# Comentário sobre os Paradoxos de Zenão

## Aristóteles de Estagira (384 - 322 a.C.)


Detalhe do afresco *A Escola de Atenas,* de Rafaello Sanzio (1509).

Trecho extraído da *Física* (significando *O Estudo da Natureza*), de Aristóteles. Escrito em torno de 350 a.C., sendo que o livro VIII foi escrito em separado. Zenão de Eléia viveu c. 490-430 a.C. Baseado na tradução inglesa de R. Waterfield, Oxford U. Press, 1996, pp. 142-6, 161-2, 219-20. Há traduções para o inglês disponíveis na internet. Seleção de trechos, títulos das seções e tradução do inglês feitos para o curso de Filosofia da Física (FLF0472), USP, por Osvaldo Pessoa Jr., 2º semestre de 2009.

**Distância e tempo são contínuos** (VI.2, 232b20-b27, 233a13-a20)

Dado que toda mudança ocorre no tempo, e não há tempo em que uma mudança não possa ocorrer, e dado que qualquer objeto mutante pode mudar mais rapidamente ou mais lentamente, então não há tempo em que não possa ocorrer uma mudança mais rápida ou mais lenta. Segue-se necessariamente destes fatos que também o tempo [além da distância] deve ser contínuo. Por "continuidade" refiro-me àquilo que é divisível em partes que, por sua vez, são sempre divisíveis. Se aceitarmos essa definição de continuidade, segue-se necessariamente que o tempo é contínuo. Pois, conforme já demonstramos, um objeto mais rápido leva menos tempo para cobrir uma mesma distância. [...]

Podemos também mostrar que a continuidade da distância segue-se da continuidade do tempo, considerando as coisas que normalmente falamos sobre eles, já que leva metade do tempo para cobrir metade da distância, e geralmente menos tempo para cobrir uma distância menor; tanto o tempo quanto a distância estão sujeitos às mesmas divisões. E se qualquer um deles for infinito, o outro também o será. E a maneira em que um deles é infinito será também a maneira em que o outro o será. Por exemplo [considerando um corpo em movimento retilíneo uniforme], se o tempo tem extensão infinita, a distância também o terá; se o tempo é infinitamente divisível, a distância também o será; e se o tempo é infinito nesses dois aspectos, a distância também o será.

**Zenão errou, pois há infinitos instantes em uma duração finita** (VI.2, 233a21-31)

É por isso que o argumento de Zenão [a Dicotomia] parte de uma suposição falsa, de que é impossível cobrir o que é infinito ou entrar em contato com um número infinito de coisas, uma a uma, em um tempo finito. O ponto é que há duas maneiras pelas quais a distância e o tempo, e em geral qualquer contínuo, são descritos como infinitos: eles podem ser infinitamente divisíveis ou infinito em extensão. Assim, mesmo sendo impossível num tempo finito entrar em contato com coisas que são infinitas em quantidade, é possível fazer isso com coisas que são infinitamente divisíveis, já que o tempo também é infinito dessa maneira. Portanto, a conclusão é que leva tempo infinito, e não finito, para cobrir uma distância infinita, e leva um número infinito de agoras, e não um número finito, para se entrar em contato com um número infinito de coisas.

É assim impossível cobrir uma distância infinita em um tempo finito, e é também impossível cobrir uma extensão finita em um tempo infinito.

**O “agora” é indivisível, portanto nada se move no agora**
(VI.2, 233b31-2; VI.3, 233b33-234a4, 234a24-33, 234b8-9)

Está claro, então, que não há algo como um contínuo que não seja divisível em partes.

[No entanto,] o agora, em seu sentido primário, deve ser indivisível. Este é o tipo de agora que ocorre em qualquer e toda duração de tempo, que é o limite do passado, pois não há nada do futuro deste lado, e também o limite do futuro, pois não há nada do passado deste outro lado. Dizemos então que é um mesmo limite de ambos. E a demonstração de que há tal limite, de que o limite do passado é o mesmo que o limite do futuro, seria simultaneamente a demonstração de sua indivisibilidade. [...]

As seguintes considerações mostrarão que nada se move no agora. Se fosse possível para algo se mover no agora, poderia haver nele tanto movimento mais rápido quanto mais lento. Seja N o agora, e seja AB a distância que o objeto mais rápido percorreu. No mesmo agora, então, o objeto mais lento terá coberto uma distância menor do que AB, que chamamos AC. Mas dado que o movimento do objeto mais lento dura todo o agora para percorrer AC, o objeto mais rápido levaria menos tempo para cobrir AC, e conseqüentemente o agora seria dividido. Mas vimos que o agora é indivisível. Portanto, é impossível haver movimento no agora.

Também é impossível haver repouso no agora. Pois falamos de repouso somente no caso de algo cuja natureza seja mover, mas que não está se movendo. Assim, dado que não há nada cuja natureza seja mover no agora, obviamente também não há nada cuja natureza seja estar em repouso no agora. [...]

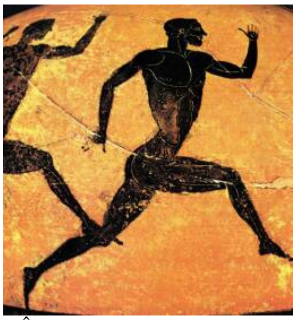
Segue-se necessariamente, portanto, que qualquer coisa em movimento e qualquer coisa em repouso estão em movimento e em repouso no tempo [e não no agora].

**Os quatro argumentos de Zenão sobre o movimento** (VI.9, 239b5-240a18)

O raciocínio de Zenão é inválido. Ele afirma que se é sempre verdadeiro que algo está em repouso quando está em oposição a algo igual a si mesmo [ou seja, quando ocupa uma distância que é igual ao seu comprimento], e se um objeto movente está sempre no agora, então uma flecha movente está em repouso. Mas isso é falso, porque o tempo não é composto de agora indivisíveis, e nem qualquer outra grandeza.

Zenão elaborou quatro argumentos sobre o movimento, que têm trazido dificuldades para as pessoas. O primeiro [a Dicotomia] é sobre um objeto movente que não se moveria, porque precisaria alcançar metade do caminho antes de chegar ao fim. Isso foi discutido anteriormente [em VI.2, 233a21-31].

O segundo é chamado “Aquiles”, e afirma que um corredor mais lento nunca será alcançado pelo corredor mais veloz, porque o que está atrás tem que primeiro alcançar o ponto no qual o que está na frente começou, de maneira que o mais lento sempre ficaria na frente. Este argumento, de fato, é igual à Dicotomia, com a diferença que a distância restante não é dividida por dois. Vimos que o argumento leva à conclusão de que o corredor mais lento não é alcançado, mas isso depende do mesmo ponto que a Dicotomia: em ambos os casos, a conclusão de que é impossível alcançar um limite é resultado de se dividir a distância de certa maneira. No entanto, o último argumento inclui, em seu relato, a característica adicional de que nem aquilo que é a coisa mais veloz do mundo pode sobrepujar a coisa mais lenta do mundo. A solução, portanto, deve ser a mesma em ambos os casos. É falsa a afirmação de que quem está na frente não pode ser alcançado. Ele não é alcançado enquanto continua na frente, mas ele é alcançado se Zenão admitir que o objeto movente pode percorrer uma distância finita.



Ânfora panatenaica (460 a.C.)
com corredores no estádio.

Isso resolve dois dos seus argumentos. O terceiro é o que mencionei acima [a Flecha, em 239b5-9], que afirma que uma flecha movente está parada. Essa conclusão depende da suposição de que o tempo é composto de "agoras", mas se essa suposição não é aceita, o argumento fracassa.

Seu quarto argumento é o que trata de corpos iguais em um Estádio [uma pista de corrida], corpos que se movem em sentidos opostos e passam um pelo outro. Um conjunto sai do fim do estádio, e o outro do meio, com a mesma rapidez. O resultado, de acordo com Zenão, é que metade de um certo tempo é igual ao dobro deste tempo. O erro em seu raciocínio está em supor que leva o mesmo tempo para um corpo movente passar por outro em movimento, com mesma rapidez e sentido oposto, quanto leva para o corpo movente passar por um corpo em repouso, onde todos os corpos têm o mesmo tamanho. Isso é falso. [Aristóteles parece ter entendido errado o argumento de Zenão.]

Por exemplo, sejam AA... os corpos estacionários, cada um do mesmo tamanho que o outro; sejam BB... os corpos, iguais em número e tamanho a AA..., que se movem a partir da metade do estádio; e sejam CC... os corpos, iguais em número e tamanho aos outros, que partem do fim do estádio e se movem com a mesma rapidez que BB... Segue-se que o primeiro B e o primeiro C, à medida que as duas fileiras passam uma em relação à outra, alcançarão o final da outra fileira no mesmo tempo. Apesar de o primeiro C passar todos os Bs, segue-se que o primeiro B passou metade do número dos As; e assim, afirma Zenão, o tempo transcorrido para o primeiro B é metade do tempo transcorrido para o primeiro C, considerando-se que em ambos os casos temos corpos iguais passando por corpos iguais, [...] e o primeiro C permanece o mesmo tempo ao lado de cada B quanto permanece ao lado de cada A, já que tanto os Cs quanto os Bs permanecem o mesmo tempo passando pelos As. De qualquer maneira, esse é o argumento de Zenão, mas suas conclusões dependem da falácia que mencionei.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | A | | | A | A |
| | | B | B | | B | B |
| C | C | | | | C | C |

**Duas respostas a se é possível passar por infinitos pontos** (VIII.8, 263a4-b8)

Devemos dar a mesma resposta para qualquer um que use o argumento de Zenão para perguntar se é sempre necessário primeiro cobrir metade da distância, apontando que há um número infinito de meia distâncias e que é impossível cobrir um número infinito de distâncias. Há também aqueles que apresentam o argumento de outra maneira, e afirmam que quando se está atravessando uma meia distância, é preciso contá-la antes de completá-la, e que é preciso fazer isso para cada meia distância sendo coberta, de maneira que cobrir a distância inteira envolveria ter que contar um número infinito, o que considerado impossível.

Pois bem, ao discutirmos [em VI.2, 233a21-31] o movimento e a mudança, resolvemos essas dificuldades levando em conta o fato de que o tempo contém em si um número infinito de partes. Afinal, não há nada de estranho em que alguém atravesse um número infinito de distâncias em um tempo infinito, e a infinitude é uma propriedade do tempo da mesma maneira que é uma propriedade da distância. Apesar de esta solução ser adequada como resposta à pergunta original, qual seja, se é possível atravessar ou contar infinitas coisas em um tempo finito, ela não serve de resposta para a questão relativa ao que de fato acontece. Pois se o nosso inquiridor fosse ignorar a distância, e ignorar a questão de se um número infinito de distâncias pode ser coberto em um tempo finito, e fizesse a pergunta apenas com respeito ao tempo, dado que o tempo é infinitamente divisível, a solução anterior não seria adequada. Teríamos, pelo contrário, de utilizar o relato verdadeiro que acabamos de apresentar, e dizer que qualquer um que divida uma linha contínua em duas metades está tratando o ponto único em que se dá a divisão como dois pontos, pois está tratando-o tanto como um ponto inicial quanto como um ponto final, e a contagem de metades não é diferente da divisão em metades. Mas fazer essas divisões equivale a destruir a continuidade do movimento, e também a linha, pois o movimento contínuo é um movimento sobre o contínuo, e apesar de haver infinitas metades em um contínuo, eles são potenciais, não atuais. Qualquer divisão atual põe um fim ao movimento contínuo e cria uma parada. É claramente isso o que acontece quando alguém conta metades sucessivas, pois ele inevitavelmente conta um mesmo ponto como sendo dois, dado que a consequência de se contar duas metades ao invés de uma linha contínua é que um único ponto passa a constituir o fim de uma metade e o começo da outra. Assim, a resposta que temos que dar para a questão de se é possível atravessar um número infinito de partes, sejam elas partes do tempo ou da distância, é que em um certo sentido isso é possível e em certo sentido não. Se elas existirem de maneira atual, isso é impossível, mas se elas existirem de maneira potencial, então é possível. Em outras palavras, qualquer um que esteja em movimento contínuo atravessa coincidentemente um número infinito de distâncias, mas isso não é feito sem qualificação; trata-se de uma propriedade coincidente [acidental] de uma linha que ela possui um número infinito de metades, mas isso não faz parte da essência de linha.