

INTERPRETAÇÃO DA GASOMETRIA ARTERIAL

FERNANDES, Enderson; FERREIRA, Ingridy Maria Oliveira;
GONÇALVES, Aline Belle Moraes.

Orientadores: Dra. Arissane de Sousa Falcão e Dra. Carla Lopes Teixeira Gomes

Filiação: Faculdade de Medicina de Açaílândia - FAMEAC IDOMED

Ligas: Liga Acadêmica de Medicina e Saúde da Família (LAMEF) e Liga Acadêmica de Urgência e Emergência (LAUEM)

Palavras-chave: Gasometria; Sangue; Gases.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Gasometria: O Que É e Como É Feita?

A gasometria é um exame de sangue que analisa os gases presentes; a distribuição desses gases; o pH e o equilíbrio ácido-base no sangue. Para realizá-lo, é feita a coleta de sangue arterial e utilizado um aparelho chamado gasômetro, que mede o pH e os gases sanguíneos, como a pressão parcial do oxigênio e do gás carbônico.

Tabela 85.1 Principais parâmetros observados na gasometria

PARÂMETRO	DISCRIMINAÇÃO	VALORES DE REFERÊNCIA
pH	Concentração de H^+ em no sangue	7,35 a 7,45
pCO ₂	Pressão parcial de CO ₂ no sangue, em mmHg. Correlaciona-se diretamente com a ventilação alveolar	35 a 45 mmHg
HCO ₃ ⁻	O bicarbonato é o principal tampão do nosso organismo	22 – 26 mEq/L
pO ₂	Pressão parcial de O ₂ no sangue, em mmHg	> 80mmHg
Base Excess	Um <i>base excess</i> muito negativo representa uma sobrecarga de ácidos. Por outro lado, um <i>base excess</i> muito positivo reflete a presença, como o próprio nome sugere, de excesso de bases	-2 a +2 mEq/L

Além desses parâmetros, outros elementos, como sódio, cálcio iônico, potássio e cloreto, podem ser observados. Quando esses eletrólitos estão fora das taxas adequadas, chamamos de distúrbio hidroeletrólítico.

1.2 Conceitos Importantes

Para entender os distúrbios acidobásicos é essencial se apropriar de alguns conceitos fundamentais:

Tabela 85.2 Conceitos fundamentais sobre o equilíbrio acidobásico

CONCEITOS FUNDAMENTAIS SOBRE O EQUILÍBRIO ACIDOBÁSICO	
Acidemia	Acúmulo excessivo de íons de hidrogênio (H^+) fora das células. Laboratorialmente, quando o pH < 7,35
Alcalemia	Diminuição de íons de hidrogênio (H^+) fora das células. Laboratorialmente, quando o pH > 7,45
Acidose	Processo metabólico, caracterizado pela diminuição dos níveis de HCO_3^- ou um processo respiratório, que resulta no aumento do pCO_2
Alcalose	Processo metabólico, caracterizado pelo aumento dos níveis de HCO_3^- ou um processo respiratório, que resulta na redução do pCO_2

Sempre que ocorrer uma diminuição do pH sanguíneo (acidemia) é necessário que haja um distúrbio ácido (acidose) que pode ser metabólica ou respiratória. Da mesma forma, quando ocorre um aumento do pH sanguíneo (alcalemia) é indicativo da presença de um distúrbio alcalótico, que também pode ser metabólico ou respiratório.

No entanto, o oposto não é necessariamente verdadeiro. Em alguns casos, uma análise dos gases sanguíneos pode mostrar um distúrbio misto que contraria essa relação, resultando em um pH dentro da faixa normal.

2. CLASSIFICAÇÃO DOS DISTÚRBIOS ACIDOBÁSICOS

Os distúrbios acidobásicos são classificados em três tipos:

- **Primários** – quando o seu surgimento leva à alteração inicial do pH
- **Secundários** – quando a alteração do HCO_3^- ou do pCO_2 ocorre de forma secundária para compensar a fim de diminuir as alterações do pH
- **Mistos** – quando existe uma associação de distúrbios primários

Quanto a sua natureza, os distúrbios podem ser nomeados em:

- Acidose metabólica
- Acidose respiratória
- Alcalose metabólica
- Alcalose respiratória

2.1 Por que Ocorrem Esses Distúrbios?

No plasma sanguíneo, o sistema tampão bicarbonato - CO_2 é responsável por regular o pH e evitar grandes variações. O pH é a relação entre o bicarbonato e o dióxido de carbono. Quando o bicarbonato aumenta, o pH também aumenta, tornando o meio mais básico. Por outro lado, quando a pressão parcial do gás carbônico aumenta, o pH diminui, tornando o meio mais ácido. Isso afeta diretamente o equilíbrio químico.

O equilíbrio químico é influenciado pelas funções metabólicas (exercidas pelos rins) e pela função respiratória (exercida pelos pulmões). Se um lado está alterado, o outro também será afetado. Por exemplo, a compensação respiratória de um distúrbio metabólico é imediata e leva à hipoventilação ou hiperventilação. Já a compensação metabólica de um distúrbio respiratório pode levar até três dias para ocorrer.

3. RESPOSTA COMPENSATÓRIA OU SECUNDÁRIA

Uma resposta secundária é uma tentativa dos rins ou dos pulmões de corrigir um desequilíbrio no pH para que as células funcionem corretamente. Sempre que ocorre um problema no equilíbrio ácido-base, uma resposta secundária é ativada em diferentes graus de intensidade. Se o desequilíbrio é metabólico, os pulmões iniciam uma resposta respiratória. Por outro lado, se o desequilíbrio é respiratório, os rins iniciam uma resposta metabólica.

É importante lembrar que as respostas respiratórias são rápidas e quase imediatas. Já as respostas metabólicas são mais lentas e levam cerca de 3 a 5 dias para atingirem o máximo de correção.

4. EQUAÇÃO DE HENDERSON-HASSELBALCH

É possível compreender a dependência do pH por meio da equação de Henderson-Hasselbalch, aplicada à fisiologia humana. Essa equação é utilizada para prever variações no pH à medida que as concentrações de HCO_3^- ou CO_2 são alteradas.

Em outras palavras a Equação de Henderson-Hasselbalch representa a relação entre o pH e as concentrações de CO_2 e o bicarbonato:

$$\text{pH} = 6,1 + (\text{HCO}_3^-) / (0,03 \times \text{pCO}_2)$$

Quando o bicarbonato diminui, o corpo naturalmente reduz a pCO_2 para evitar que o pH caia muito. Isso também acontece quando há mudanças nos níveis de pCO_2 e/ou bicarbonato, tanto para aumento quanto para queda.

A resposta secundária ajusta a pCO_2 ou o bicarbonato na mesma direção em que ocorreu a alteração do distúrbio primário.

Tabela 85.3 Direção das respostas secundárias

DISTÚRPIO PRIMÁRIO	EVENTO PRIMÁRIO	pH	DIREÇÃO DA RESPOSTA
Acidose Metabólica	↓ HCO_3^-	↓	↓ pCO_2
Alcalose Metabólica	↑ HCO_3^-	↑	↑ pCO_2
Acidose Respiratória	↑ pCO_2	↓	↑ HCO_3^-
Alcalose Respiratória	↓ pCO_2	↑	↓ HCO_3^-

Acidose Respiratória Aguda: $\Delta \uparrow 10\text{mmHg}$ na $p\text{CO}_2 = \Delta \uparrow 1\text{mEq/L HCO}_3^-$
Acidose Respiratória Crônica: $\Delta \uparrow 10\text{mmHg}$ na $p\text{CO}_2 = \Delta \uparrow 4\text{mEq/L HCO}_3^-$

5. ACIDEMIA EM 4 PASSOS

5.1 Primeiro Passo: Verifique o pH

Para identificar uma acidemia, verifique sempre o valor do pH na análise dos gases sanguíneos. Ele deve estar abaixo de 7,35.

5.2 Segundo Passo: Encontrar o Distúrbio Primário

Uma acidemia ocorre apenas quando há uma acidose presente, seja ela respiratória ou metabólica.

Após confirmar um pH inferior a 7,35, verifique se o bicarbonato está abaixo de 22mEq/L (acidose metabólica) ou se a $p\text{CO}_2$ está acima de 45mmHg (acidose respiratória).

Se houver tanto uma redução no bicarbonato quanto um aumento na $p\text{CO}_2$, o diagnóstico de acidose mista pode ser feito.

5.3 Terceiro Passo: Avaliar Se Existe Resposta Compensatória

Na acidose metabólica, espera-se uma resposta compensatória em que ocorra um aumento da ventilação nos alvéolos dos pulmões, na tentativa de eliminar o dióxido de carbono (CO_2) e diminuir a queda do pH. Essa resposta pode ser avaliada matematicamente pelo cálculo do valor desejável da pressão parcial de CO_2 ($p\text{CO}_2$).

Para isso, deve-se utilizar a fórmula de Winter:

$$p\text{CO}_2 \text{ desejável} = [(1,5 \times \text{HCO}_3^-) + 8] \pm 2\text{mmHg}$$

Nas acidoses respiratórias, o corpo responde aumentando a reabsorção de bicarbonato no túbulo proximal dos rins. Portanto, é necessário calcular o valor desejável de bicarbonato para a variação específica de $p\text{CO}_2$. Além disso, é importante identificar se a alteração respiratória é aguda ou crônica, uma vez que a compensação renal (retenção de bicarbonato) leva cerca de 3 a 5 dias para ocorrer.

Acidose respiratória aguda: $\Delta \uparrow 10\text{mmHg}$ na $p\text{CO}_2 = \Delta \uparrow 1\text{mEq/L HCO}_3^-$
Acidose respiratória crônica: $\Delta \uparrow 10\text{mmHg}$ na $p\text{CO}_2 = \Delta \uparrow 4\text{mEq/L HCO}_3^-$

5.4 Quarto Passo: Calcular o Ânion Gap Sérico

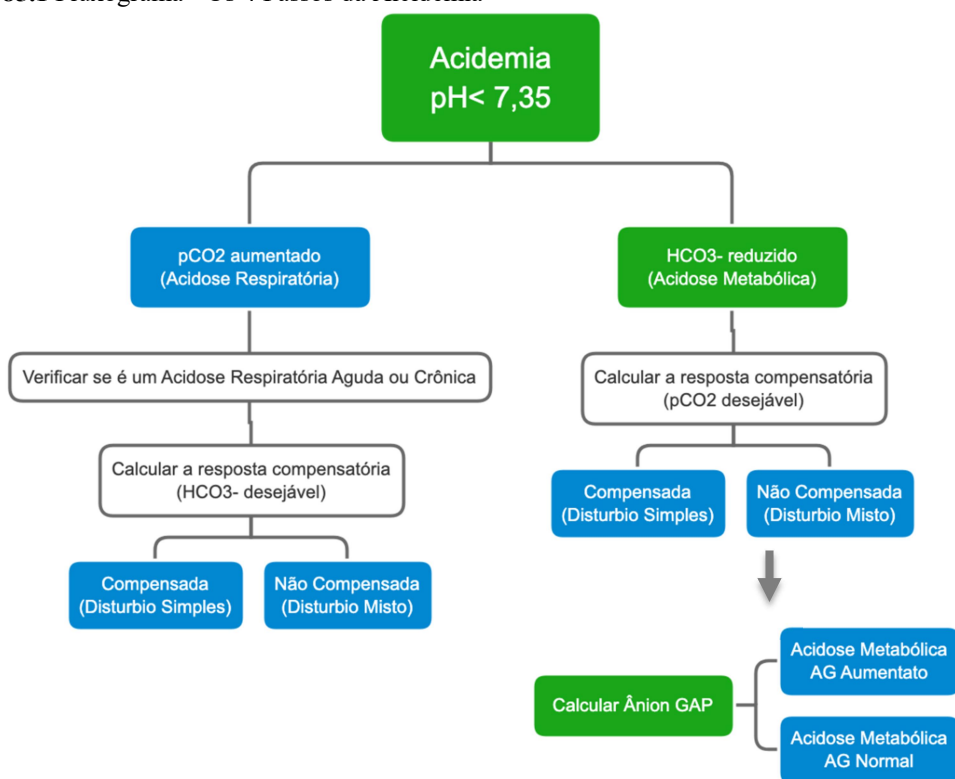
O ânion gap (AG) desempenha um papel importante na diferenciação das acidoses metabólicas em dois grupos principais: acidose metabólica com ânion gap aumentado e acidose metabólica com ânion gap normal ou hiperclorêmica.

$$\text{Ânion Gap} = \text{Sódio} - (\text{Cloreto} + \text{Bicarbonato})$$

Valor Normal: 8 a 12mEq/L

De forma didática segue fluxo abaixo:

Figura 85.1 Fluxograma - Os 4 Passos da Alcidemia



6. ALCALEMIA EM 4 PASSOS

6.1 Primeiro Passo: Verifique o pH

No caso de pacientes com alcalose, o pH medido na análise dos gases sanguíneos será maior que 7,45.

6.2 Segundo Passo: Encontrar o Distúrbio Primário

A alcalemia ocorre devido à presença de uma alcalose, que pode ser metabólica ou respiratória. Para identificar a alcalose em uma análise dos gases sanguíneos, procure

um valor de bicarbonato maior que 26mEq/L (alcalose metabólica) ou uma pCO₂ menor que 35mmHg (alcalose respiratória).

6.3 Terceiro Passo: Avaliar Se Existe Resposta Compensatória

Quando ocorre uma alcalose metabólica, os pulmões respondem compensatoriamente reduzindo a frequência respiratória. Isso é feito para reter o CO₂ e evitar um aumento repentino do pH.

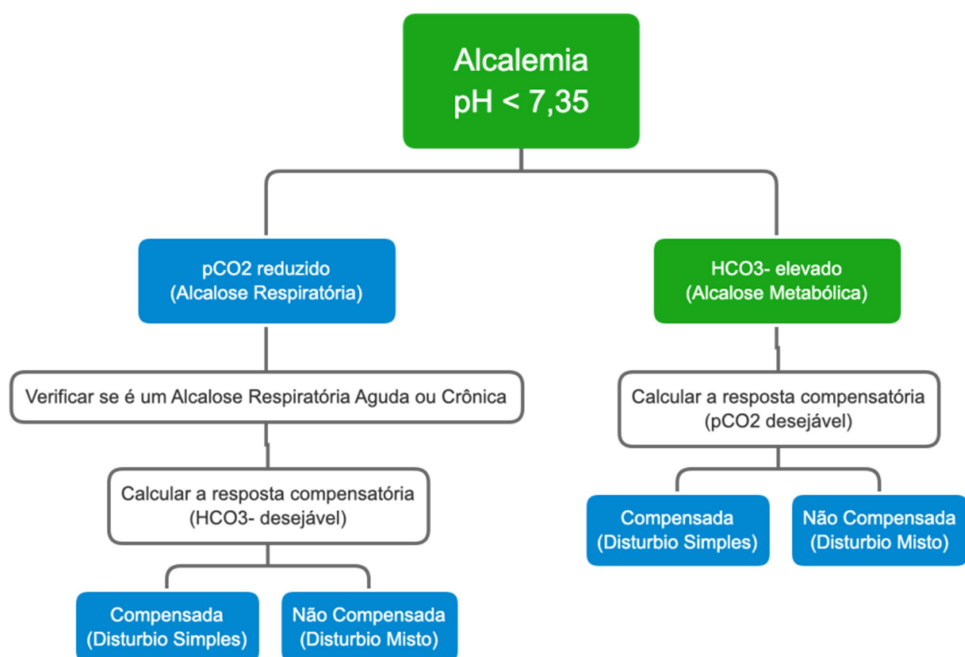
$$pCO_2 \text{ esperada na alcalose metabólica} = HCO_3^- + 15$$

Quando ocorre uma alcalose respiratória, é importante identificar se o distúrbio é agudo ou crônico. Nos casos de alcalose respiratória, os rins respondem compensatoriamente reduzindo a reabsorção de bicarbonato no túbulo proximal, promovendo a eliminação do bicarbonato na urina. É importante destacar que, em casos agudos, a variação esperada no bicarbonato é menor em comparação com casos crônicos.

Alcalose Respiratória Aguda: $\Delta \downarrow 10\text{mmHg}$ na pCO₂ = $\Delta \downarrow 2\text{mEq/L}$ HCO₃⁻
Alcalose Respiratória Crônica: $\Delta \downarrow 10\text{mmHg}$ na pCO₂ = $\Delta \downarrow 5\text{mEq/L}$ HCO₃⁻

De forma didática segue fluxo abaixo:

Figura 85.2 Fluxograma - Os 4 Passos da Alcalemia



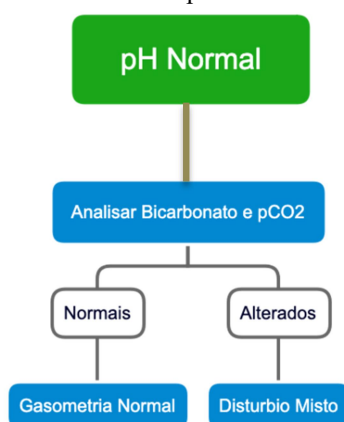
7. GASOMETRIA ARTERIAL COM PH NORMAL

Ao analisar um exame de gases sanguíneos com pH dentro da faixa normal, é importante considerar duas possibilidades (conforme Figura 85.3, abaixo).

Na primeira situação, se os níveis de $p\text{CO}_2$ e HCO_3^- estiverem dentro dos valores normais, significa que o exame está dentro dos padrões esperados.

A segunda possibilidade é mais desafiadora, pois pode indicar um distúrbio misto. Nesse caso, é necessário verificar se tanto os valores de $p\text{CO}_2$ quanto os de HCO_3^- estão aumentados ou reduzidos. Essa combinação indica a presença de um distúrbio misto.

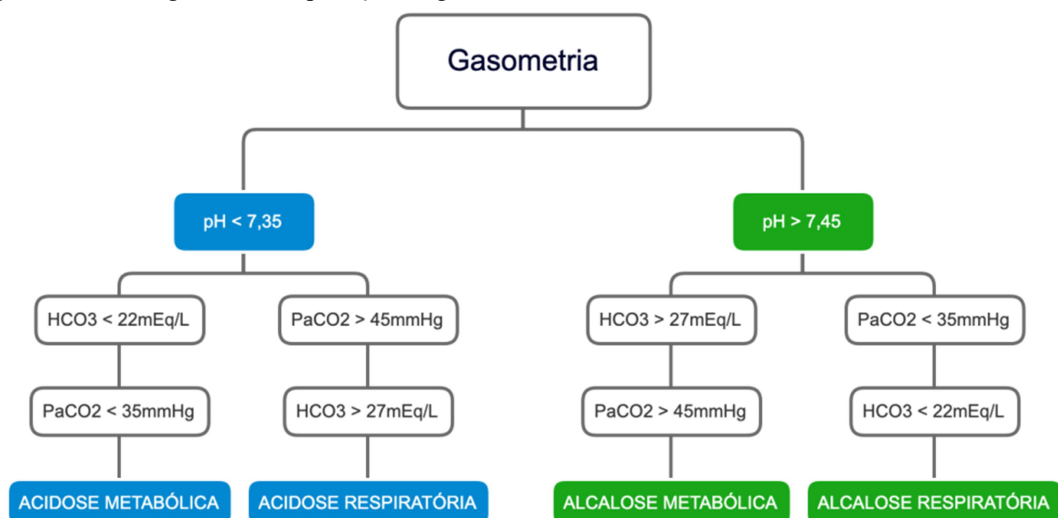
Figura 85.3 Fluxograma - Gasometria arterial com pH normal



8. INTERPRETAÇÃO DA GASOMETRIA ARTERIAL

De forma geral, a interpretação da gasometria arterial segue da forma representada abaixo:

Figura 85.4 Fluxograma - Interpretação da gasometria arterial



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADROGUÉ, HJ; MADIAS, NE. Secondary responses to altered acid-base status: the rules of engagement. *J Am Soc Nephrol* 2010; 21:920.
2. BEREND, Kenrick. "Diagnostic use of base excess in acid–base disorders." *New England Journal of Medicine* 378.15 (2018): 1419-1428.
3. EMMETT, Michael. "Metabolic Alkalosis: A Brief Pathophysiologic Review." *Clinical Journal of the American Society of Nephrology* 15.12 (2020): 1848-1856.
4. FEEHALLY, J., FLOEGE, J., TONELLI, M. and JOHNSON, R., 2019. *Comprehensive Clinical Nephrology*.
5. JUNG, Boris, *et al.* "Diagnosis and management of metabolic acidosis: guidelines from a French expert panel." *Annals of intensive care* 9.1 (2019): 1-17.
6. MALATESHA G, SINGH NK, BHARIJA A, *et al.* Comparison of arterial and venous pH, bicarbonate, pCO₂ and PO₂ in initial emergency department assessment. *Emerg Med J* 2007; 24:569.
7. MOURA, L. R. R.; ALVES, M. A. R.; SANTOS, D. R.; PECOITS FILHO, R. *Tratado de Nefrologia* - 2018
8. RIELLA, Miguel Carlos. "Princípios de nefrologia e distúrbios hidroeletrólíticos." *Princípios de nefrologia e distúrbios hidroeletrólíticos*. 2018.