

«Per multum spatium in paucio tempore...»

INTRODUÇÃO: *

É uma tese original, mas necessária no programa da Filosofia da Física, particularmente na Cinemática, devido à estrutura da lei geral do movimento, decifrando-a como a sua coordenada fundamental (\vec{v}). Os Neo-escolásticos e os filósofos clássicos não tratam da fundamentação filosófica deste conceito da Cinemática, a «velocidade», ignorando a verdadeira natureza e estrutura do movimento.

Na Física Relativista, particularmente na Teoria da Relatividade Restrita, a velocidade da luz ($c=2,99795 \cdot 10^{10}$ cm/s) é o limite máximo de todas as velocidades, como dado absoluto e «constante». Por esta razão, surge nesta teoria como um dos axiomas, a isotropia e constância da velocidade da luz. Na Relatividade Generalizada é apresentada no grupo das «constantes cósmicas».

Abstraindo das outras duas notas constitutivas do movimento, qual será a natureza da dimensão ou grandeza vectorial \vec{v} ? Trata-se de uma variável abstracta!... — Mas que nota representa ou significa e que grau de perfeição dá ao ente móvel? O que é que traduz para o movimento real? Que tipo de «esse» é que possui? Que grau de realidade implica na constituição

* Presto o meu reconhecimento ao Professor Doutor Vitorino de Sousa Alves, S.J., da Faculdade de Filosofia de Braga da U.C.P., pela leitura atenta e cuidada deste trabalho. Desejo, ainda, agradecer ao Professor Doutor Ferreira da Silva, do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, nosso professor de Física, pela revisão do texto.

formal do Movimento, que é *acto-potencial*? As respostas serão meta-categoriais, dado que transcendem a Cinemática Teórica, implicando uma dupla fundamentação filosófica: crítica e ontológica.

1 — TEORIAS: — Dois grandes períodos, quanto à tese da velocidade, poderemos distinguir, respectivamente:

1.1. — *Antes da Física*: — Os Filósofos Antigos e Medievais só davam definições descritivas da velocidade concreta dos *n*-movimentos particulares. ARISTÓTELES, assim, definia a velocidade: «*Velox dicitur quod movetur per multum spatium in paucum tempore; tardum autem quod e converso per paucum spatium in multo tempore*»¹. Aristóteles prova assim, «*primo quod velocius in aequali tempore per maius spatium moveatur; secundo quod etiam in minori tempore per maius spatium moveatur (...) Unde sequitur quod velocius in aequali tempore plus de spatio pertransit (...) Sequitur ergo quod velocius in minori tempore pertranseat maius spatium*»².

Definições muito genéricas, descritivas e falhas de fundamento, além de inadequadas segundo a Cinemática, porque na Física, de acordo com a lei geral do movimento, verifica-se uma proporcionalidade entre o espaço e o tempo e não como diziam os filósofos antigos: «*Velocius movetur in minori tempore per aequale spatium*», em virtude de: $d\vec{s} = \vec{v} dt$ ou $\vec{v} = d\vec{s}/dt$.

Mas S. TOMÁS repete as mesmas definições descritivas de Aristóteles e considera o conceito singular de «*velox*» do sujeito «*mobilis velocis*» e não o conceito universal e transcendental da variável abstracta \vec{v} . Assim, nos diz: «*...velox dicitur quod movetur per multum spatium in paucum tempore, tardum autem quod e contrario per paucum spatium in multo tempore*»³. S. Tomás usa também o termo de velocidade (*velocitas*) para o radicar na quantidade e não na qualidade (Liber VIII, lectio

¹ ARISTÓTELES.— *Physics*, translated from greek with commentaries and glossary by H. G. Apostle, London, Indiana University Press, 1969, D 12, 220 b.

² *Ibidem*, D 12, 220 b.

³ S. THOMAE AQUINATIS.— *In Octo Libris de Physico auditu sive Physicorum Aristotelis Expositio Comentaria*, M. D'Auria Pontificius Editor, Neapoli, 1953, liber IV, lectio XVI, n.º 1093.

XXI, n. 2477). Também nos diz que a velocidade não é nenhuma lei do movimento: *Velocitas et tarditas non sunt species motus neque differentiae specierum: qui velocitate et tarditate determinatur regularitas et irregularitas quae sequitur quaelibet species motus ut supra dictum est...*⁴ O Doutor Angélico refere que era algo diferente do movimento, mas não soube definir como número do movimento, nem enunciar a sua relação geral ou enunciado abstracto. S. Tomás trata deste assunto em variadas passagens⁵. A causa da velocidade e retardamento é o modo «*per quod*» algo se realiza. Diz, também, S. Tomás que a velocidade se determina segundo o tempo⁶.

Os Pitagóricos e Aristóteles descobriram a proporção entre dois movimentos (particulares) no espaço e tempo, mas não enunciaram a relação geral e analítica em linguagem universal e abstracta. Assim o refere Aristóteles: «*It is also evident from this that the faster will transverse an equal magnitude in less time than the slower. For since it transverses a greater magnitude in time less than that slower*»⁷;

1.2. — *Depois da Física*: — É uma variável vectorial (abstracta e universal) que representa e significa («*noema*») uma nota ou grandeza física do movimento. Contudo, os Filósofos da Neo-Escolástica, como Selvaggi, continuam a tratar das teses clássicas e descritivas do espaço e tempo⁸ referidas ao *locus*, sem ligação com o movimento, não considerando a velocidade como sua nota.

Bergson, Eddington, Heisenberg e os filósofos relativistas dão uma definição operativa, a da Cinemática (Física Teórica), e realizam uma fundamentação filosófica para o conceito de velocidade.

Com efeito, B. RUSSELL, referindo-se à velocidade, opina: «*The first law, in Newton's form, assert that velocity is unchanged in the absence of causal action from some other piece*

⁴ *Ibidem*, n.º 1383.

⁵ Cf. *Ibidem*, n.º 1484, 1855, 1891, 1893, 1899.

⁶ Cf. *Ibidem*, n.º 1677.

⁷ ARISTÓTELES — *Physics*, Z, 2, 252b⁵.²⁰

⁸ Cf. Ph. SELVAGGI — *Cosmologia*, Romae, Apud Aedes Univ. Gregorianae, 1962, 98-132.

of matter»⁹. Assim, dá a entender que o conceito científico (nota abstracta) é uma coordenada e dimensão do movimento. Contudo volta a falar do conceito de velocidade. Apesar disso, Russell não apresenta uma fundamentação radical do conceito de velocidade, analisa somente a sua natureza e conhece-a como uma nota constitutiva da lei geral do movimento.

R. Carnap refere que a velocidade se chama realidade instantânea porque se trata de um fenómeno particular que implica um ponto temporal, isto é, uma forma de traduzir uma grandeza derivada¹⁰.

2 — ANÁLISE CIENTÍFICA: — Etimologicamente, o adjetivo «velox, -ocis» significa «vivo, ágil...» sentido clássico e usual). O termo implica um derivado em -s-l-o dum grupo de «uegeo» e anda de -ueles-itis¹¹. Deste termo derivam alguns compostos, como: *uelociter; uelocitas, atis*. Poderemos dizer que esta seria a definição etimológica, a qual se funda na Gramática Diacrónica (Histórica). A velocidade como conceito característico que é pode implicar definições de vária ordem, respectivamente:

2.1. — *Definição Descritiva*: — A Velocidade é a dimensão qualitativa do movimento, i.é.: — *a intensidade do fenómeno como variação no espaço-tempo*. O ente móvel diz-se mais ou menos veloz, uniforme, acelerado, etc.;

2.2 — *Definição Geométrica*: — A Velocidade é o conjunto transfinito de (P-I) intensivos, em potência. É uma nota ou conjunto intensivo (variacional) em potência, porque esta só tem realidade no e pelo movimento, segundo a teoria e cálculo de classes e de acordo com a formalização de Cantor;

2.3 — *Definição operativa*: — Trata-se duma grandeza vectorial que representa e simboliza (conceito e termo) uma dimensão do movimento: *intensidade, direcção e sentido*:

$$\vec{v} = ds/dt ;$$

⁹ B. RUSSELL — *The Principles of Mathematics*, London, G. Allen and Unwin Ltd., 1956, 482.

¹⁰ Cf. R. CARNAP — *Philosophical Foundations of Physics*, New York, Basic Books Inc., 1966, 97.

¹¹ Cf. A. ERNOUT — *Philologie Latine*, Paris, Neuchatel, 1967, 146; 155.

2.3.1 — Nas coordenadas E-T: $\vec{v} = \vec{dr}/dt$, sendo o vector $\vec{r} = xi + yj + zk$ (i, j, k = vectores unitários que definem os parâmetros da velocidade)¹²;

2.3.2 — No plano: — A grandeza escalar ou número que mede a velocidade é o valor numérico da velocidade instantânea do móvel, num dado ponto do espaço. É o limite do quociente entre dois infinitésimos (infinitamente pequenos) espaciais e temporais:

$$\vec{v} = \Delta E / \Delta T = dE / dT ; \\ \Delta t \rightarrow 0$$

Se o movimento é uniforme e rectilíneo, como veremos, a velocidade: \vec{v} , diz-se *constante*. Se é acelerado, diz-se que implica um novo grau de intensidade, a aceleração: $\vec{a} = d\vec{v}/dt$ ¹³.

3 — ESPÉCIES DE VELOCIDADE: — Segundo a teoria da velocidade, aspecto fundamental da Cinemática, teremos diferentes graus de velocidade, ora quanto à causalidade e intensidade, ora quanto à sua estrutura geométrica;

3.1 — *Velocidade Média*: — Supondo que num instante qualquer t, a posição do móvel na trajectória AB seja M, arc OM = s. Num instante t + ΔT, o móvel ocupará outra posição M' na trajectória, sendo arc OM' = s + Δs e portanto:

$$\text{arc MM}' = \text{arc OM}' - \text{arc OM} = s + \Delta s - s = \Delta s.$$

A relação $\Delta s / \Delta t = V_m$ é a velocidade média do móvel no intervalo Δt, que representamos por V_m . A velocidade média, num certo tempo, é a relação do espaço percorrido pelo móvel ao tempo que emprega em percorrê-lo;

3.1.2 — *Velocidade Instantânea*: — Se Δt vai diminuindo, quando Δt tende para zero: Δt = 0, Δs/Δt tem um limite, então seguir-se-á:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta s / \Delta t = ds/dt = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} V_m = \vec{V}$$

¹² Cf. J. B. FRALEIGH — *Calculus with Analytic Geometry*, second ed., New York, Addison-Wesley Pub., 1985, 648-651.

¹³ Cf. *Ibidem*, 651-660.

Chama-se velocidade do móvel, no instante Δt ou «*velocidade instantânea*» linear, à velocidade do móvel na posição M, que designaremos simplesmente pela velocidade instantânea:

$$\vec{V} = ds/dt = f'(t).$$

Assim, pelas operações da derivada, fica definida a velocidade instantânea ou velocidade num instante dado, como o diferencial do espaço relativamente ao diferencial do tempo. A velocidade correspondente ao instante inicial: $t=0$, chama-se *velocidade inicial* e representa-se sempre por \vec{V}_0 ¹⁴;

3.2 — Velocidade segundo o «lugar geométrico»: — Se a variável escalar: s (espaço) representa um *cumprimento, um ângulo ou uma área*, a velocidade chama-se *linear, angular e areolar*; e se a trajectória é rectilínea ou circular, a velocidade denomina-se *velocidade de deslizamento ou de circulação*;

3.2.1 — *Velocidade angular*: — Suponhamos que a variável (s) da equação horária $s=f(t)$ se refere à variação dum ângulo fixo pela posição do ponto móvel. Ao fazer variar M, variará a recta PM, acusando as sucessivas posições PM, PM'..., ocasionando, assim, uma variação angular e um movimento angular.

Se M a posição do ente móvel no instante t , e M' no $t'+\Delta t$, no tempo Δt temos o ângulo $\text{MPM}' = \Delta\varphi$ e a velocidade angular média: $\omega_m = \Delta\varphi/\Delta t$, assim como uma instantânea:

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta\varphi/\Delta t = d\varphi/dt = f'(\varphi) = f'(t),$$

sendo a lei do movimento angular: $\varphi = f'(t)$ ¹⁵

Ao ângulo $d\varphi$ dá-se o nome de *desvio elementar* e eixo da velocidade angular à perpendicular por P ao plano do citado ângulo $d\varphi$, sendo a representação vectorial, um vector de di-

¹⁴ Cf. D. SIVOUKHINE — *Cours de Physique Générale*, tome I, traduit du russe, Moscou, Éditions Mir, 1982, 28-30.

¹⁵ Cf. *Ibidem*, 31-32.

recção e sentido do eixo e a sua grandeza o valor obtido para OO'.

Sendo: $\vec{v}_c = K d\varphi/dt$ e $\omega = d\varphi/dt$, resulta: $\vec{v}_c = R \omega$

que traduz a «*velocidade de circulação*», como *produto do raio pela velocidade angular*, relação que podemos estabelecer directamente: $ds = R \cdot d\varphi$; $ds/dt = R \cdot d\varphi/dt$ e $d\varphi/dt = 1/R \cdot ds/dt = \omega$;

3.2.2 — *Velocidade Areolar*: — Considerando o movimento de M, como variação da área descrita por PM, a área será uma função do tempo e a equação do movimento terá, neste caso, a forma: $A=f(t)$. Os conceitos de velocidade média areolar e de velocidade instantânea areolar serão:

$$V_m = \Delta A/\Delta t; V_a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta A/\Delta t = dA/dt = f'(t).$$

Sendo $dA = 1/2 \rho^2 d\varphi$ passando do sistema polar ao cartesiano e atendendo a que segundo a Geometria Analítica $x = \rho \cos \varphi$; $y = \rho \sin \varphi$ elevam-se ao quadrado estas últimas e somando teremos: $x^2 + y^2 = \rho^2$; dividindo, a segunda pela primeira: $y/x = \tan \alpha$. Diferenciemos esta última:

$x dy - y dx/x^2 = 1/\cos^2 \varphi d\varphi = d\varphi/(1 + \tan^2 \varphi) = (1 + \tan^2 \varphi) d\varphi$. Agora, poderemos integrar esta expressão e teremos: $(1 + \tan^2 \varphi) d\varphi = d\varphi/1 + \varphi^2 + C$. Por diferenciação segue-se: $x dy - y dx/x^2 = (1 + y^2/x^2) d\varphi$. Donde se infere: $d\varphi = x dy - y dx/x^2 + y^2$. E, portanto, teremos:

$dA = 1/2 \rho^2 x dy - y dx/x^2 + y^2 = 1/2 (x^2 + y^2) x dy - y dx/x^2 + y^2 = 1/2 (x dy - y dx)$. Obtemos para velocidade areolar a seguinte equação (instantânea):

$$\vec{V}_a = dA/dt = 1/2 (x dy/dt - y dx/dt);$$

$$\vec{V}_a = 1/2 (x dy/dt - y dx/dt)^{16};$$

3.2.3 — Da mesma forma poderíamos proceder para a chamada teoria da Aceleração, considerando uma aceleração média: $\vec{a} = d\vec{V}/dT$ e uma aceleração instantânea:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta \vec{v}/\Delta t = d\vec{v}/dT = d\vec{v}/dt = d^2s/dt^2 = f''(t).$$

¹⁶ Cf. J. ARAÚJO MOREIRA — *Física Básica*, 3.ª edição, Lisboa, F. Calouste Gulbenkian, 1980, 122-123.

Para componentes da aceleração, teremos as acelerações tangencial e normal:

$$\vec{a}_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{(V + \Delta V) \cos \epsilon - V}{\Delta t};$$

$$\vec{a}_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{V \sin \epsilon + \Delta V \sin \epsilon}{\Delta t} = \vec{V} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\epsilon}{\Delta t} =$$

$$= \vec{V} \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \left(\frac{\epsilon}{\Delta s} \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t} \right).$$

A aceleração instantânea total tem como suas componentes, a relação, em grandeza:

$$a^2 = a_t^2 + a_n^2 = (dv/dt)^2 + V^4/\rho^2; \text{ em derivadas:}$$

$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{V} + \Delta \vec{V} - \vec{V}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt};$$

$$\vec{a}_n = V \frac{1}{\rho} \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = V/\rho \cdot ds/dt = V/\rho \cdot V = V^2/\rho.$$

4 — TEOREMA DA COMPOSIÇÃO DE VELOCIDADES: — Consideramos dois sistemas de referência, um fixo (sistema absoluto) e outro móvel (sistema relativo). Assim, poderemos afirmar que o movimento de um ponto qualquer, em relação ao sistema fixo, MOVIMENTO ABSOLUTO resulta sempre da composição de dois movimentos: um, o movimento do ponto em relação ao sistema móvel, MOVIMENTO RELATIVO; e o outro, o movimento do próprio sistema móvel em relação ao sistema fixo, ou MOVIMENTO DE ARRASTAMENTO.

Os movimentos sendo caracterizados pelas suas velocidades, e estas são vectores, terão para equação aditiva da composição de velocidades a seguinte expressão:

$$\vec{v}_A = \vec{v}_r + \vec{v}_a,$$

onde \vec{v}_A , \vec{v}_r e \vec{v}_a designam as velocidades absoluta, relativa e de arrastamento. Supondo que a velocidade relativa \vec{v}_r varia em direcção (com módulo constante). O ponto D extremidade do vector \vec{v}_A deslocar-se-á sobre uma circunferência de raio \vec{v}_r

e centro em B. Se for $v_a > v_r$ o avião ou o barco apenas poderá navegar dentro dum ângulo α^{17} .

A lei de composição de velocidades pode fazer-se sobre a lei do paralelogramo: figura n.º 1.

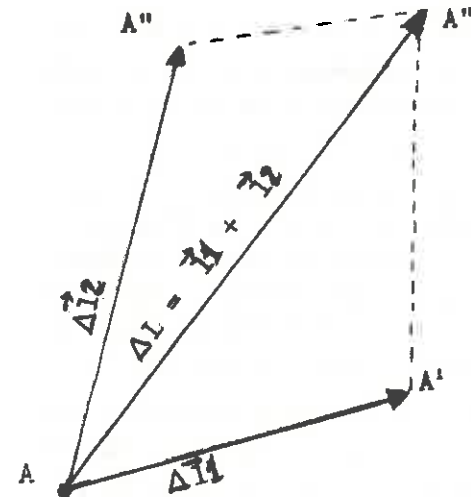


Figura n.1

$$dl_1/dt + dl_2/dt = dL/dt;$$

$$\mu_1 + \mu_2 = \mu.$$

A — movimento componente sobre o mesmo eixo:

$$\mu = \mu_1 + \mu_2;$$

b — movimento componente sobre os eixos ortogonais:

$$dl_1/dt = dx/dt; dl_2/dt = dy/dt;$$

$$\mu_x = dx/dt; \mu_y = \frac{dy}{dt};$$

$$(\mu) \equiv \sqrt{x^2y + \mu^2y} \equiv$$

$$\equiv \sqrt{(dx/dt)^2 + (dy/dt)^2}.$$

¹⁷ Cf. R. K. PATHRIA — *The Theory of Relativity*, 2 ed., Oxford, Pergamon Press, 1974, 36, 44-48.

5 — *PROPRIEDADES DA VELOCIDADE*: A velocidade tem como propriedades fundamentais a *irreversibilidade*, definida pelo tempo, *continuidade e relatividade*. É de grande interesse considerar a métrica clássica e relativística da coordenada intensiva do movimento:

5.1 — *Mecânica clássica*: — A lei ou teorema de composição de velocidades é só *aditiva*: $\vec{v}_r = \vec{u} \pm c$ ou $v = c + v$. Esta propriedade de afinidade da lei de composição prova-se pelo grupo de transformações lineares de Galileu. Com efeito, a velocidade do observador — v — e a velocidade da luz — c — são «relativas», porque estão condicionadas ou dependentes do movimento da fonte ou do observador: $O(x, y, z, t)$. Na Cinemática Clássica, a velocidade da luz (c) não é isotrópica para qualquer observador S ou S' . Assim, verificamos que, segundo a Mecânica Clássica, a velocidade da luz é uma variável cinemática e coordenada *relativa*. Assim, diz Max Born: «Supposons un système S' animé d'une vitesse \vec{v} par rapport à un autre système S . Un corps K se déplace par rapport à A' avec une vitesse \vec{u}' . D'après la cinématique ordinaire, la vitesse relative du corps K par rapport à S est: $\vec{u} = \vec{v} + \vec{u}'$. Si \vec{v} et \vec{u}' étaient chacun plus grand que la moitié de la vitesse de la lumifre, $u = v + u'$ serait plus grand que c , ce qui, d'après la théorie de la relativité, doit être impossible. Naturellement, cette contradiction provient de ce que dans la cinématique relativiste, où chaque système de référence a unités propres de temps et le longueur, on ne doit plus additionner simplement les vitesses»¹⁸;

5.2 — *Exemplos Físicos*: 1.º *Caso*: — Um físico está fora e vê vir ou afastar-se um foguete com velocidade (v) e quer medir a velocidade V_r com que vê vir o som ($u=340$ m/s) de dois sentidos contrários possíveis, então segue-se: $\vec{V}_r = \vec{u} + \vec{v}$;

2.º *Caso*: — O observador que viaja no foguete ouve sempre: $\vec{V} = \vec{u}$;

¹⁸ M. BORN — *La Théorie de la Relativité d'Einstein et ses bases physiques*, traduit de l'allemand par F. A. Finkelstein et J. G. Verdier, Paris, Gauthier-Villars, 1923, 255.

5.2 — *Mecânica Relativista*: — Segundo a Cinemática Relativista, pelo segundo axioma da luz, (c) é «*absoluta*». A Óptica e Electrodinâmica de Maxwell implicam a invariabilidade da luz (c =constante óptica.) E para explicar o resultado negativo da experiência de Michelson-Morley, Einstein postula que a velocidade da luz (c) é *isotrópica* e limite máximo de todas as velocidades: $V=c+v=c=3 \cdot 10^8$ Km/s;

5.2.1 — *Limite constante*: — É independente das velocidades do observador e da fonte luminosa, porque a experiência de Michelson-Morley não mostrou deslocamentos interferenciais de riscas, as velocidades nos dois sentidos eram iguais¹⁹;

5.2.2 — *Isotrópica*: — Propaga-se do mesmo modo em todas as direcções: $c'=c$. Mas, varia a métrica do espaço-tempo por causa do movimento dos observadores, relativamente ao sistema de luz propagada, quer para S quer para S' .

Assim, a velocidade da luz aparece na Teoria da Relatividade Restrita como forma «*absoluta*» (a mesma para qualquer sistema inercial: *em repouso ou movimento*) e assim é dada como um dos axiomas da Cinemática Relativista. Desta sorte, a velocidade da luz é uma *constante óptica* e não uma variável... O princípio da invariância da luz confirmou-se pela observação das chamadas estrelas duplas (esta concepção não é válida na Teoria da Relatividade Generalizada, para campos gravíticos fortes)²⁰.

Teoricamente, pelo grupo linear de transformações de Lorentz, verifica-se que o teorema da composição de velocidades não é *lei aditiva* como na mecânica clássica. Segundo a Teoria da Relatividade, para dois observadores quaisquer O e O' , os vectores existem em domínios de métrica diferentes e, por isso, são necessárias as fórmulas do grupo de transformação de Lorentz:

$$x = x' + vt' / \sqrt{1 - \beta^2}; \quad t = t' + v \cdot x / c^2 (1 - \beta^2) - 1/2$$

¹⁹ Cf. A. A. MICHELSON, E. W. MORLEY — *On the relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether*, in *The American Journal of Science* 34 (New York 1887) 340-341.

²⁰ Cf. B. S. DeWITT — *Quantum Gravity*, in *Scientific American*, 249 (New York 1983) 112-129.

Cf. T. GOLDEMAN, R. J. HUGHES, M. M. NIETO — *Gravity and Antimatter*, in *Scientific American*, 258 (New York 1988) 48-56.

Diferenciando em ordem às variáveis de espaço e tempo, segue-se que:

$$dx = dx' + \vec{v} dt' / \sqrt{1 - \beta^2} \quad \text{e} \quad dt = dt' + \vec{v} dx / c^2 / \sqrt{1 - \beta^2}.$$

Mas, como a velocidade média é: $\vec{v} = dx/dt$, acha-se o quociente das duas equações de Lorentz diferenciadas e será:

$dx/dt = dx' + \vec{v} dt'/dt' + \vec{v} dx/c^2 = dx/dt' + \vec{v}/1 + 1 + v/c^2 dx'/dt'$. Como: $dx/dt = \vec{v}$ e $dx'/dt' = \vec{v}'$, poderemos substituir e teremos:

$$\vec{V} = \vec{v} + \vec{v}'/1 + \vec{v} \vec{v}'/c^2.$$

Também poderíamos considerar em sentido inverso ou negativo (devido ao grupo de transformação de Lorentz). Assim, o factor da correcção einsteiniano será:

$$1/1 + \vec{v} \cdot \vec{v}'/c^2$$

Daqui se auctere o seguinte corolário: — A velocidade c da luz é o limite máximo das velocidades, porque: $A = 1/\sqrt{1 - \beta^2}$ e deve ser real; a condição é que: $1 - v/c^2 \geq 0$ ou $v^2 \leq c^2$ é $v < c$ ²¹.

Assim, não se justifica a actividade do teorema de composição de velocidades. Se \vec{v} é pequena, então:

$$u \cdot v/c^2 \rightarrow 0. \text{ Se } u=c \text{ pelo cálculo, será } \vec{V} = c + \vec{v} \neq c.$$

Pela observação física (experiências ópticas) é possível $\vec{V} = c \pm \vec{v} = c$, porque a relatividade é só métrica (quoad nos). Além do mais, a intensidade de c deve ser finita. Logo implicará um limite máximo. Mas como no postulado da isotropia da luz surge algo de enigmático, os padres Abelé e Malvaux propõem outro postulado mais geral (prescindem do fenómeno da luz) e para todos os casos físicos:

Postulado I — «Dá-se um limite máximo de velocidades, que não pode ser ultrapassado nem alcançado». Devido à natureza qualitativa e finita da velocidade, sendo uma qualidade

²¹ Cf. A. EINSTEIN — *The Meaning of Relativity*, 2 ed., New York, Princeton Univ. Press, 1945, 24-25.

ou fenómeno do ente finito (onda electromagnética ou luminosa) tem de ser necessariamente finita e limitada;

Postulado II — A lei da composição de velocidades é um axioma e não um teorema. Possuímos a percepção intuitiva e imediata da velocidade só pela relação de ultrapassagem entre dois fenómenos²².

Abelé e Malvaux dizem-nos que o aspecto qualitativo da velocidade define a existência duma velocidade-limite: «le nom de vitesse de groupe est justifié par l'équivalence qui existe entre un train d'ondes limité et un groupe d'ondes monochromatiques de longueur infinie et de fréquence ces très légèrement différentes les unes des autres (...) Or, par suite de la diversité des vitesses de propagation des ondes composantes et de leur loi de dépendance de la fréquence, la vitesse de groupe, c'est-à-dire, la vitesse de propagation des battements, est toujours inférieure a la vitesse de phase qui joue vis-à-vis d'elle le rôle de vitesse-limite»²³.

Referindo-se à regra de composição de velocidades, diziam-nos Abelé e Malvaux: «La règle à composer les vitesses est comme la règle à calcul ordinaire, une application concrete de l'isomorphisme entre certains lois d'operation sur deux nombres et l'addition des nombres réels (...) L'intuition du déplacement nous a mis en face de la notion de vitesse, donnée dans une relation d'inégalité dont la répétition permet une ordination des vitesses»²⁴.

Por consequência, teria de existir um limite máximo de velocidades dado pela velocidade c da luz, porque: $E_{cin} = m c^2$. Sendo $m_{cin} = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$, em que m_0 = massa em repouso, applica-se a operação de passagem ao limite, quando $v=c$, virá:

$$\lim_{v \rightarrow c} m_{cin} = \lim_{v \rightarrow c} m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2} = m_0 / \sqrt{1 - c^2/c^2} = m_0 / \sqrt{1 - 1} = m_0 / 0 = \infty \quad \boxed{m_{cin} = \infty}$$

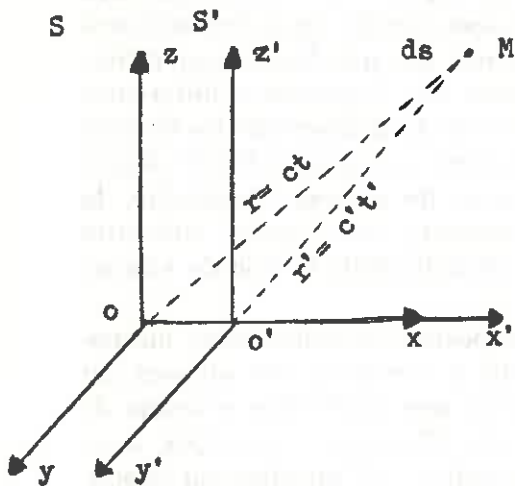
²² Cf. H. H. KENDLER — *Introdução à Psicologia*, tradução de A. Simões, Lisboa, F. Calouste Gulbenkian, 1978, 302-316.

²³ J. ABELÉ — P. MALVAUX — *Vitesse et Univers Relativiste*, Paris, S. d'Édition d'Enseignement Supérieur, 1954, 67-68.

²⁴ *Ibidem*, 95.

Mas, é impossível que seja: $m=c$ na experiência, dado que nunca a velocidade atinge a da luz e terá de existir um limite da velocidade da luz, senão esta seria ilimitada e infinita. Segundo a *Mecânica Clássica*, a velocidade da luz é variável (relativa) e em *Mecânica Relativista* é uma constante óptica e

cósmica fundamental. Seja $OO' = \vec{vt}$, no instante $t=0$, em que os pontos O e O' coincidem a partir dum sinal luminoso de O : figura n.º 2.



Depois de $t=MO$, o ponto luminoso descreve (r) raio esférico: $OM = ct = 300.000$ Km/s. Para dois sistemas galilaicos O e O' , os tempos marcados pelos cronómetros são *invariáveis e iguais*: $t=t'$, quer algum deles se mova quer não. Mas, as velocidades c e c' são desiguais e relativas, $c' \neq c$, como se demonstra:

$$OM = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2};$$

$$OM^2 = x^2 + y^2 + z^2;$$

Figura n. 2

$$c^2 t^2 = x^2 + y^2 + z^2 \text{ (1.º sistema)} = O(x, y, z) = [S]$$

$$c'^2 t'^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2 \text{ (2.º sistema)} = O'(x', y', z') = [S']$$

Substituindo, na segunda equação, as variáveis pelos valores de transformação do grupo de Galileu:

$$x' = x - vt; \quad y' = y; \quad z' = z; \quad t' = t, \text{ obtem-se: } c'^2 t'^2 = (x - vt)^2 + y^2 + z^2 = x^2 + y^2 + z^2 - 2 \times v t + v^2 t^2 = c^2 t^2 - 2 \times v t + v^2 t^2 = c^2 t^2 (1 - 2 \times v/c^2 t + v^2/c^2 t^2).$$

E dividindo os dois membros por $c^2 t^2$, virá:

$$c'^2/c^2 = 1 - 2 \times v/c^2 t + v^2/c^2 \text{ ou } c'/c = \pm \sqrt{1 - 2 \times v/c^2 t + v^2/c^2}.$$

Ora, para $x/t = -c$, resulta respectivamente:

$$c'/c = 1 - v/c, \text{ donde } c' \neq c;$$

$$c'/c = \pm \sqrt{1 - v^2/c^2}, \text{ donde } c' \neq c;$$

$$c'/c = 1 + v^2/c, \text{ donde } c' \neq c.$$

Logo, na *Mecânica Clássica* (cinemática), a velocidade da luz (c) não é «isotrópica» para qualquer observador: $O'(x'y'z')$. Mas, $c' = c \pm v^{52}$.

6 — FUNDAMENTAÇÃO FILOSÓFICA:

6.1 — *Sentido gnoseológico*: A natureza, valor e limites da velocidade infere-se da lei geral do movimento: $\vec{v} = de/dt$. Com efeito, \vec{v} difere formalmente de e e t , tratando-se duma grandeza de outra ordem, uma *grandeza vectorial* (dimensão qualitativa do movimento que lhe dá *intensidade, direcção e sentido*). É a intensidade do «fieri» espacio-temporal da linha cinemática gerada pelo móvel, como móvel.

Partindo das definições científicas (operativas de velocidade) e dos axiomas seguintes, poderemos constituir um sistema axiomático de fundamentação da velocidade:

Ax.1 — Ser de razão é uma forma de perfeição accidental, finita: [perfeição + limite] \rightarrow *Forma finita*, mas fundamentada na «*ordem real*»;

Ax.2 — A forma de velocidade é a dimensão qualitativa complexa, porque propriedade do sujeito móvel e termo da relação E/T;

Ax.3 — O limite é a potência ou operação do intelecto, onde radica e finitiza a forma accidental. No campo formal, implica a construção pelo processo abstractivo;

Ax.4 — Todo o ente finito é «*qualitativo*». — Os teoremas de fundamentação filosófica são os seguintes:

6.1.1 — Teor.1: «A velocidade, como grandeza e variável abstracta e nota intensiva geral da equação do movimento, (dimensão complexa), é um ente de razão da Geometria Vectorial (entidade vectorial físico-matemática), mas fundado (com fundamento real)». Implica a união de dois co-princípios: $\vec{v} = [$ *Qualidade intensiva — Existir formal*];

Prova: — Segundo o Ax.1, o conceito físico de velocidade: \vec{v} , é um «*ser de razão fundamentado*»:

⁵² Cf. P. A. TIPLER — *Física Moderna*, traduzido do inglês, Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1981, 3-6.

[quididade+existência lógica] → «ente de razão»;

[\vec{v}]. $\left\{ \begin{array}{l} \text{Quididade} \rightarrow \text{é a dimensão qualitativa ou propriedade} \\ \text{complexa da relação E/T;} \\ \text{Existir} \rightarrow \text{Só tem realidade e é actualizada pela sín-} \\ \text{tese abstractiva do intelecto.} \end{array} \right.$

Como ente de razão, é uma *entidade vectorial, universal e transcendental*. Universal, porque diz uma relação geral e formal do intelecto (pelo processo abstractivo) e fundamental ou causal na ordem real (fundamento ontológico.) Diz-se transcendental, porque nota constitutiva da lei geral do movimento:

$\rightarrow v = de/dt$. Como nota constitutiva e conceito primitivo é o elemento intensivo e variacional do espaço-tempo, necessário para explicar a realidade do movimento. Sem esta coordenada ou «*número intensivo*» (variacional), não temos formal e realmente o movimento, poderíamos ter, antes: *momentos cinéticos* (Dinâmica Clássica). Como conceito transcendental, indica também que se trata dum «noema» que está para além da experiência sensível. Como variável vectorial (abstracta) é uma forma universal que o intelecto constroi pelo processo psicológico da abstracção, dos movimentos particulares.

Dado que é uma variável físico-matemática, simboliza e significa intencionalmente valores métricos das *n-intensidades particulares dos móveis*.

Por conseguinte, a variável (\vec{v}) é entidade físico-matemática (conteúdo de relações simbólicas vectoriais pela Álgebra Multilinear e Geometria Vectorial) e implica um conteúdo simbólico referido pelas relações matemáticas vectoriais. Mas, é simultaneamente *conceito* (representação intencional) das *n-variações* ou (P-I) intensivos particulares de cada ente móvel singular (concreto). Surge como conceito comum, pois é unívoco ou universal directo;

6.2 — *Sentido ontológico*: É o movimento concreto (particular), *enquanto dimensivo* pela grandeza intensiva, ou seja: a intensidade, direcção e sentido de cada ente móvel enquanto móvel. Como já é do nosso conhecimento, o movimento cinemático é, na ordem real, uma sucessão contínua de *pontos — instantes reais «intensivos»*, que o ente móvel gera. Porém, esta série de pontos reais pode variar de intensidade (maior do que

e menor do que), de direcção e de sentido (como grandeza vectorial expressa na lei geral do movimento). Isto caracteriza o chamado *fundamento imediato* (radica no movimento concreto). O fundamento real (ontológico) da *velocidade* é, portanto, o movimento particular *enquanto dimensivo pela qualidade*: intensidade, direcção e sentido.

O *fundamento mediato* da velocidade é a *dimensão qualitativa* (intensiva) da variação física do móvel singular (concreto). Todo o móvel concretamente é *veloz, espacial e temporal*. Segundo a ordem real, a «velocidade é a grandeza concreta de variação» sendo as outras grandezas quantitativas: *e, t*.

Este fundamento para ser, implica uma mediação do movimento real, concreto, uma vez que a velocidade é elemento constitutivo e intensivo (variação intensiva, direcção e sentido puro do movimento)²⁶. A velocidade é *numerus intensivus motus*, como sua dimensão vectorial;

6.2.1 — Teor.₂: «Predicamentalmente, a velocidade (\vec{v}) pertence às categorias da *Relação* e da *Qualidade*»;

Prova: — Fundamenta-se a velocidade em categorias secundárias, porque é algo do movimento e nota constitutiva do mesmo (termo da lei geral do movimento). O Ax.₄ ao referir que todo o ente finito é *qualitativo*, aplicado aqui, quer dizer

que a nota accidental gerada pelo movimento: *velocidade* (\vec{v}) determina a «qualitas» do movimento. Esta é definida e determinada pela natureza desta coordenada do movimento, grandeza vectorial: \vec{v} . Entende-se por natureza cinemática a intensidade (graus qualitativos no móvel: acelerado, uniforme e retardado).

Formalmente, também radica na categoria da «relação». Trata-se duma *relação dimensiva*, isomórfica da relação mecânica mais geral, a saber a relação geral do movimento: $M=R$

(e, t, v). Define-se na *relação* (categoria) porque a velocidade já define uma relação entre o E/T. (relação functor indirecto).

Assim $\vec{V}=R$ (E/T), como relação complexa dual, estabelece-se como elemento de relação triádica: $[\vec{V}] R [E/]$ ou $M=R$ (e, t, v).

²⁶ Cf. R. DELIO BORGES DE MENESES — *Leis da Física: ciência, filosofia e teologia*, in *Humanística e Teologia* 7 (Porto 1986) 347.

Esta relação enquadra-se na relação primária e mais geral do movimento da Mecânica Racional (Teórica).

CONCLUSÃO

«Per multum spatium in pauco tempore», que escolhemos para título deste nosso estudo científico e crítico, é o eco da especulação sensorial de muitos séculos de pensamento, desde Aristóteles até Galileu e Newton, os criadores da nova Física, para já não referenciar o impulso dado pela contemporânea Cinemática Relativista de A. Einstein, tão relevante para interpretar os fenómenos velozes de forma métrica e axiomatizada, o que faltou à física aristotélica e ainda determina uma incapacidade crítica por parte da neo-escolástica na análise e fundamentação do conceito de «velocidade», como número do movimento, ficando esta dependente do aristotelismo, não atendendo aos progressos das novas mecânicas e suas adequadas críticas filosóficas.

Com efeito, era natural que esta tese do «per multum spatium in pauco tempore...» fosse repetida durante séculos e ainda hodiernamente em múltiplos tratados de Cosmologia, como se diz segundo a neo-escolástica, devendo-se tal repetição ao facto de se pensar no espaço e no movimento em termos de «lugar» (locus), dando primado ao sentido e não permitindo a universalidade e necessidade da métrica dada pela lei geral e

função do movimento da Mecânica Clássica: $ds = v \cdot dt$. Segundo a referida equação diferencial de 1.º ordem, regista-se para a razão, contra os sentidos, uma proporcionalidade entre *espaço cinemático* (conjunto transfinito de pontos em potência) e o *tempo imaginário* (ict) que é, tal como o espaço, «*numerus motus*». Porém, se a razão irá dizer que «per multum spatium in multo tempore», deve-se naturalmente a um outro *número do movimento*, sua dimensão qualitativa e coordenada intensiva, que a par do «*numerus fluens*» (tempo) e do espaço cinemático «*numerus motus permanens*», se constitui, como o parâmetro mais importante do movimento «*numerus motus intensivus*»,

visto se auferir da seguinte função: $M_c = f(e, t, v)$ ou lei geral:

$$s = v \cdot t.$$

Daqui para a frente nenhum tratado de Cosmologia Filosófica da Neo-escolástica se deverá esquecer que, além do movimento, espaço e tempo, existe um novo conceito e nova tese sobre a «velocidade». Nenhum compêndio ou tratado de Filosofia inspirado em Aristóteles ou S. Tomás de Aquino, refletindo sobre a Mecânica Clássica inclui tal tese, visto que ficou ao sabor do seu empirismo, ausente de verdadeira ciência e sua fundamentação.

A Neo-escolástica nunca analisou nem fundamentou o conceito de «velocidade», porque não soube descobrir quais as notas constitutivas do movimento: espaço, tempo e velocidade, pensando o movimento como um *trânsito sucessivo de um lugar para outro* e identificavam velocidade com movimento. Somente a análise operativa à lei geral do movimento nos poderá indicar qual a natureza e grau de ser da velocidade, como predicado fundamental do ente móvel, como móvel, e sua «nota primeira». Assim, os Escolásticos definiam quer o movimento, quer o espaço e o tempo em função da *ubicação*. Tal situação levaria a não considerar como predicado essencial do movimento a «velocidade», bem como permitiria referir os «velozes», como entidades que traduzem o «per multum spatium in pauco tempore...».

Tais teses poderão ser a floradas e sintetizadas no pensamento do seguinte neo-escolástico: «*Motus igitur definiri potest transitus sucessivus ab uno loco in alium (...) Motus igitur in hoc consistit, quod res transit ab esse hic ad esse ibi, ab una ubicatione ad aliam. Et quidem hic transitus sucessivus est. Res enim mota ita ab uno loco ad alium pergit,...*»²⁷.

Tal tese sob o movimento revela o empirismo e a vulgaridade do pensamento neo-escolástico sobre a Cinemática Teórica, bem como a ausência na determinação da natureza e funda-

mentos das coordenadas do movimento cinemático: $M = f(e, t, v)$

pela sua lei geral: $v = ds/dt$. Espaço, tempo e movimento seriam *sucessões ubicativas* e estavam em função do «locus» que definia e caracterizava o espaço, tempo e movimento. Mas, qual o papel e sentido da velocidade? Era evidente a incapacidade de resposta por parte da Escolástica.

²⁷ J. DONAT — *Cosmologia*, Barcelona, Editorial Herder, 1944, 81.

Com efeito, a mecânica moderna, através da cinemática, não considera como coordenada do movimento o «locus» e seu trânsito sucessivo, porque tal revela a falacidade dos sentidos e não a universalidade racional das equações do movimento

cinemático: $ds = v \cdot dt$.

Assim, segundo a física moderna, o tempo é a coordenada imaginária do movimento (conjunto transfinito de «nuncs» In, em potência), o espaço é o número ou coordenada real (permanens) do ente móvel e escalar como o tempo. Todavia, a velocidade é a coordenada vectorial do movimento e seu *número complexo* e por ser um conjunto transfinito de «pontos-instantes intensivos em potência», então o espaço será um conjunto transfinito de pontos em potência. Restará dizer que o movimento é um conjunto transfinito de (P-I) intensivos, acto-potenciais. Se o tempo é «*numerus fluens*», então a *velocidade* será — *numerus intensivus* —.

RAMIRO DÉLIO BORGES DE MENESES

Notas e Comentários

A propósito de uma obra sobre as Conferências Episcopais

Angel Anton publicou um texto importante sobre as conferências episcopais, a que gostaríamos de dar o merecido relevo, enquadrando-o no pedido expresso do Sínodo extraordinário dos Bispos de 1985 sobre as Conferências Episcopais¹.

Já não é a primeira obra do autor sobre esta importante temática, conquanto a mais importante, especificamente sobre este assunto².

Segundo o que escreve no Prefácio, este estudo situa-se claramente no campo teológico-eclesiológico, deixando para outros especialistas as questões históricas e jurídicas. Dentro do plano teológico e eclesiológico, pretende o autor responder fundamentalmente a três questões:

1. A fundamentação teológica das conferências episcopais;
2. A questão de saber se exercem um múnus de magistério;
3. A questão da aplicação do princípio de subsidiariedade às conferências episcopais.

Por estas questões, pretende o autor dar resposta aos problemas levantados pelo Sínodo dos Bispos de 1985.

¹ Angel Anton, *Conferencias episcopales, instancias intermedias?* (Salamanca 1989).

O Sínodo extraordinário dos Bispos tinha pedido expressamente um estudo do Estatuto teológico das Conferências episcopais e nomeadamente da sua autoridade doutrinal. Cf. «Relação final do Sínodo», *Ecclesia* 2249 (1985) 20. No sentido dum aprofundamento desta doutrina, apareceram entretanto alguns trabalhos, de que o mais importante é certamente o de H. Legrand, J. Manzanares e A. Garcia, *Naturaleza y futuro de las Conferencias Episcopales* (Actas del Coloquio Internacional de Salamanca, 3-8 de Janeiro de 1988), editado pelo departamento de publicações da Universidade de Salamanca em 1988. Para além deste colóquio merece especial relevo, na bibliografia pós-sinodal 1985, J. M. Tillard, *Eglise d'Eglises: L'Ecclesiologie de communion* (Paris 1987); O. Nell-Breuning, «von Subdiaritaet der Kirche», *Stimmen der Zeit* 111 (1986) 147-157; W. Kasper, «Nochmals: der theologische Status der Bisschofskonferenzen», *Theologische Quartalschrift-Tuebingen* 168 (1988) 237-240. A. Dulles, «What is the role of o bishopsconference», em *Origins* 17 (1988) 789-796.

² Angel Anton, *Primado y Colegialidad, Sus relaciones a la luz del primero sinodo extraordinario* (Madrid) 1970.