórios de testes ambientais de rotina. O ICP-MS Agilent 7900 equipado com o ADS 2 foi usado para determinar 31 elementos em águas residuais.

## Parte Experimental

### Amostras e padrões

Dois materiais de referência certificados (CRM) para águas residuais, incluindo ERM CA713 (IRMM, Bélgica) e CWW-TM-C (High Purity Standards, EUA) foram usados para verificar a precisão do método. Também foi realizado um teste de recuperação de matriz fortificada de amostras reais de águas residuais. As amostras de águas residuais foram fornecidas por uma agência governamental local. Nenhum pré-tratamento foi necessário para as amostras de águas residuais antes da análise, além da filtração para remover as matérias sólidas não dissolvidas.

Padrões multi e monoelementares Agilent foram usados para preparar uma solução estoque misturada para calibração automática por meio do ADS 2. A concentração de cada elemento na solução estoque misturada consta na Tabela 1.

**Tabela 1.** Os padrões Agilent, part numbers (p/n) e concentração do analito na solução estoque misturada.

Elemento	Padrão	Concentração em solução estoque misturada (ppm)
Na, Mg, K, Ca, Fe	Padrão multielemental (p/n: 5183-4688)	20
Be, Al, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, Tl, Pb, Th, U	Padrão multielemental (p/n: 5183-4688)	0,2
B	p/n: 5190-8254	0,2
Sr	p/n: 5190-8581	0,2
Ti	p/n: 5190-8545	0,2
Sn	p/n: 5190-8543	0,2
Te	p/n: 5190-8533	0,2
Hg	p/n: 5190-8575	0,01

A mistura do padrão interno (ISTD) Agilent (p/n: 5183-4681) contendo 10 ppm de cada um dos elementos <sup>6</sup>Li, Sc, Ge, Y, In, Tb e Bi foi usada. Uma solução de trabalho de 100 ppb foi preparada por diluição manual de 100x e adicionada online ao ICP-MS 7900 por meio do integrado sistema avançado de válvula para ICP-MS (AVS MS)\* e da bomba peristáltica. Uma diluição de aprox. 15x da solução de trabalho do ISTD foi obtida utilizando a tubulação estreita, o que ajudou a minimizar a diluição da amostra.

Uma solução de HNO<sub>3</sub> a 2% (v/v) com HCl a 0,5% (v/v) foi usada para preparar a solução estoque misturada, o diluente, a solução transportadora e estoque ISTD. HCl foi adicionado para garantir a estabilidade de Ag, Sb, Sn, Te e Hg em solução. Como a solução de enxágue, foi usado HNO<sub>3</sub> a 3% com HCl a 0,5% para lavar completamente o sistema entre a análise de diferentes soluções.

Os 31 elementos listados na Tabela 1 foram autocalibrados pelo ADS 2 a partir do padrão estoque, utilizando fatores de diluição de 200x, 100x, 40x, 20x, 10x, 4x e 2x.

## Instrumentação

Todas as análises foram realizadas utilizando um ICP-MS 7900 equipado com o sistema de introdução de amostra padrão composto de um nebulizador concêntrico de vidro, câmara de nebulização de quartzo e tocha (diâmetro do injetor de 2,5 mm). O instrumento foi equipado com um cone de amostragem de cobre níquelado e um skimmer de níquel. A figura 1 mostra a instrumentação usada neste estudo.

Ao seleccionar condições de plasma Uso Geral no software Agilent ICP-MS MassHunter, os parâmetros sombreados mostrados na Tabela 2 foram definidos automaticamente. As tensões da lente iônica também foram otimizadas automaticamente para aumentar a sensibilidade.

As condições de operação do ICP-MS 7900 e os parâmetros de introdução de amostras do ADS 2 são apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.



**Figura 1.** Mostrando o ICP-MS Agilent 7900 com válvula de microamostragem AVS MS integrada conectada ao Agilent ADS 2 e amostrador automático Agilent SPS 4.

**Tabela 2.** Condições operacionais do ICP-MS Agilent 7900.

Parâmetro	Sem gás	He
Modo de plasma	Uso geral	
Potência de RF (W)	1.550	
Profundidade da amostragem (mm)	10	
Vazão de gás do nebulizador (L/min)	1,20	
Ajuste da lente	Autotune	
Vazão do gás de célula (mL/min)	0	5
Discriminação de energia (V)	5	

**Tabela 3.** Parâmetros de introdução de amostras do Agilent ADS 2.

	Tempo (s)	Velocidade da bomba de captação AVS MS (%)	Posição da agulha do amostrador automático	Posição da válvula
Carga da amostra	20	25	Amostra	Carregar
Estabilizar	10	5	Porta de enxágue	Injetar
Enxágue da sonda	15	5	Porta de enxágue	Injetar
Enxágue da sonda 1	5	35	Porta de enxágue	Injetar
Enxágue da sonda 2	20	0	Porta de enxágue	Injetar
Enxágue 3	1	0	Inicial	Injetar
Lavagem da sonda de loop opcional	10	50	Porta de enxágue	Carregar
Lavagem de loop opcional	1	5	Porta de enxágue	Injetar

Alguns dos benefícios valiosos que o ICP-MS 7900 com ADS 2 oferece aos laboratórios de rotina:

- Preparação automática de calibrações multiníveis a partir de padrões de estoques únicos ou múltiplos, com um fator de diluição de até 400x. A preparação e análise dos padrões de calibração podem ser concluídas automaticamente, em 20 minutos, melhorando a eficiência do laboratório.
- Diluição automática reativa inteligente de amostras se as medições de algum analito-alvo tiverem concentrações acima da faixa de calibração. A amostra diluída será adicionada automaticamente à lista de amostras em tempo real e a análise de dados online da amostra diluída será gerada de acordo.
- Dependendo dos resultados, a diluição automática reativa de amostras com analitos que precisam de diferentes fatores de diluição devido a matrizes que contêm elementos com uma faixa de concentrações.

## Resultados e análise

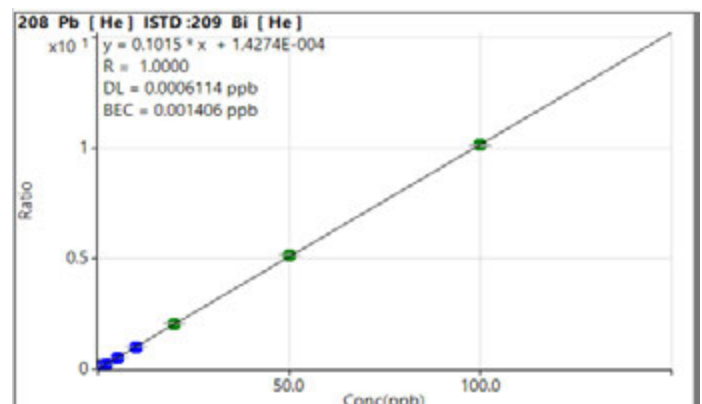
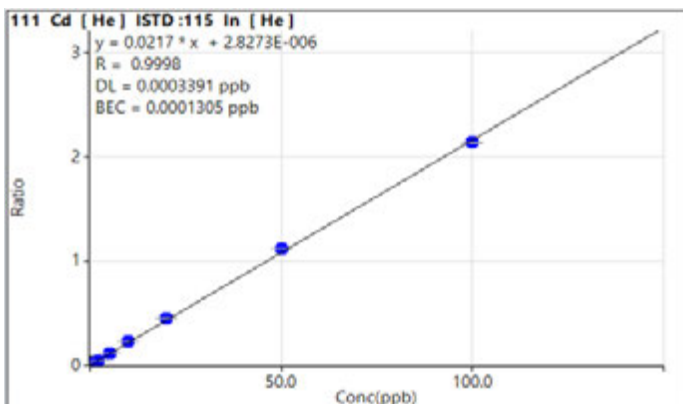
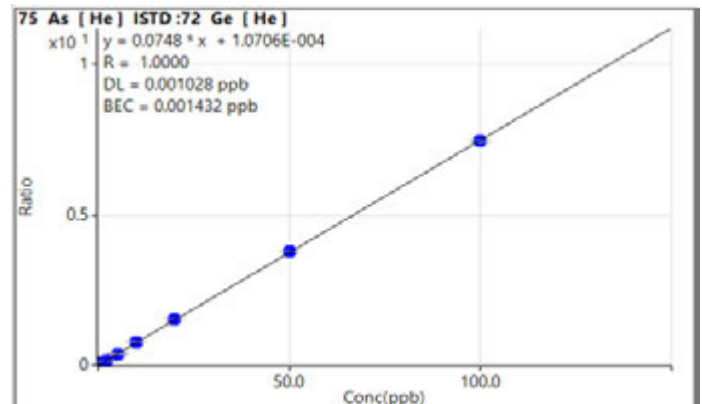
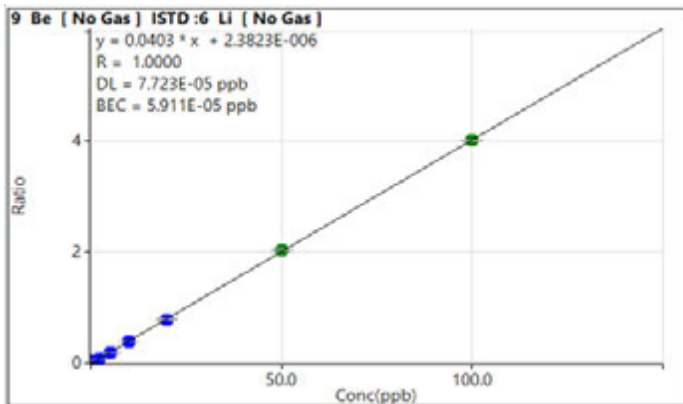
### Preparo automático de padrões de calibração pelo ADS 2

O desempenho da calibração do sistema de diluição automática ADS 2 foi avaliado quanto a linearidade, precisão e limites de detecção do instrumento (IDL). As curvas de calibração representativas que foram criadas automaticamente pelo ICP-MS 7900 com ADS 2 são mostradas na Figura 2. As curvas cobrem elementos de massa baixa a alta, Be, As, Cd e Pb. Todos os analitos em toda a faixa de calibração tiveram linearidade excelente, conforme mostrado pelos coeficientes de calibração de  $R \geq 0,9995$ .

A precisão da diluição do ADS 2 foi avaliada dividindo a concentração calculada dos padrões preparados usando fatores de diluição de 2 a 200 para todos os analitos pela concentração esperada. A precisão da diluição de cada nível de calibração ficou entre 90 e 110%, demonstrando a alta precisão do ADS 2 na preparação automática de padrões de calibração.

Os IDL foram calculados pelo software ICP-MS MassHunter usando como base três medições replicadas de cada padrão. Os IDL baixos foram obtidos para todos os analitos em toda a faixa de massa, por exemplo, 0,001 ppb para  $^{52}\text{Cr}$  e  $^{75}\text{As}$ , 0,0003 ppb para  $^{111}\text{Cd}$  e 0,0009 ppb para  $^{202}\text{Hg}$ . Os IDL de baixa concentração mostram que o ADS 2 acoplado ao amostrador automático SPS 4 conta com a alta exatidão da entrega da amostra. Os IDL também confirmam que a sensibilidade do ICP-MS 7900 não é comprometida pelo sistema de diluição automática ADS 2.

A eficiência do ADS 2 foi avaliada usando como base o tempo necessário para a calibração automática. O tempo total de preparação e análise de oito níveis de calibração foi menos de 20 minutos. É importante ressaltar que a calibração foi totalmente automatizada e não exigiu nenhuma intervenção do operador além da preparação da solução estoque única inicial.



**Figura 2.** Curvas de calibração de ICP-MS representativas para Be, As, Cd e Pb que foram criadas automaticamente pelo Agilent ADS 2 instalado no Agilent 7900 ICP-MS a partir de uma solução estoque única.

### Limites de detecção do método (MDL)

Os MDL para todos os 31 elementos foram determinados de acordo com as orientações do método EPA 200.8.<sup>2</sup> Os MDL três sigma foram calculados a partir da análise de sete alíquotas replicadas de um branco de preparação (HNO<sub>3</sub> a 2% com HCl a 0,5%) que foi fortificado em concentrações de 2 a 5 vezes o MDL estimado. O berílio e o boro foram adquiridos no modo sem gás e os demais elementos foram adquiridos no modo He. Um resumo dos MDL de todos os analitos é apresentado na Tabela 4. Os MDL de baixo nível foram alcançados para todos os elementos-traço, o que mostra a excelente sensibilidade do ICP-MS 7900 com ADS 2 e amostrador automático SPS 4.

**Tabela 4.** Os limites de detecção do método três sigma que foram alcançados pelo ICP-MS Agilent 7900 equipado com o sistema de diluição automática ADS 2.

Analito	Massa	Modo de células	MDL (ppb)
Be	9	Sem gás	0,0006
B	11	Sem gás	0,014
Na	23	He	0,30
Mg	24	He	0,25
Al	27	He	0,095
K	39	He	0,82
Ca	44	He	1,4
Ti	47	He	0,032
V	51	He	0,004
Cr	52	He	0,004
Mn	55	He	0,003
Fe	56	He	0,063
Co	59	He	0,001
Ni	60	He	0,018
Cu	63	He	0,006
Zn	66	He	0,022
As	75	He	0,007
Se	78	He	0,11
Sr	88	He	0,005
Mo	95	He	0,002
Ag	107	He	0,002
Cd	111	He	0,002
Sn	118	He	0,006
Sb	121	He	0,003
Te	125	He	0,056
Ba	137	He	0,006
Hg	202	He	0,005
Tl	205	He	0,0006
Pb*	*	He	0,0004
Th	232	He	0,001
U	238	He	0,0003

\*O Pb foi medido como a soma dos três isótopos mais abundantes: 206, 207 e 208.

### Avaliação do desempenho de diluição usando os CRM

Os dois CRM de águas residuais (ERM CA713 e CWW-TM-C) foram usados neste estudo para avaliar o desempenho de diluição do ADS 2 quanto à precisão e à recuperação. Alíquotas duplicadas de cada CRM foram analisadas durante a sequência e foram calculadas a concentração média e as recuperações de analitos, conforme resumido na Tabela 5.

Inicialmente, a concentração medida de Cu no CRM de águas residuais ERM CA713 não diluído estava acima da faixa de calibração, então o ADS 2 realizou automaticamente uma diluição reativa da amostra de 10x. As concentrações medidas da maioria dos analitos certificados no CRM de águas residuais CA713 foram excelentes, com recuperações dos elementos certificados variando de 97 a 103% e dentro da faixa aceitável (de incerteza). Apenas o resultado medido para Hg ficou ligeiramente fora da faixa de concentração aceitável, mas ainda dentro de  $\pm 10\%$ , o que é considerado aceitável para um método de calibração externo.<sup>3</sup>

Para o CRM de águas residuais CWW-TM-C, uma diluição automática reativa de 10x foi acionada por ADS 2 para todos os analitos alvo, pois as concentrações medidas iniciais estavam fora da faixa de calibração. Conforme mostrado na Tabela 5, foram alcançadas recuperações entre 100 e 106% para todos os analitos-alvo, confirmando a precisão do ICP-MS 7900 com o método de diluição automática ADS 2.

**Tabela 5.** Os resultados quantitativos para dois CRM de águas residuais obtidos por meio de ICP-MS Agilent 7900 com ADS 2.

Analito	ERM-CA713				CWW-TM-C		
	Valor certificado (ppb)	Incerteza (ppb)	Conc. medida (ppb)	Recuperação (%)	Valor certificado (ppb)	Conc. medida (ppb) <sup>#</sup>	Recuperação (%)
9 Be	NA				150	151	101
11 B	NA				500	504	101
27 Al	NA				500	518	104
51 V	NA				500	501	100
52 Cr	20,9	1,3	21,0	100	500	531	106
55 Mn	95	4	93	98	500	527	105
56 Fe	445	27	433	97	500	507	101
59 Co	NA				500	507	101
60 Ni	50,3	1,4	51,6	103	500	512	102
63 Cu	101	7	101 <sup>#</sup>	100	500	526	105
66 Zn	78	NA	77	99	500	529	106
75 As	10,8	0,3	10,5	97	150	158	105
78 Se	4,9	1,1	4,8	98	150	155	103
88 Sr	NA				500	502	100
95 Mo	NA				500	523	105
107 Ag	NA				150	153	102
111 Cd	5,09	0,2	5,24	103	150	152	101
121 Sb	NA				150	153	102
137 Ba	NA				500	512	102
202 Hg	1,84	0,11	1,99	108	10	9,98	100
205 Tl	NA				150	152	102
Pb*	49,7	1,7	51,2	103	500	519	104

NA = não aplicável. \*O Pb foi medido como a soma dos três isótopos mais abundantes: 206, 207 e 208. <sup>#</sup>Concentrações medidas após a diluição automática reativa de 10x realizada por ADS 2.

### Avaliação do desempenho de diluição usando as águas residuais fortificadas

Uma amostra real de águas residuais também foi usada para avaliação de desempenho do ADS 2. Seguindo as diretrizes descritas no método EPA 6020B,<sup>3</sup> foi realizado um teste de recuperação de matriz fortificada por meio de três leituras replicadas de três preparações técnicas das águas residuais fortificadas. As concentrações de fortificação de cada analito na amostra de águas residuais são apresentadas na Tabela 6.

Como a concentração medida de Na, K e Ca nas águas residuais originais era relativamente alta, foi utilizada uma fortificação de alta concentração. No caso de elementos medidos acima da faixa de calibração, o ADS 2 realizou uma diluição automática reativa de 10x. Os resultados quantitativos são resumidos na Tabela 6.

A precisão da etapa de diluição reativa foi calculada dividindo a concentração medida após a diluição reativa das águas residuais de 10x pela concentração medida nas águas residuais não diluídas.

Conforme mostrado na Tabela 6, foram alcançadas recuperações de 97 a 110% para os analitos com as concentrações relativamente altas na amostra de águas residuais, incluindo B, Na, Mg, Al, K, Ca, Mn, Fe, Zn, Sr e Ba. Além disso, um branco de preparação foi medido entre amostras de águas residuais e não foi detectada nenhuma contaminação cruzada. Esta observação indica que a pós-lavagem (enxágue) do ADS 2 limpou efetivamente o sistema.

No teste de recuperação de matriz fortificada, a maioria dos elementos recuperou dentro de  $100 \pm 10\%$ , enquanto as recuperações de elementos de maior concentração, Na, Mg, Ca, Mn e Zn, variaram de 85 a 88%. As recuperações de fortificação de todos os analitos atenderam aos requisitos da EPA 6020B de  $100 \pm 25\%$ , o que confirmou que este método é adequado para diluição automática. A exatidão (%DPR) das recuperações foi  $\leq 4\%$ , o que demonstrou a excelente reprodutibilidade, estabilidade e confiabilidade do ICP-MS 7900 com ADS 2.

**Tabela 6.** Os resultados quantitativos para uma amostra real de águas residuais obtidos por meio de ICP-MS Agilent 7900 com ADS 2.

Analito	Amostra real de águas residuais					
	Conc. medida sem diluição (ppb)	Conc. medida com diluição reativa de 10x (ppb)	Precisão da diluição reativa (%)	Concentração de fortificação (ppb)	Recuperação de fortificação (%)	%DPR (n=3)
9 Be	< MDL	NA		10	109	2,4
11 B	55,4	56,7	102	40	108	3,8
23 Na	42.900	47.000	109	50.000	86	1,3
24 Mg	1.360	1.490	110	1.000	87	1,3
27 Al	12,6	13,1	104	10	92	1,4
39 K	14.200	15.300	108	25.000	93	1,0
44 Ca	14.600	15.200	104	25.000	85	0,4
47 Ti	0,37	NA		10	96	1,0
51 V	0,28	NA		10	93	1,0
52 Cr	0,23	NA		10	92	1,0
55 Mn	19,7	21,5	109	10	85	2,0
56 Fe	60,1	58,2	97	1.000	93	0,5
59 Co	0,07	NA		10	98	0,3
60 Ni	1,21	NA		10	93	0,3
63 Cu	5,57	NA		10	94	1,0
66 Zn	23,1	22,6	98	10	88	1,5
75 As	2,27	NA		10	104	0,2
78 Se	0,31	NA		10	109	1,7
88 Sr	32,7	34,3	105	20	100	1,5
95 Mo	0,38	NA		10	98	0,4
107 Ag	0,03	NA		10	106	2,3
111 Cd	0,01	NA		10	104	0,5
118 Sn	0,26	NA		10	96	0,5
121 Sb	0,40	NA		10	103	0,3
125 Te	< MDL	NA		10	112	1,7
137 Ba	15,2	15,41	102	10	95	2,5
202 Hg	0,03	NA		0,5	97	0,6
205 Tl	0,01	NA		10	100	0,1
Pb*	0,02	NA		10	100	0,1
232 Th	0,01	NA		10	96	0,7
238 U	0,001	NA		10	98	0,5

\*O Pb foi medido como a soma dos três isótopos mais abundantes: 206, 207 e 208.

## Estabilidade a longo prazo

A estabilidade a longo prazo do ICP-MS 7900 com sistema de diluição automática ADS 2 foi investigada com base nas recuperações da verificação da calibração contínua (CCV) e os ISTD. O padrão CCV foi preparado pelo ADS 2, que realizou a diluição de uma solução estoque misturada usando um fator de 20. A solução estoque misturada foi a mesma usada para preparar os padrões de calibração. O padrão de CCV compreendia 1 ppm Ca, Na, Mg, K e Fe; 0,5 ppb Hg e 10 ppb de todos os outros elementos, o que era equivalente ao padrão de calibração de nível 5. O padrão de CCV foi medido a cada 10 amostras de águas residuais por mais de oito horas. As recuperações de todos os analitos para todas as 14 medições da CCV foram calculadas e apresentadas em um gráfico de estabilidade, conforme mostrado na Figura 3. Todas as recuperações ficaram dentro de  $100 \pm 10\%$ , atendendo aos critérios da EPA 6020 e demonstrando a estabilidade do ICP-MS 7900 com ADS 2 durante uma corrida contínua de mais de oito horas.

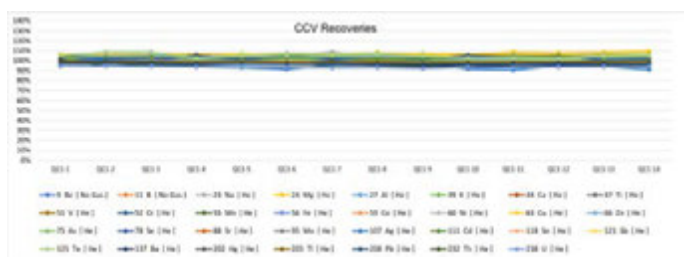


Figura 3. Recuperações de CCV no período de mais de oito horas de medição contínua de amostras de águas residuais.

A estabilidade do ISTD também foi monitorada no mesmo lote de amostras por mais de oito horas. Conforme mostrado na Figura 4, as recuperações do ISTD ficaram dentro de  $100 \pm 20\%$ , o que mostra a excelente robustez e tolerância à matriz do ICP-MS 7900. Os testes de estabilidade confirmam que o método de diluição automática ICP-MS pode realizar longas corridas analíticas que tipicamente ocorrem nos laboratórios de rotina.

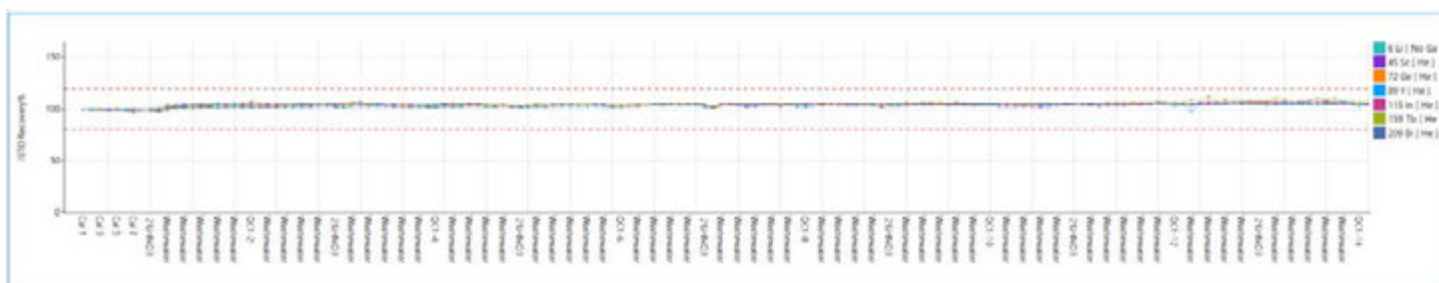


Figura 4. Estabilidade do ISTD no período de mais de oito horas de medição de águas residuais. As linhas pontilhadas vermelhas mostram os limites de controle de  $\pm 20\%$ .

## Conclusão

O desempenho analítico do ICP-MS Agilent 7900 equipado com o diluidor automático Agilent ADS 2 foi avaliado quanto à precisão da calibração, recuperação de elementos certificados em dois CRM de águas residuais e um teste de matriz fortificada de águas residuais reais.

A calibração automática do ADS 2 demonstrou excelente linearidade em todo o conjunto elemental. Após a diluição reativa realizada por ADS 2, os resultados quantitativos para os dois CRM de águas residuais e para a amostra de águas residuais fortificada atenderam aos critérios aceitáveis para recuperações estabelecidos pelo método EPA. Os testes de recuperação confirmaram a precisão do método ICP-MS 7900 e as capacidades de diluição inteligente do sistema ADS 2.

A robustez e a reprodutibilidade do método de diluição automática ao longo de mais de oito horas de medições contínuas foram demonstradas pelas recuperações das CCV e dos ISTD dentro dos limites especificados no método EPA 6020.

O sistema totalmente integrado de diluição automática ICP-MS Agilent oferece aos laboratórios um protocolo automatizado rápido, inteligente e durável para a análise diária de vários tipos de amostras. Automatizando algumas tarefas que exigem o uso intensivo de mão-de-obra, como preparação de padrões de calibração, diluição da amostra e diluição de amostras acima da faixa, os laboratórios podem reduzir os tempos de processamento de amostras e obter ganhos de produtividade a longo prazo.

## Referências

1. Agilent Advanced Dilution System (ADS 2) – Technical overview, Agilent publication, [5994-7211EN](#)
2. EPA Method 200.8 Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, Revision 5.4, EMMC Version, acesso em janeiro de 2024, [EPA Method 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry | US EPA](#)
3. EPA Method 6020B Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS), Revision 2, July 2014, acesso em janeiro de 2024, [EPA Method 6020B \(SW-846\): Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry | US EPA](#)

## Informações relacionadas

Yamashita, R., Automated Analysis of Low-to-High Matrix Environmental Samples Using a Single ICP-MS Method, Agilent publication, [5994-7114EN](#)

Riles, P., Productive Analysis of High Matrix Samples using ICP-MS with Advanced Dilution System, Agilent publication, [5994-7232EN](#)

## Lista de consumíveis

Tipo de produto	Part number Agilent	Descrição
Loop de amostra para AVS MS/ADS 2	5005-0425	1,50 mL ID de 1,00 mm 1/pcte
Kits de frascos	5005-0435	Kit de frasco de diluente/sol. transportadora 6 L, inclui uma vasilha de 6 L, uma tampa StaySafe GL45, conexões e válvula de quebra de vácuo
	5005-0436	Kit de frasco de PFA de 2 L de diluente para ICP-MS, inclui um frasco de PFA de 2 L, uma tampa StaySafe GL45, conexões e válvula de quebra de vácuo
	5005-0437	Kit de recipiente de resíduos, inclui um recipiente de resíduos de 10 L, tampa StaySafe S60, conexões e filtro de vapor ácido
Kit de tubulação para AVS MS	G8411-68202	Kit pré-configurado para AVS MS
Kits de tubulação para ADS 2	5005-0106	Kit de tubulação para ADS 2, configuração com válvula C, 2/pcte
	5005-0107	Kit de tubulação para ADS 2, válvula C - bomba AVS MS, 1/pcte
	5005-0182	Kit de tubulação para ADS 2, válvula C - válvula AVS MS, 1/pcte
	5005-0102	Kit de tubulação para ADS 2, configuração com válvula B, 4/pcte
	5005-0103	Kit de tubulação para ADS 2, válvula A - válvula C, 1/pcte
	5005-0105	Kit de tubulação para ADS 2, sol. transportadora/diluente, 2/pcte
	G8457-68004	Kit de tubulação para ADS 2, válvula A - válvula AVS MS, 1/pcte

[www.agilent.com/chem/7900icpms](http://www.agilent.com/chem/7900icpms)

DE26776971

Essas informações estão sujeitas a alterações sem aviso prévio.