



Balanço Iônico

Validação da qualidade de dados para metais e ânions presentes em águas

Por João Paulo Ferreira e Fabiana Imagawa
Traduzido e adaptado do EnviroMail 36 Canadá



Imagem 1. Captação de água - Tratamento.

Todas as substâncias possuem propriedades intrínsecas. Uma das propriedades da água é a sua neutralidade elétrica. Em um primeiro momento, podemos pensar que a água conduz eletricidade. Isso é verdade quando temos íons dissolvidos, porém a água pura é neutra eletricamente. Essa característica permite comparações entre amostras e as quantidades presentes de íons dissolvidos atrelados a condutividade. Essa relação é uma poderosa ferramenta de aplicação para garantia de qualidade e de validação, permitindo analisar e comparar dados entre ensaios.

Balanço Iônico: O que é e como podemos utilizá-lo?

O Balanço Iônico (BI) é uma ferramenta de cálculo que pode ser utilizada na análise de águas naturais, como águas superficiais, subterrâneas e águas residuais. Baseia-se no princípio de que toda a água pura é eletricamente neutra e naturalmente com a presença de íons dissolvidos, apresentam uma relação específica entre as cargas positivas (cátions) e as cargas negativas (ânions) dissolvidas em sua composição.

Para compararmos as cargas aniônicas e catiônicas, as concentrações dos íons quantificados são convertidas em miliequivalentes por litro (meq/L) dividindo-se as concentrações

medidas em mg/L pela massa molar equivalente de cada íon (massa molar dividida pela carga iônica da espécie mais comum). Ferro e Manganês são considerados com carga +2, pois as espécies ferrosas e manganosas são suas formas primárias solúveis em água. As concentrações de íons carregados positivamente são somadas, obtendo-se uma **Soma de Cátions**, e os íons carregados negativamente são somados para obter-se uma **Soma de Ânions**. Cálcio, Magnésio, Sódio e Potássio são normalmente os principais cátions presentes na maioria das águas naturais.

Alcalinidade Total (como CaCO₃), Sulfato e Cloreto representam os principais ânions em águas naturais. Importante ressaltar que a **Alcalinidade Total** é

um teste de titulação e que permite a inclusão de 3 ânions, Bicarbonato (HCO_3^-), Carbonato (CO_3^{2-}), Hidróxido (OH^-).

Convenções para o Balanço Iônico

O método 1030 da APHA é utilizado para estabelecer uma convenção comum nos setores industriais. O balanço Iônico é calculado da seguinte forma:

$$\text{BI}(\%) = \frac{(\text{Soma de Cátions} - \text{Soma de Ânions}) \times 100}{\text{Soma de Cátions} + \text{Soma de ânions}}$$

Componentes primários para soma de cátions	Componentes primários para soma de ânions
Cálcio	Alcalinidade Total
Magnésio	Sulfato
Sódio	Cloreto
Potássio	
pH (H^+)	
Cátions Opcionais	Ânios Opcionais
Amônia	Fluoreto
Alumínio	Nitrato
Cobre	Nitrito
Ferro	
Manganês	
Zinco	

Para águas potáveis, os resultados dos testes de ânions e cátions são geralmente considerados balanceados se o Balanço "Cátion – Ânion" estiver entre -5% e +5%. Esse percentual de aceitação é uma ferramenta para avaliação dos resultados que pode mudar dependendo da matriz analisada, dos objetivos de cada projeto e das referências utilizadas.

Aparentes causas para o desequilíbrio no balanço iônico em águas

As principais razões da avaliação do Balanço Iônico são quando queremos validar a qualidade dos resultados dos testes de ânions e cátions em águas (para identificar possíveis anomalias da



Imagem 2. Ensaio para metais - Colorimétrico.

amostragem ou da análise laboratorial) e identificar onde os analitos não testados podem estar presentes, contribuindo significativamente para a composição iônica. Os laboratórios usam essas avaliações para sinalizar resultados de testes sob revisões ou confirmações adicionais de qualidade. Nesse aspecto, a avaliação pode ajudar a identificar problemas raros, como mistura de amostras, erros de rotulagem (seja por amostragem de campo ou erros de laboratório), erros de diluição ou mesmo de cálculo. Clientes podem se utilizar dos resultados dos testes e de BI para avaliar se testes adicionais são necessários na busca de substâncias de interesse.

Um equívoco comum é considerar que valores de Balanço Iônico fora da faixa esperada ou ideal, são inaceitáveis e que indicam erros por parte do laboratório. Existem muitas razões para o desequilíbrio nas concentrações iônicas medidas, muitas das quais não podem ser resolvidas (exceto, às vezes, por nova amostragem ou por testes adicionais). Podemos citar:

- **Ânions ou Cátions Não Medidos:** Uma causa comum do aparente desequilíbrio são os constituintes iônicos não medidos (ou não considerados). Apenas os ânions e cátions mais comuns são

considerados nos cálculos do Balanço Iônico. Concentrações significativas de outros ions não quantificados causarão um desvio em relação as faixas.

Recomenda-se a análise de todos os ânions e cátions primários e opcionais listados na Tabela 1. Porém, em algumas amostras, outros ions também podem estar presentes em níveis significativos, como lítio ou estrôncio - comuns em águas subterrâneas em algumas partes do mundo.

- **Filtragem Tardia e/ou Mudanças na Amostra ao Longo do Tempo:** Amostras de água para análise de metais dissolvidos devem ser filtradas em campo e preservadas com ácido. Isso visa garantir que os resultados dos testes de cátions representem as condições no momento da amostragem. Se a filtragem de campo não for realizada, as concentrações de metais podem estar subestimadas e o cálculo do Balanço Iônico não pode ser confiável, especialmente para águas anóxicas, onde o ferro e o manganês dissolvidos tendem a precipitar como hidróxidos após a exposição ao ar. Os ânions são testados o mais

rápido possível em amostras não preservadas, mas em algumas amostras (por exemplo, águas anóxicas), as concentrações ainda podem mudar entre a coleta e a análise. Se as amostras mudam ao longo do tempo, as primeiras quantificações são normalmente mais válidas.

- **Sólidos Suspensos / Turbidez:** Altas concentrações de **Sólidos Suspensos Totais (SST)** ou **turbidez**, frequentemente causam desvios de quantificação. Uma causa comum é quando os sólidos suspensos afetam a Alcalinidade, (aumentando a Soma de Ânions). Por outro lado, não afetam as medições de cátions dissolvidos.
- **Altas concentrações de TOC/DOC:** Amostras com altos níveis de Carbono Orgânico Total ou Dissolvido, podem conter ânions orgânicos (por exemplo, ácidos fúlvicos) que não estão incluídos nas avaliações do Balanço Iônico.
- **Uso de Metais Totais ao invés de Dissolvidos:** O Balanço Iônico avaliar apenas substâncias dissolvidas. No entanto, clientes podem solicitar que o Balanço Iônico seja calculado usando resultados de Metais Totais, especialmente para águas potáveis, onde os resultados de **Metais Dissolvidos** podem não estar disponíveis. As medidas de Balanço Iônico a partir da quantificação de **Metais Totais** são úteis para águas potáveis prístinas, mas as Somas de Cátions podem estar superestimadas em amostras com turbidez ou sólidos suspensos.
- **Diferenças na Coleta de Campo:** Os principais cátions (metais) e ânions são coletados em frascos de independentes. Divergências na coleta dessas amostras podem impactar nas quantificações e no



Imagem 3. Amostragem para água superficial

valor do Balanço Iônico.

- **Amostras com Baixa Força Iônica:** Amostras com baixa força iônica podem apresentar resultados de testes próximos ou abaixo dos limites de detecção para alguns metais ou ânions. Isso aumenta a incerteza do Balanço Iônico em porcentagem. Quando a Soma de Cátions ou a Soma de Ânions for menor que 2 meq/L, recomenda-se que a sua diferença absoluta seja menor que **0,4 meq/L** para águas ambientais gerais, ou menor que **0,2 meq/L** para águas potáveis (a menos que influenciada pelos fatores destacados anteriormente).

Avaliação de resultados com desvios (desequilíbrio)

Quando o Balanço Iônico fica fora dos limites usuais, deve-se investigar os resultados dos testes associados. Isso pode incluir revisões de dados brutos e cálculos, inspeções físicas da amostra e reanálises sempre que possível. Se nenhum erro ou anomalia for encontrado, os resultados do Balanço Iônico fora dos limites normais são qualificados para garantir que os resultados dos testes associados tenham sido completamente investigados.

A Condutividade Elétrica (CE) permite identificar se o desequilíbrio aparente é devido, provavelmente, a vieses ou erros nas medições de cátions ou ânions.

Podemos dividir os resultados de condutividade (em $\mu\text{S}/\text{cm}$) por 100, obtendo assim estimativas da Soma de Cátions e da Soma de Ânions em meq/L a partir da CE. A CE é uma medida direta da força iônica (no momento do teste) e é menos afetada pela presença de sólidos suspensos totais (SST), turbidez ou efeitos de matriz da amostra.

Não se pode garantir que as medições do Balanço Iônico sempre estejam dentro de qualquer intervalo predefinido.

Os resultados originais dos testes que passaram por todas as verificações de controle de qualidade associadas, só podem ser revisados com evidências defensáveis de que os novos resultados são mais precisos do que os iniciais.

Balanço iônico na ALS Brasil

Caso queira adicionar o Balanço Iônico aos laudos dos ensaios adquiridos, entre em contato com o setor de vendas ou com o atendimento ao cliente.

Para melhores resultados, a ALS recomenda que a realização dos ensaios para quantificação de todos



os fons primários e opcionais indicados anteriormente.

Referências e Imagens

1. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/water-quality>
2. EPA - Water Quality Science <https://www.epa.gov/waterdata/water-quality-data>
3. APHA Standard Methods 1030E, Checking Correctness of Analyses, Standard Methods for the Examination of Wastewater, APHA/AWWA/WEF, July 2021.
4. Friedman, Linda C., Quality Assurance Practices for the Chemical and Biological Analyses of Water and Fluvial Sediments (Techniques of WaterResources Investigations of the Unites States Geological Survey, book 5, Laboratory Analysis, chapter A6), 1982.

UNIDADES DE ANÁLISES AMBIENTAIS

São Paulo

Rua Galatéia, 1824
São Paulo
+55 11 4082-4300

Rio de Janeiro

Rua General Argolo, 45
Rio de Janeiro
+55 21 3845-0629

Minas Gerais

Rua Clemente Aníbal Branco, 185
Contagem
+55 31 3045-8400

Bahia

Av. Santos Dumont, 7595
Lauro de Freitas
+55 71 3418-2555

Para mais informações sobre estes e outros diversos parâmetros analisados em nossas unidades ambientais, entre em contato com **Fabiana Imagawa**, a Gerente Técnica da ALS Ambiental para a América Latina.

 fabiana.imagawa@alsglobal.com

A ALS fornece uma ampla gama de serviços de testes especializados que abrangem todas as etapas do ciclo de vida do seu projeto. Visite o site alsglobal.com para obter mais informações sobre nossos serviços e especialidades.

ALS right solutions. right partner. © Copyright 2024 ALS Limited. All rights reserved.

alsglobal.com